



2023

Modelagem e compatibilização de projetos em BIM: Estudo de Caso

Anny Caroline Oliveira da Conceição ^a; Valéria Ramos Baltazar Quevedo ^b

^a Aluno de Graduação em Engenharia Civil, anny.caroline@ufms.br

^b Professor Orientador, Mestre, valeria.baltazar@ufms.br

Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Av. Costa e Silva, s/nº | Bairro Universitário | 79070-900 | Campo Grande, MS, Brasil.

RESUMO

A tecnologia BIM inovou a indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção Civil (AEC), ao se apresentar como uma ferramenta que proporciona maior agilidade, praticidade e coordenação simplificada de projetos, incorporando a detecção automática de interferências. Nesse sentido, este estudo tem como objetivo investigar a eficiência da aplicação do BIM na coordenação de projetos. Para isso, foi realizada a modelagem e compatibilização dos projetos arquitetônico, estrutural, hidrossanitário e elétrico, pré-existent em 2D, de uma lanchonete de 353 m² pertencente a uma rede de *fast-food*. Os modelos resultantes evidenciaram diversas incoerências presentes nos projetos, as quais não foram previamente identificadas pelos seus autores. A análise de interferências revelou a existência de 127 colisões entre as disciplinas, sendo a área estrutural responsável por 78% desses conflitos. Destacaram-se, ainda, algumas incidências graves nas escadas do projeto estrutural, salientando a importância de uma coordenação minuciosa desde as fases iniciais do projeto, especialmente quando se trata de elementos estruturais. Em conclusão, o estudo demonstra que a implementação do BIM na coordenação de projetos, com ênfase na modelagem e compatibilização, é eficaz para identificar interferências e incompatibilidades. No entanto, o sucesso dessa abordagem depende da qualidade da modelagem, da colaboração entre disciplinas e do uso adequado das ferramentas BIM. No contexto brasileiro, onde a adoção do BIM ainda enfrenta desafios, especialmente devido à falta de informação e treinamento adequado, este estudo destaca a importância de superar esses obstáculos para aproveitar plenamente os benefícios dessa tecnologia.

Palavras-chave: BIM. Modelagem. Compatibilização de projetos. Detecção de Interferências.

ABSTRACT

The BIM technology has innovated the Architecture, Engineering, and Construction (AEC) industry by presenting itself as a tool that provides greater agility, practicality, and simplified project coordination, incorporating automatic interference detection. In this regard, this study aims to investigate the efficiency of BIM application in project coordination. To achieve this, the modeling and coordination of architectural, structural, plumbing and electrical projects were carried out, all pre-existing in 2D, for a 353 m² fast-food chain restaurant. The resulting models revealed various inconsistencies in the projects that were not previously identified by their authors. The interference analysis revealed the existence of 127 Clashes between disciplines, with the structural area responsible for 78% of these conflicts. Some serious incidents were also highlighted in the structural project's stairs, emphasizing the importance of meticulous coordination from the initial phases of the project, especially when dealing with structural elements. In conclusion, the study demonstrates that the implementation of BIM in project coordination, with an emphasis on modeling and coordination, is effective in identifying interferences and incompatibilities. However, the success of this approach depends on the quality of the modeling, collaboration between disciplines, and the proper use of BIM tools. In the Brazilian context, where BIM usage still faces challenges, especially due to a lack of information and adequate training, this study emphasizes the importance of overcoming these obstacles to fully enjoy the benefits of this technology.

Keywords: BIM. Modeling. Project coordination. Clash detection.

1. INTRODUÇÃO

O *Building Information Modelling* (BIM) ou, em português, Modelagem da Informação da Construção, emergiu como uma revolução na indústria da construção, proporcionando uma representação digital precisa e abrangente de empreendimentos. Ele pode ser considerado como uma evolução do Desenho Auxiliado por Computador (CAD), demonstrando eficácia superior nas diferentes fases do projeto (MIETTINEN, PAAVOLA, 2014; S. SANTOS *et al.* 2015).

Diferenciando-se de outras ferramentas, o BIM destaca-se pela presença de objetos parametrizados, portadores de informações relativas ao seu modelo real. Além disso, ele viabiliza a interoperabilidade entre diferentes *softwares*, transformando as relações entre os diversos agentes de um empreendimento por meio da integração (MIETTINEN, PAAVOLA, 2014; S. SANTOS *et al.* 2015).

A implementação do BIM oferece uma série de benefícios, como redução de custos, tempo e erros. Sua aplicabilidade abrange todos os estágios do ciclo da vida de um empreendimento, sendo mais eficaz caso seja utilizado desde o início. Com o BIM a coordenação de projetos torna-se mais eficiente e facilitada, permitindo uma detecção de conflitos precisa e automática (DOUMBOUYA, GAO, GUAN, 2016; MEHRBOD *et al.*, 2019).

Apesar das qualidades e melhorias proporcionadas na área de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), a consolidação do uso do BIM enfrenta desafios no Brasil. A desinformação surge como principal obstáculo, pois o ensino dessa tecnologia é negligenciado nas universidades, resultando na formação de profissionais desatualizados e na continuidade do uso de ferramentas CAD na indústria da construção civil brasileira (VIEIRA; CALMON; FARONI, 2017).

Este estudo tem como objetivo principal investigar a eficiência da Modelagem da Informação da Construção na coordenação de projetos, com ênfase na modelagem e compatibilização. Utilizando um estudo de caso de uma lanchonete, foi analisada a detecção de interferências e incompatibilidades entre disciplinas, destacando os benefícios e desafios da implementação do BIM no contexto brasileiro.

A edificação escolhida para análise é uma estrutura padrão de uma rede multinacional de *fast-food*. Assim, esses projetos tendem a ser replicados nas diversas filiais do país, fazendo com que as possíveis

incompatibilidades sejam reproduzidas, amplificando o impacto desses erros. Importante mencionar que, para preservar a confiabilidade, todos os elementos estéticos que caracterizam a empresa foram alterados.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O BIM refere-se à tecnologia que possibilita a representação fidedigna de um empreendimento de forma digital (MIETTINEN; PAAVOLA, 2014). Seus componentes são regidos por diretrizes paramétricas, as quais facilitam o seu uso. Essa diferenciação crucial em relação às ferramentas CAD reside no fato de que estas são compostas apenas por vetores, enquanto os objetos BIM podem conter informações diversas, como tipo de material e custo (S. SANTOS *et al.* 2015)

No entanto, o grau de pormenorização dos detalhes em um projeto pode variar significativamente. A fim de padronizar o Nível de Desenvolvimento (LOD), o *American Institute of Architects* (2008) classificou-o nas seguintes categorias: 100 (massa indicativa de geometria), 200 (geometria aproximada), 300 (geometria precisa), 400 (geometria acurada e informação detalhada dos objetos) e 500 (geometria igual a construída).

A implementação da tecnologia BIM resulta na redução do tempo de projeto e dos custos (DOUMBOUYA; GAO; GUAN, 2016). Santos *et al.* (2015) revelaram que, em comparação com as ferramentas CAD, os aplicativos BIM viabilizam uma produção de projetos muito mais rápida, resultando em uma economia de aproximadamente 30% do tempo em anteprojetos e 68% em projetos executivos. Além disso, a redução do custo é um dos efeitos positivos mais proeminentes da implementação do BIM. Apesar de alguns estudos apontarem problemas no controle orçamentário decorrentes do seu uso, esses se revelam insignificantes frente às vantagens que ele oferece (BRYDE; BROQUETAS; VOLM, 2013).

