

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

DIEGO NAKANO SOBRAL

**COMPATIBILIZAÇÃO DOS PROJETOS COMPLEMENTARES DE UM EDIFÍCIO
DE QUATRO PAVIMENTOS UTILIZANDO A TECNOLOGIA BIM**

PATO BRANCO

2023

DIEGO NAKANO SOBRAL

**COMPATIBILIZAÇÃO DOS PROJETOS COMPLEMENTARES DE UM EDIFÍCIO
DE QUATRO PAVIMENTOS UTILIZANDO A TECNOLOGIA BIM**

**Compatibility of complementary projects of four floor building using BIM
technology**

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

Orientador: Professor Me. José Valter Monteiro Larcher

PATO BRANCO

2023



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

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

DIEGO NAKANO SOBRAL

**COMPATIBILIZAÇÃO DOS PROJETOS COMPLEMENTARES DE UM EDIFÍCIO
DE QUATRO PAVIMENTOS UTILIZANDO A TECNOLOGIA BIM**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 20/junho/2023

José Valter Monteiro Larcher
Mestre em Construção Civil
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Pato Branco

Rayana Carolina Conterno
Mestre em Desenvolvimento Regional
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Pato Branco

Osmar João Consoli
Mestre em Engenharia Civil (Construção Civil)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Pato Branco

PATO BRANCO

2023

RESUMO

As ferramentas BIM (Building Information Modeling) já são consolidadas como os métodos de maior produtividade em projetos de Construção Civil. Como tal, é fundamental que os profissionais de engenharia civil tenham domínio do uso. Nesta visão e com objetivo de consolidar conhecimentos neste tema, foi desenvolvido o presente trabalho exploratório sobre compatibilização de projetos complementares de uma edificação de quatro pavimentos, utilizando a metodologia de modelagem de informações da construção (BIM). Neste objetivo, foi realizado o treinamento necessário para a conversão dos projetos complementares originalmente desenvolvidos no programa AutoCAD 2D, sendo modelados tridimensionalmente no *software* Autodesk Revit. Inicialmente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre os conceitos de modelagem de informações da construção, sobre as ferramentas que poderiam ser utilizadas e apresentando as vantagens da sua utilização na construção civil. Em seguida foi possível realizar as conversões dos projetos necessárias e perceber a omissão de algumas informações importantes nos projetos em 2D. Desta forma, foi possível realizar a compatibilização dos projetos utilizando o Navisworks, *software* pertencente a Autodesk. Através dele, foram realizados testes de incompatibilidades entre os projetos (Clash Detection). Por fim, foram apresentados alguns casos de incompatibilidades ocorrentes relatando os passos executados e as conclusões levantadas, com apontamento de causas de incompatibilidades comumente originadas em projetos 2D que podem ser evitadas com as ferramentas de modelagem e detecção de não conformidades. Para finalizar, foram apresentadas sugestões para trabalhos futuros no tema, com foco em correções das incompatibilidades.

Palavras-chaves: Conversão de projetos complementares, Compatibilização de projetos complementares.

ABSTRACT

The BIM tools (Building Information Modeling) are already consolidated as the most productive methods in the Civil Construction projects. Such as, is fundamental that civil engineering professionals have the master on it. In vision to consolidate knowledge on this theme, was developed the present exploratory work about compatibility of complementary four level pavement building using the building information modeling (BIM) methodology. In this objective, was realized the necessary training to the conversion of complementary projects originally developed in the AutoCAD 2D program, being three dimensionally modeled in Autodesk Revit software. First, it was made bibliographical research on the concepts of building information modeling, about the tools that can be used and showing their benefits uses in construction. Then it was possible to do the necessary project conversions and to notice the omission of some important information in the projects in 2D. So, it was possible to make the compatibility of projects using Navisworks, software belonging to Autodesk. Using it, incompatibility tests was made between he projects (Clash Detection). Finally, some cases of incompatibilities were presented, reporting the steps that were made and their conclusion raised, with an indication of incompatibilities causes commonly originating in 2D projects that can be avoided with modeling tools and detection of nonconformities. To close, was presented suggestions to future works on the subject, to focus on incompatibilities corrections.