Ademais, a adoção do BIM na fase de projeto proporciona a redução de erros e omissões, minimizando a necessidade de retrabalhos e, conseqüentemente, o tempo empregado (DOUMBOUYA; GAO; GUAN, 2016). O estudo conduzido por Ahmad, Thaheem e Maqsoom (2018) demonstrou que com o seu uso, os riscos de classificação mais elevada foram totalmente eliminados ou significativamente solucionados, reduzindo de forma considerável os seus impactos. Além disso, o risco de erros de projeto é ainda mais

enxugado caso a tecnologia seja empregada desde o início do empreendimento. Quanto a integração entre as diversas disciplinas, além de facilitar o processo, diminui também as falhas de ambiguidade. (DOUMBOUYA; GAO; GUAN, 2016).

Os aplicativos BIM mais empregados no mercado atualmente apresentam valores muito semelhantes aos dos *softwares* CAD, fator que contribui para sua implementação. Ainda assim, a redução de tempo, custos e erros de projeto garantem as empresas um retorno desse investimento (BRYDE; BROQUETAS; VOLM, 2013).

A interoperabilidade consiste na transferência de arquivos entre aplicativos, através da adoção de um formato aceitável, o que proporciona a integração dos profissionais de diferentes especialidades na fase de projeto (VIEIRA; CALMON; FARONI, 2017). Portanto, o uso do BIM de maneira colaborativa entre esses agentes aumenta a produtividade e reduz os riscos de erros (MIETTINEN; PAAVOLA, 2014), sendo essa metodologia o principal meio para se alcançar um projeto sem interferências (AKPONEWARE; ADAMU, 2017).

A coordenação de projetos e a detecção de interferências destacam-se como aplicações frequentes e importantes do BIM, permitindo a identificação de potenciais problemas e incompatibilidades antes que se tornem complicações na obra (MEHRBOD *et al.*, 2019). A detecção automática de conflitos apresenta a taxa mais alta de precisão, identificando de maneira abrangente as inconsistências (LEITE *et al.*, 2011). Assim, a ferramenta BIM aplicada à coordenação de projetos proporciona melhorias na eficiência, embora demande a presença de um coordenador para um emprego eficaz (MEHRBOD *et al.*, 2019), sendo essencial o treinamento deste e dos demais projetistas para se alcançar o completo potencial desse recurso (AKPONEWARE; ADAMU, 2017).

A fim de garantir o fluxo de dados, é preciso a padronização da informação do BIM (ANDRADE; BORGES; LIMA, 2017). Para isso, é essencial a implementação de protocolos e normas que possibilitem o trabalho colaborativo (AKPONEWARE; ADAMU, 2017). A exemplo disso, no Brasil a norma NBR 15965 (ABNT, 2011) tem como objetivo estabelecer os padrões técnicos e semânticos para o uso do BIM, proporcionando uma uniformidade essencial para a coordenação.

No Brasil, a implementação do BIM tem enfrentado desafios em comparação com outros países. Dentre as causas pode-se destacar a grande fragmentação do

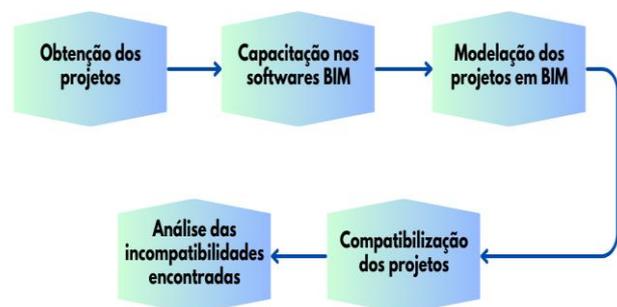
processo de construção no país e a falta de compreensão dos atributos desta tecnologia por parte dos empresários. O ensino do BIM nas universidades brasileiras tem sido criticado por sua fragilidade (VIEIRA; CALMON; FARONI, 2017). Um estudo realizado por Arroiteia *et al.* (2019) indicou que 71,9% dos participantes consideravam o seu nível de conhecimento em BIM ao final da graduação como insuficiente, e que os arquitetos adotam mais essa tecnologia do que os engenheiros. Além disso, é importante destacar a escassez de ações públicas para promover e incentivar o uso do BIM (ANDRADE; BORGES; LIMA, 2017).

Destaca-se os trabalhos dos autores Ramya S. e George (2022) e Savitri, Juliastuti e Pramudya (2020) que possuem abordagens semelhantes a este estudo e concluem que o emprego do BIM na modelagem e compatibilização é eficaz.

3. METODOLOGIA

Com o intuito de atingir o propósito desta pesquisa foi empregada uma abordagem que combina análises quantitativa e qualitativa. Segundo Creswell (2007), atribui-se o nome de triangulação à adoção de dois métodos distintos em um mesmo estudo, a fim de associar os atributos positivos destes, suprimindo suas deficiências inatas. Desta maneira, a análise dos resultados obtidos permitiu avaliar a extensão das incompatibilidades encontradas e suas potenciais consequências para o desempenho do empreendimento. Na Figura 1 são discretizadas as etapas empregadas no desenvolvimento deste trabalho.

Figura 1 - Fluxograma das etapas de desenvolvimento do trabalho.
Fonte: Autor (2023).



O primeiro procedimento adotado foi a captação dos projetos arquitetônico, estrutural, hidráulico e elétrico. O imóvel escolhido para análise, é de uma lanchonete de aproximadamente 353 m² localizado na

cidade de Guarulhos - SP. O edifício possui pavimento térreo, segundo pavimento e subsolo voltado para o estacionamento. Na Figura 2 estão representadas as plantas baixas arquitetônicas da obra.

Por consideração ética todos os elementos estéticos que caracterizam a empresa foram retirados ou alterados, sem prejuízo ao estudo, visando manter a confidencialidade.

Figura 2 - Plantas Arquitetônicas. Fonte: Autor (2023).



Os projetos obtidos foram feitos em 2D e estavam em suas versões executivas. Estes já haviam passado por compatibilizações prévias, através da adoção do método que emprega a sobreposição deles. Dessa forma, serão examinadas apenas as interferências cuja detecção não foi possibilitada por meio desta abordagem, permitindo a análise de sua eficácia. Também será possível a avaliação das possíveis implicações destas na construção da obra, tendo em vista que estes foram os projetos usados nesta etapa.

Os *softwares* usados para a realização deste estudo foram o AutoCAD®, Revit® e Navisworks®, os quais são pertencentes a empresa Autodesk®. O AutoCAD® consiste em um aplicativo CAD de desenho. Ele foi adotado para leitura e adequação das plantas, através da retirada de elementos desnecessários, para que assim elas pudessem servir de base para a modelação. Já o Revit® e Navisworks® são programas BIM, sendo o primeiro voltado a modelação de projetos das diversas disciplinas e o segundo destinado a coordenação de projetos. A escolha destes *softwares* deu-se pela fácil interoperabilidade entre eles, uma vez que pertencem ao mesmo desenvolvedor, e pela disponibilidade gratuita dos tais para a comunidade acadêmica.

3.1 Modelação

O processo de modelação ocorreu de maneira individualizada por disciplina. Cada projeto foi elaborado em um arquivo diferente, considerando-se o eixo de coordenadas comum entre eles para que fosse possível a compatibilização. Esse método impede que a visualização das demais disciplinas possa influenciar nas tomadas de decisões, mantendo-se assim a fidelidade com o projeto original. Foram importadas as plantas em CAD para o aplicativo Revit®. O emprego destas proporciona maior fidedignidade ao permitir a locação exata dos elementos.

O nível de especificação do modelo adotado foi LOD 300 a 400, variação a qual se deve a quantidade de informação fornecida pelos projetos. Este valor foi estabelecido considerando-se que para a finalidade deste estudo era necessária a determinação geométrica precisa dos elementos, apresentado suas informações básicas. Para alcançar este objetivo, foram realizadas as modelagens de famílias de objetos ou a alteração de parâmetros de famílias pré-existentes, garantindo assim sua acurácia.

Primeiramente fez-se a estruturação do modelo arquitetônico, apresentando paredes, pisos, forros, escadas e esquadrias. Em seguida, prosseguiu-se com o estrutural, constituído por paredes portantes, sendo necessária a análise das plantas de elevação para a determinação da localização de vigas, pois algumas destas não foram representadas nas plantas de forma, fator que dificultou a compreensão do projeto. Posteriormente, modelou-se o projeto hidrossanitário, constituído por água fria e quente, esgoto e drenagem pluvial.

Os projetos não apresentaram a cota das tubulações horizontais, apenas orientações de proximidade com a laje ou forro sem especificação da face de referência, assim considerou-se alturas que não fossem causar interferências propositalmente com outros elementos. Por fim, foi feito o modelo elétrico, o qual também não possuía as alturas dos eletrodutos, adotando-se o mesmo critério que o considerado para as cotas do hidrossanitário. Tendo em vista que muitos conduítes não possuíam especificação de diâmetro, adotou-se de maneira arbitrária o de 20mm, por ser um dos mais adotados no Brasil, levando em consideração que essa dimensão possui pouca relevância para os resultados do estudo.

3.2 Compatibilização

A partir da importação dos modelos finalizados, foi realizada a compatibilização dos projetos no Navisworks®. Esse processo foi facilitado pela

simples interoperabilidade entre os aplicativos, não sendo necessária qualquer alteração no tipo de formato do arquivo para importação. Além disso, a integração entre estes dois *softwares* permite uma sincronização entre os projetos, de forma que caso seja realizada alguma alteração no modelo original feito no Revit® este projeto é automaticamente modificado no Navisworks® também. Essa propriedade contribuiu para correções mais rápidas e redução do risco de análise de projetos desatualizados.

Em posse do modelo federado do edifício, que consiste na unificação dos modelos de todas as disciplinas em um único ambiente virtual, fez-se a verificação de interferências através da ferramenta *Clash Detective* presente no programa. Nela é possível estabelecer entre quais disciplinas será feita a avaliação automática e qual tipo de critério a ser adotado. Ademais, pode-se determinar regras para a investigação de modo que sejam filtrados os resultados e escolher os elementos a serem considerados na mesma.

Com os resultados obtidos, realizou-se uma análise individual dos conflitos, classificando-os de acordo com seu status. Consideraram-se ativos aqueles que configuravam interferências, enquanto os demais foram categorizados como resolvidos. Esse processo foi necessário, pois o programa considera qualquer tipo de contato entre as geometrias como interferência, inclusive o embutimento de elementos em paredes. Dessa forma, os casos irrelevantes foram desconsiderados neste estudo. Além disso, as paredes estruturais presentes no projeto arquitetônico não foram levadas em conta para que não houvesse duplicação nos resultados. Finalizada a categorização, foram gerados os relatórios automáticos fornecidos pelo aplicativo dos resultados pertinentes.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

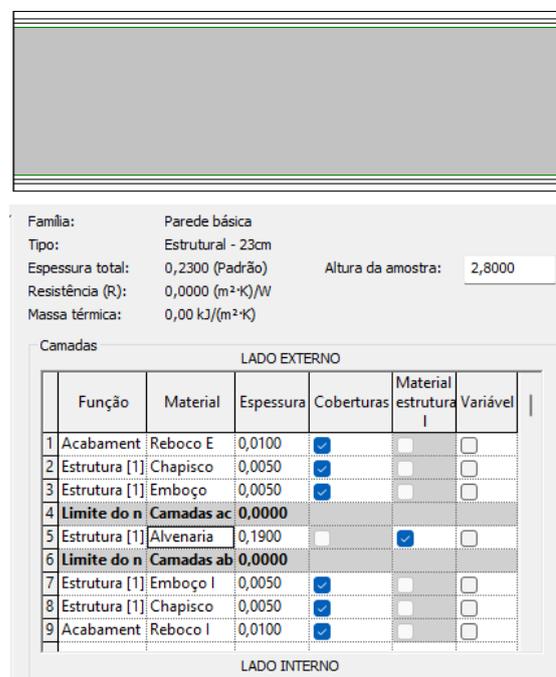
Utilizando a abordagem metodológica proposta, foi viável evidenciar de forma detalhada os desdobramentos dos resultados obtidos na modelação e compatibilização das disciplinas específicas de projeto. Cada seção oferece uma análise aprofundada das particularidades, dos problemas identificados e das soluções adotadas em cada disciplina, proporcionando uma visão holística do processo de implementação do BIM.

4.2 Modelação

4.2.1 Projeto arquitetônico

O modelo arquitetônico foi elaborado de forma a preservar a fidelidade ao projeto original, dando atenção especial aos aspectos estéticos. Para isso, as famílias das esquadrias foram modificadas apresentando além das medidas precisas, uma aparência muito semelhante ao *design* real. Cabe ressaltar que as cores da pintura do estabelecimento foram alteradas para a manutenção da confidencialidade. Também foi dada ênfase à representação precisa das paredes, exibindo corretamente as camadas de alvenaria, emboço, chapisco e reboco, conforme mostrado na Figura 3.

Figura 3 - Detalhamento de parede. Fonte: Autor (2023).



Camadas						
LADO EXTERNO						
	Função	Material	Espessura	Coberturas	Material estrutura I	Variável
1	Acabament	Reboco E	0,0100	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Estrutura [1]	Chapisco	0,0050	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Estrutura [1]	Emboço	0,0050	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Limite do n	Camadas ac	0,0000			
5	Estrutura [1]	Alvenaria	0,1900	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Limite do n	Camadas ab	0,0000			
7	Estrutura [1]	Emboço I	0,0050	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Estrutura [1]	Chapisco	0,0050	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Acabament	Reboco I	0,0100	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LADO INTERNO						

Na planta de cobertura, o telhado posterior tem uma inclinação de 12,93%, entretanto ao ser modelado, um de seus lados está a 75cm acima da edificação, conforme apresentado na Figura 4. Esse erro foi mantido para que o modelo permanecesse fidedigno ao projeto, contudo na execução será necessária uma intervenção, como a redução da inclinação do telhado ou o aumento da altura da platibanda.

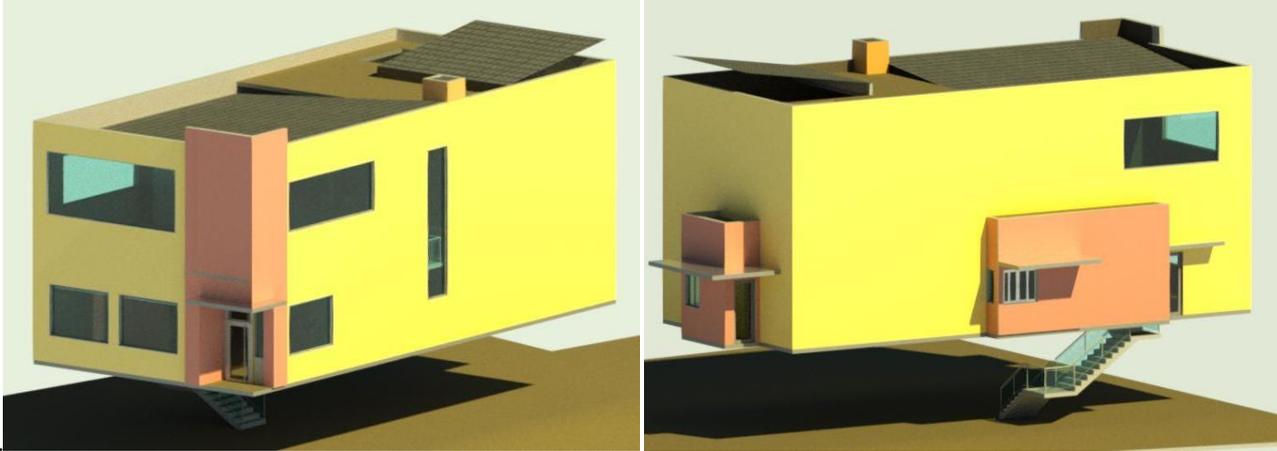
Figura 4 - Detalhe do telhado. Fonte: Autor (2023).



Desta maneira, obteve-se um modelo tridimensional da arquitetura do empreendimento, como observado na Figura 5. O emprego do *software* BIM foi de

grande valia, pois garantiu uma modelagem facilitada e rica em informações associadas aos elementos.

Figura 5 - Modelo Arquitetônico. Fonte: Autor (2023)



4.1.2 Projeto Estrutural

O modelo estrutural contemplou paredes portantes, escadas, lajes, vigas, pilares, estrutura de cobertura e fundações em blocos com estacas, como mostrado na Figura 6. Os elementos foram derivados de alterações em famílias do Revit® pré-existentes, garantindo sua correta representação.

Ao analisar, nota-se que o corte de detalhamento do telhado não corresponde à planta baixa, apresentando declividades opostas entre si. Portanto, para fins de modelagem, foi adotado o exemplar presente na planta, pois este condiz com o projeto arquitetônico. Entretanto, quanto a porcentagem de inclinação do telhado posterior optou-se por seguir a representada no corte, tendo em vista que a de 12,93% faria com que os elementos da cobertura não tivessem apoio, assim foi obtido um declive de 3,60%.

O projeto estrutural não contempla o detalhamento da rampa que interliga o pavimento térreo ao subsolo, sendo necessário consultar a planta de locação arquitetônica para determiná-la. Todavia, ao considerar a inclinação determinada no projeto pode-se observar que ela fica a 55cm do piso, como apresentado na Figura 7. Dessa forma, possivelmente a correção desta falha ocorrerá na fase de execução, podendo ser através da adoção de uma declividade que atenda ao comprimento determinado ou por meio do aumento deste. Cabe ressaltar que as alturas dos pilares de sustentação do acesso inclinado não foram discriminadas no projeto, entretanto foi considerado que eles se estendiam até o nível desta, pois segundo o detentor dos arquivos esse era o padrão dos empreendimentos.

Figura 6 - Modelo estrutural. Fonte: Autor (2023).

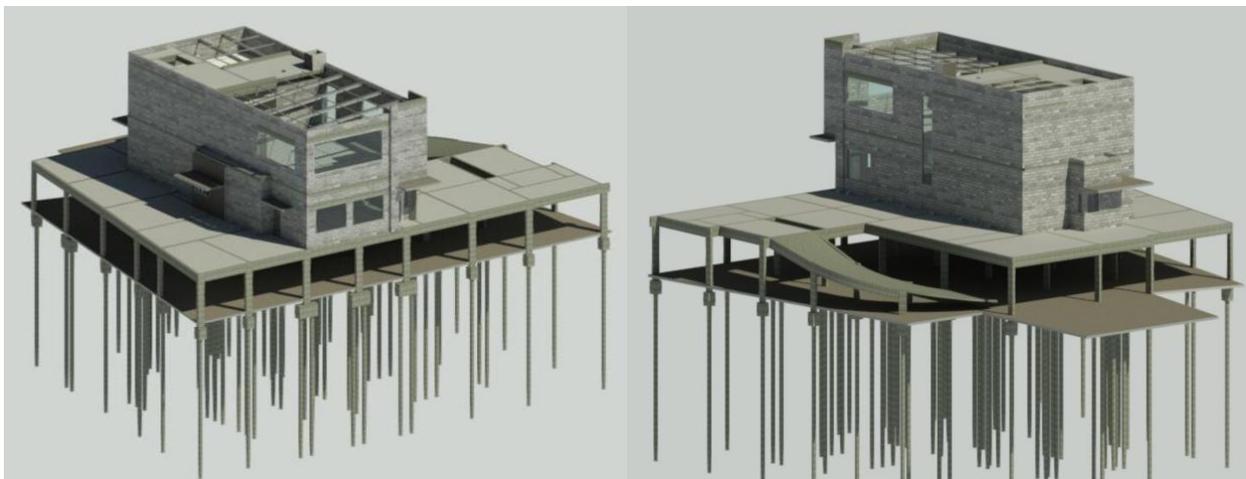
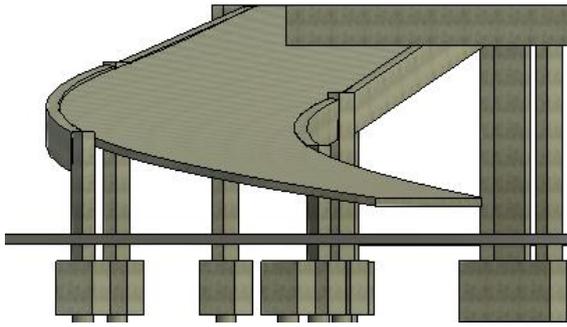


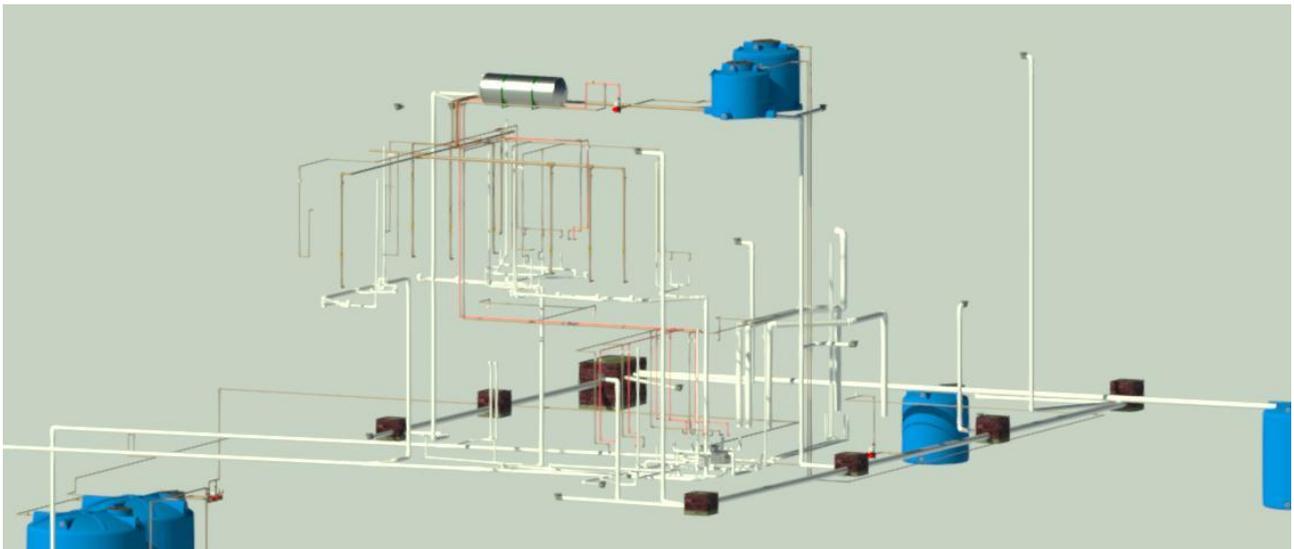
Figura 7 - Detalhe da Rampa. Fonte: Autor (2023).



4.1.3 Projeto Hidrossanitário

Para a modelação do projeto hidrossanitário, optou-se por criar duas categorias de vistas, uma para a parte hidráulica e outra para esgoto e drenagem pluvial. Esse método permite a criação independente dos modelos das subdisciplinas, pertencendo ao mesmo arquivo, facilitando o processo e contribuindo para a fidedignidade. Assim, obteve-se o resultado apresentado na Figura 8.

Figura 8 - Modelo Hidrossanitário. Fonte: Autor (2023).

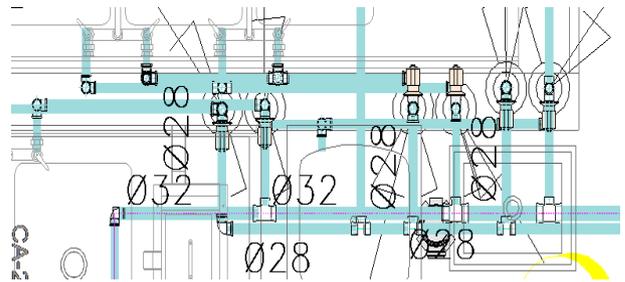


O reservatório superior de água fria (2500L) é apresentado no projeto com uma saída com 45°, contudo ao consultar o catálogo da empresa foi constatado que este reservatório possui saídas apenas a 90°. Para efeitos de modelação, foi mantido o previsto em planta, mantendo-se fiel a ela, contudo não seria possível a execução dessa maneira, sendo necessária a utilização de outro bocal.

No projeto hidráulico, as vistas isométricas não correspondem ao projeto em planta, com ressalva do banheiro para pessoas com necessidades especiais (PNE), sendo impossível segui-las para a modelação. Para solucionar esse problema considerou-se as cotas das passagens da tubulação e das tomadas d'água presentes nestas vistas, uma vez que por se tratar de uma obra padrão, provavelmente essas alturas não se alteram a cada projeto. Entretanto, essa falha tornou o processo de modelagem muito dificultado, principalmente em regiões em que há grande concentração de tubos em uma parede, como pode ser visto na Figura 9. Nestes casos a determinação das passagens foi subjetiva, sendo possível apenas com o uso da vista tridimensional. A ausência desses

detalhes representa um risco para a execução do empreendimento, pois deixa a cargo do executor decisões que podem comprometer o bom funcionamento da instalação.

Figura 9 - Detalhe hidráulico. Fonte: Autor (2023).

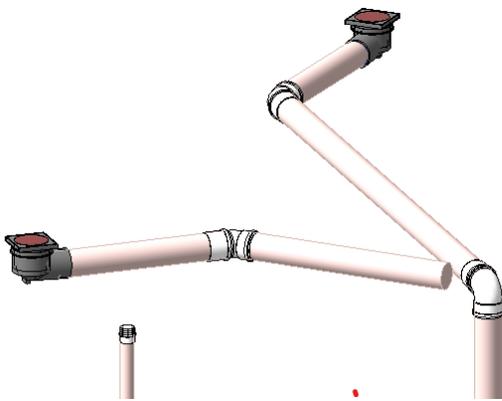


Durante o processo de modelagem pode-se observar que a falta da representação das conexões em sua dimensão real nos projetos em CAD gera interferências e incoerências impossíveis de serem detectadas apenas pela análise das plantas. A exemplo disso temos a ocorrência de sobreposição de duas conexões no pavimento térreo, sendo necessária a adoção de um distanciamento maior entre as

tubulações para que estas respeitem o espaçamento correto, causando uma alteração no traçado previsto.

Cabe ressaltar que o aplicativo Revit® não permite esses tipos de conflitos, pois impede a criação dos elementos e emite um alerta ao usuário quanto ao erro. Ademais, a falta da visualização tridimensional proporciona equívocos como apresentado na Figura 10, na qual a união entre as tubulações e o tubo de queda não é possível pois ambas se encontram em cotas semelhantes e não existe um tipo de conexão hidráulica capaz de atender a este caso. Sendo preciso, assim, uma alteração de inclinação de um dos tubos durante a fase de execução para que possa se conectar mais abaixo em relação ao outro.

Figura 10 - Incoerência na conexão de tubos. Fonte: Autor (2023).

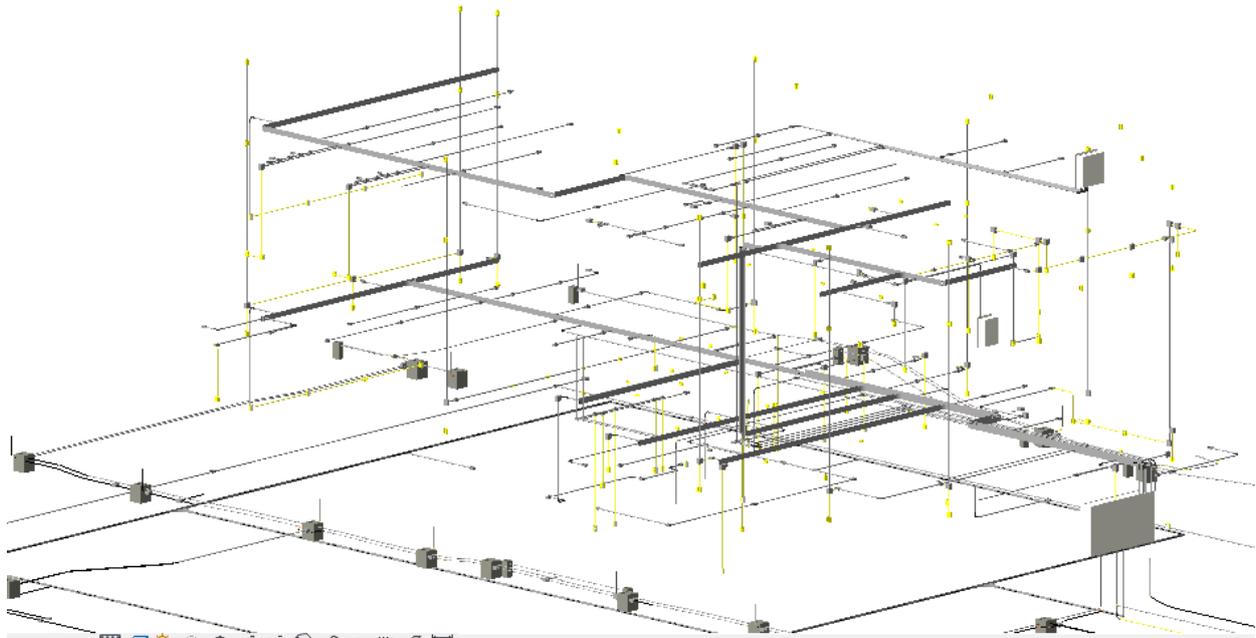


4.1.4 Projeto Elétrico

O modelo elétrico foi constituído por eletrodutos rígidos, em PVC e metálicos, eletrodutos flexíveis corrugados, eletrocalhas, quadros elétricos, pontos de luz, tomadas e demais acessórios necessários, todos com representação realista, como pode ser visto na Figura 11.

Um problema recorrente encontrado durante a modelagem foi o uso de curvaturas incorretas, tanto nos eletrodutos flexíveis quanto nos rígidos. A NBR 15465 (ABNT, 2020) estabelece que o ensaio de resistência a curvatura de eletrodutos flexíveis considera uma curvatura mínima de três vezes o seu diâmetro nominal. Dessa maneira, a adoção de raios menores que esses valores apresenta um risco a integridade do material. Para fins de modelagem, os eletrodutos foram criados no *software* Revit® segundo as diretrizes da normativa brasileira, não sendo possível a adoção das curvaturas errôneas presentes no projeto, assim foram realizadas as alterações necessárias em seu traçado de modo a minimizar o impacto delas. Além disso, há a presença em projeto de eletrodutos rígidos curvados, procedimento o qual não é previsto por norma. A sua execução envolve o aquecimento do material para possibilitar a flexão, contudo essa prática pode comprometer a qualidade deste.

Figura 11 - Modelo Elétrico. Fonte: Autor (2023).



Ademais, a ausência de informações essenciais proporcionou uma grande dificuldade no processo de modelação. A exemplo disso, as tomadas do tipo *Steck* não possuem indicação quanto à altura, nem por representação gráfica, através da simbologia padrão, ou por discriminação textual. O mesmo ocorre com as luminárias externas. Nestes casos foi preciso a avaliação do contexto para adoção de decisões, as quais se basearam em valores usuais. No entanto, isso abre precedente para uma execução incorreta, pois deixa a cargo do executor a tomada de decisão, além de gerar atrasos. Outrossim, na planta de cobertura as luminárias não apresentam ligação a rede elétrica, fator que provoca um custo imprevisto, uma vez que os quantitativos não consideraram os elementos para a conexão destas.

4.2 Compatibilização

Na Figura 12 está representado o modelo federado obtido no *software* Navisworks®. Através dos diagnósticos realizados no aplicativo, foram identificadas interferências entre as disciplinas, conforme apresentado na Tabela 1. Por meio desta, pode-se inferir que o projeto Hidrossanitário foi o que apresentou predominância, tendo incompatibilidades com todos os demais projetos

Tabela 1 - Análise de Incompatibilidade. Fonte: Autor (2023).

Disciplinas	Arquitetônico	Estrutural	Hidrossanitário	Elétrico
Arquitetônico	x		x	x
Estrutural		x	x	x
Hidrossanitário	x	x	x	x
Elétrico	x	x	x	

Para proceder com a análise quantitativa, considerou-se o valor absoluto de todos os conflitos, com exceção daqueles entre as vigas e os eletrodutos do pavimento térreo. Neste caso específico optou-se pelo agrupamento das interferências, dada sua grande escala e a similaridade do tipo de evento, para fins de avaliação a junção destes como valor unitário representa o melhor método. Desta maneira, os resultados encontrados foram compilados na Tabela 2 e representados na Figura 13.

Tabela 2 - Quantitativo de Incompatibilidades. Fonte: Autor (2023).

Disciplinas	Quant.
Arquitetônico x Arquitetônico	1
Arquitetônico x Hidrossanitário	3
Arquitetônico x Elétrico	12
Estrutural x Estrutural	9
Estrutural x Hidrossanitário	11
Estrutural x Elétrico	79
Hidrossanitário x Hidrossanitário	1
Hidrossanitário x Elétrico	11

Figura 12 - Modelo Federado. Fonte: Autor (2023)

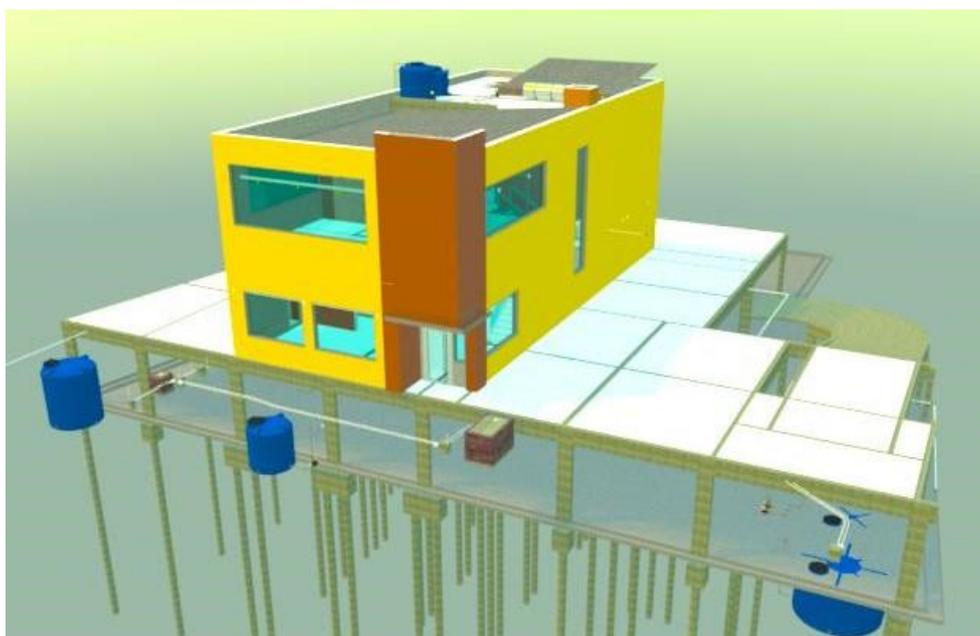
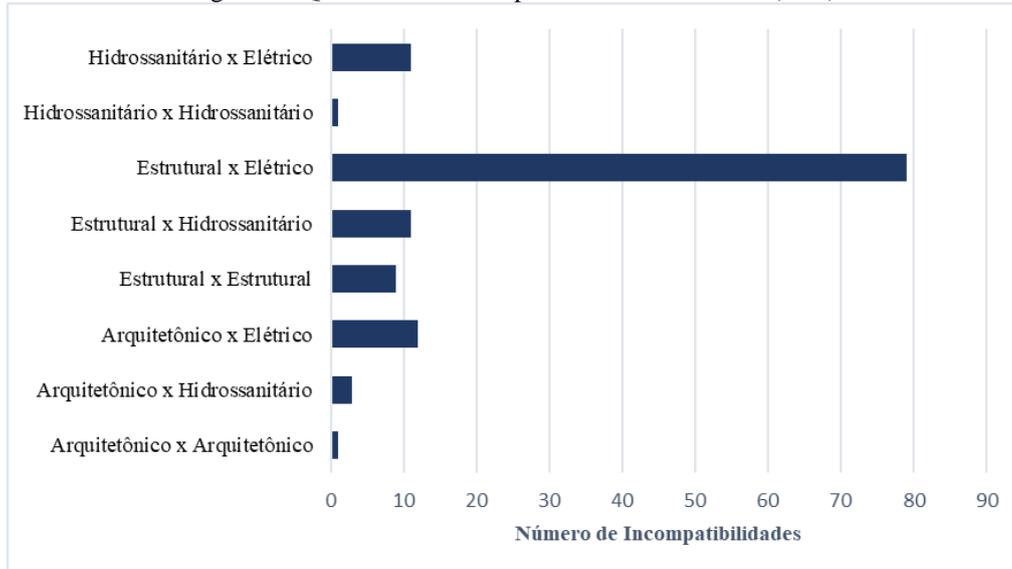


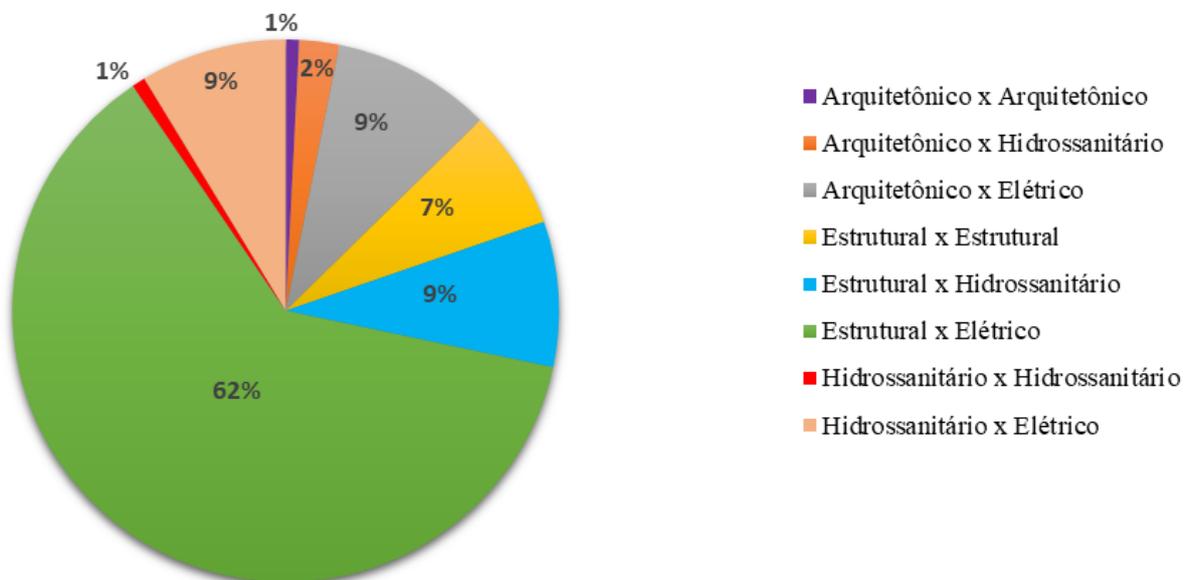
Figura 13 - Quantitativo de Incompatibilidades. Fonte: Autor (2023).



Assim, os valores obtidos mostram que a relação com o maior número de incompatibilidades foi entre os projetos Estrutural e Elétrico, representando 62% dos conflitos, como pode ser verificado na Figura 14. A disciplina Estrutural configurou 78% das ocorrências, fator que pode ser compreendido devido a limitação

do método empregado na análise prévia, a qual foi efetuada por meio da sobreposição das plantas em 2D. Essa técnica é incapaz de considerar a geometria tridimensional dos elementos, fazendo com que as interferências que não estão presentes no plano de corte sejam negligenciadas.

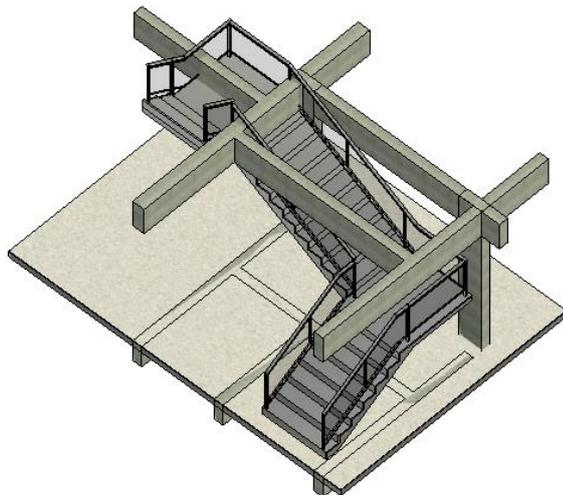
Figura 14 - Relação entre as Incompatibilidades. Fonte: Autor (2023).



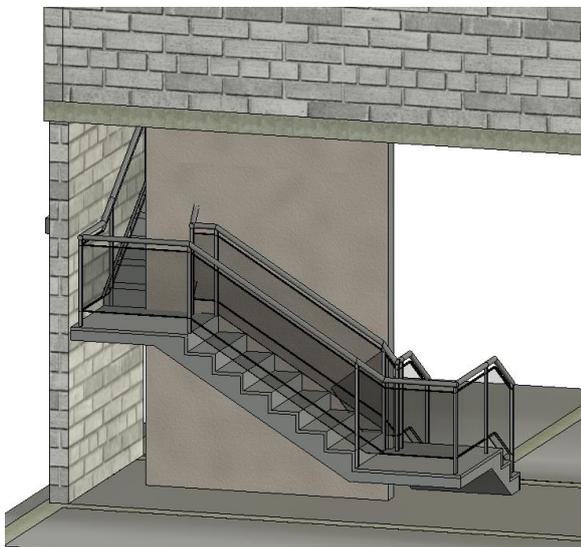
Dentre essas incompatibilidades, merecem destaque aquelas de intensidade grave, as quais consistem naquelas que representam maior complexidade na solução. Nesse sentido, os conflitos de maior relevância ocorreram nas escadas do projeto estrutural. Na escada que conecta o pavimento térreo ao subsolo, há interferência com as vigas, conforme a Figura 15 (a). Os choques e a diferença de altura entre os elementos tornam inviável a sua presença nesse local, exigindo uma alteração drástica no projeto.

Além disso, na escada que interliga os pavimentos térreo e superior, localizada no lado esquerdo da edificação, ocorre confronto com uma parede estrutural, como visualizado na Figura 15 (b). Como no caso anterior, este ocorrido demanda uma modificação considerável, cabendo somente ao projetista estrutural a apresentação de uma solução, tendo em vista que se tratam de elementos portantes.

Figura 15 - Interferências das escadas. Fonte: Autor (2023).



(a) Escada e Viga



(b) Escada e Parede Estrutural

5. CONCLUSÃO

A modelagem das disciplinas da edificação utilizando a tecnologia BIM foi de grande valia, pois permitiu a detecção de incoerências ainda nessa fase, e ao ser empregada na coordenação, obteve-se resultados notáveis. Por meio da adoção desses aplicativos, foi possível identificar 127 interferências, as quais não foram determinadas pelo emprego da metodologia tradicional. O reconhecimento dessas falhas durante a fase de projeto é primordial, pois, caso elas se estendam até a execução do empreendimento, além de colocar em risco o seu bom funcionamento, também implica em atrasos na construção e acréscimo nos custos que, neste caso, por se tratar de uma obra padrão, amplifica os prejuízos para o cliente.

O uso desses *softwares* mostrou-se relativamente simples e muito intuitivo. As ferramentas que estes

oferecem permitem um processo de trabalho mais facilitado em comparação aos programas CAD. Outro fator positivo é a representação realista dos elementos que promovem qualidade estética e contribuem para a compreensão dos projetos. Entretanto, a presença de informações atreladas aos objetos requer uma atenção especial, prejudicando relativamente a velocidade de elaboração. Também a necessidade de modelar ou alterar os parâmetros de cada componente é um fator que torna o processo mais complexo. Ainda assim, esses fatores são compensados pelas atribuições positivas da tecnologia BIM, tornando-a o melhor instrumento para modelação e compatibilização.

A sua implementação é impulsionada pelo preço semelhante aos dos *softwares* CAD, assegurando, ao mesmo tempo, um retorno do investimento por meio da redução de custos e do tempo de projeto. Entretanto, um dificultador é a necessidade de treinamento dos profissionais para o seu uso, o que demanda tempo, decaindo temporariamente a produtividade.

As incompatibilidades e incoerências encontradas mostram como o desenvolvimento de projetos em CAD é falho e impreciso. Dessa maneira, este estudo demonstrou de forma prática como a utilização da tecnologia BIM na modelagem e compatibilização de projetos contribui para uma melhor eficiência, redução de erros e consequente economia de recursos.

Sugere-se, para estudos futuros, analisar o acréscimo de tempo no cronograma da obra devido aos retrabalhos, avaliar o tempo dedicado à implementação da metodologia BIM e contrastá-lo com o tempo perdido em retrabalhos, examinar os custos associados às incompatibilidades e estimar a quantidade de resíduos gerados em decorrência das modificações resultantes dos conflitos.

6. AGRADECIMENTOS

Sou grata a Deus por ter me concedido sabedoria e discernimento para conduzir este trabalho, e por me fortalecer nos desafios da minha jornada acadêmica. Agradeço a Universidade Federal de Mato Grosso do Sul e em especial ao curso de Engenharia Civil pela oportunidade de desenvolvimento dessa pesquisa. Por fim, agradeço a minha orientadora, cuja instrução foi essencial para a elaboração desse estudo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMAD, Z.; THAHEEM, M.; MAQSOOM, A. Building information modeling as a risk transformer: An evolutionary insight into the

- project uncertainty. **Automation in Construction**, v.92, p. 103-119, 2018.
- AKPONEWARE, A.; ADAMU, Z. Clash detection or Clash avoidance? An investigation into coordination problems in 3D BIM. **Buildings**, 7, n. 3: 75, 2017.
- AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS. AIA Document E202: Building Information Modeling Protocol Exhibit. 2008. Disponível em: <<https://aiacontracts.com/contract-documents/19016-project-bim-protocol>>. Acesso em: 10 nov. 2023.
- ANDRADE, R.; BORGES, M.; LIMA, F. O projeto integrado e o processo de projeto em BIM - aplicação e normas brasileiras. **Anais... XXI CONGRESSO INTERNACIONAL DE LA SOCIEDAD IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL**, 2017. v. 3, n. 12, p. 393-396.
- ARROTEIA, A. V.; AMARAL, G. G.; KIKUTI, S. Z.; MELHADO, S. B.; BIM knowledge assessment: an overview among professionals A survey on the AEC industry in Sao Paulo, Brazil. **Anais... PROCEEDINGS OF 37 EDUCATION AND RESEARCH IN COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN IN EUROPE AND XXIII IBEROAMERICAN SOCIETY OF DIGITAL GRAPHICS, "ARCHITECTURE IN THE AGE OF THE 4TH INDUSTRIAL REVOLUTION"**, 2019. V.7, n.1, p. 315-324.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15465: Sistemas de eletrodutos plásticos para instalações elétricas de baixa tensão — Requisitos de desempenho. Rio de Janeiro, 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15965: Sistema de classificação da informação da construção Parte 1: Terminologia e estrutura. Rio de Janeiro, 2011.
- BRYDE, D.; BROQUETAS, M.; VOLM, J. The project benefits of Building Information Modelling (BIM). **International Journal of Project Management**, v 31, i. 7, p. 971-980, 2013.
- CRESWELL, J. W. **Pesquisa de métodos mistos**. 2. ed. Porto Alegre, RS: Penso, 2007.
- DOS SANTOS, S. D.; VENDRAMETTO, O.; GONZÁLEZ, M. L.; CORREIA, C. F. Potential of Building Information Modeling – BIM - Tools Inside Brazilian Civil Construction Scenery. **Anais... IFIP Advances in Information and Communication Technology**, 2015. v. 459, p. 299-307.
- DOUMBOUYA, L.; GAO, G.; GUAN, C. Adoption of the Building Information Modeling (BIM) for Construction Project Effectiveness: The Review of BIM Benefits. **American Journal of Civil Engineering and Architecture**, v. 4, p. 74-79, 2016.
- LEITE, F.; AKCAMETE, A.; AKINCI, B.; ATASOY, G.; KIZILTAS, S. Analysis of modeling effort and impact of different levels of detail in building information models. **Automation in Construction**, v. 20, i. 5, p. 601-609, 2011.
- MEHRBOD, S.; STAUB-FRENCH, S.; MAHYAR, N.; TORY, M. Characterizing interactions with BIM tools and artifacts in building design coordination meetings. **Automation in Construction**, v. 98, p. 195-213, 2019.
- MIETTINEN, R.; PAAVOLA, S. Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modeling. **Automation in Construction**, v. 43, p. 84-91, 2014.
- S, R.; GEORGE, G. Relative Study on Clash Detection and its Effects on BIM Modelling. **International Journal For Research in Applied Science and Engineering Technology**, v. 10, i. 9, 2022.
- SAVITRI, D. M.; JULIASTUTI; PRAMUDYA, A. A. Clash detection analysis with BIM-based software on midrise building construction Project. **Anais... IOP CONFERENCE SERIES: EARTH AND ENVIRONMENTAL SCIENCE**, 2020. V. 426.
- VIEIRA, D.; CALMON, J.; FARONI, M. Building Information Modeling (BIM) in Brazil's Architecture, Engineering and Construction (AEC) Industry: A Review and a Bibliometric Study. **The Journal of Modern Project Management**, v. 5, p. 22-37, 2017.