Keywords: Conversion of complementary projects, Compatibility of complementary projects.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Causas de patologias de construções	14
Figura 2: Avanço do empreendimento em relação à diminuição do custo de falhas do edifício	18
Figura 3: Os três pilares da sustentabilidade	22
Figura 4: BIM: o que você precisa saber sobre essa ferramenta.....	22
Figura 5: Ciclo de vida da edificação	24
Figura 6: Edificação em estudo	30
Figura 7: Arquivo Hidrossanitário	32
Figura 8: Catálogo Tigre	32
Figura 9: Tubulações configuradas no Revit.....	32
Figura 10: Conexões configuradas no Revit.....	33
Figura 11: Elementos do pavimento n40.....	34
Figura 12: Elementos hidráulicos em modelo isométrico	34
Figura 13: Projeto hidrossanitário em perspectiva isométrica	35
Figura 14: Planta de Instalações Hidrossanitárias	36
Figura 15: Componentes Hidrossanitários	36
Figura 16: Conexões incompatíveis	37
Figura 17: Representação em 3D da Figura 16.....	37
Figura 18: Planta estrutural do subsolo	38
Figura 19: Elementos estruturais lançados sobre a planta estrutural.....	39
Figura 20: Pilares lançados no pavimento n40.....	39
Figura 21: Pilares lançados nos pavimentos seguintes	40
Figura 22: Pilares e vigas lançados	40
Figura 23: Finalização das lajes n40.....	41
Figura 24: Elementos estruturais do edifício	42
Figura 25: Projeto estrutural do edifício finalizado	42
Figura 26: Projeto estrutural do edifício finalizado	43
Figura 27: Pilares cortados	44
Figura 28: Pilares sob as paredes	44
Figura 29: Pilar não representado na vista 3D.....	45
Figura 30: Pilares desalinhados.....	45
Figura 31: Projetos abertos no Navisworks	47

Figura 32: Vista do n880 através do Navisworks	47
Figura 33: Janela de configurações do <i>Clash Detective</i>.....	48
Figura 34: Início da compatibilização no Navisworks.....	49
Figura 35: Tubulação passando pelo piso	50
Figura 36: Tubulação passando pelo pilar.....	50
Figura 37: Tubulações passando pela viga	51
Figura 38: Vaso sanitário e tubulações em conflito com a viga	51
Figura 39: Elementos estruturais em confronto com a viga	52
Figura 40: Tubulações passando pela viga	52
Figura 41: Piso entrando no pilar	53
Figura 42: Tubulações mal alinhadas.....	53
Figura 43: Tubulações mal alinhadas.....	54
Figura 44: Identificação dos elementos	54

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivos	14
1.1.1	Geral.....	14
1.1.2	Específicos	15
1.2	Justificativa.....	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1	O projeto	17
2.2	Compatibilização de projetos.....	18
2.3	Engenharia Simultânea	20
2.4	Engenharia Sustentável.....	21
2.5	BIM – <i>Building Information Modeling</i>	23
2.6	<i>Software</i> de Modelação BIM	24
2.7	Autodesk - Revit	25
2.8	NBR – Normas Brasileiras da ABNT	26
2.9	Estudo de Casos	27
3	METODOLOGIA	29
3.1	Classificação da pesquisa.....	29
4	RESULTADOS.....	30
4.1	Projeto Hidrossanitário.....	31
4.1.1	Erros no Projeto Hidrossanitário.....	35
4.2	Projeto Estrutural	38
4.2.1	Erros no Projeto Estrutural	43
4.3	Compatibilização dos projetos.....	46
4.4	Processo de compatibilização no Navisworks	46
5	CONCLUSÃO	56
	REFERÊNCIAS.....	57

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil no Brasil passa por transformações que contribuem com o aumento na demanda de novas habitações e infraestrutura, resultado das políticas de expansão de crédito e programas de financiamento, o setor cresce a taxas acima do PIB (Produto Interno Bruto) brasileiro. Este crescimento impulsiona o desenvolvimento de toda cadeia da construção civil, como novas tecnologias, materiais e equipamentos, refletindo diretamente no processo de produção dos empreendimentos (ÁVILA, 2011, p.9).

O PIB da Construção Civil e o Setor da Indústria possuem uma correlação forte com o PIB Brasil, o que é um resultado esperado, já que são fatias da economia nacional. A taxa de desemprego é pouco influenciada pelo PIB Brasil, mas é moderadamente influenciada pelo PIB da Construção Civil (NUNES et al., 2020).

De acordo com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), nos primeiros seis meses de 2022, comparado com o mesmo período do ano anterior, houve um crescimento de 6% na construção, e um crescimento no país de 2,5%.

Para Coelho e Novaes (2008), há um envolvimento de profissionais de diferentes áreas, mas com objetivos em comum, necessário para o planejamento e construção de um empreendimento na construção civil.

A tendência mundial mostra que os projetos e documentos digitais são algo consolidado. A mudança de atuação do projetista (engenheiro ou arquiteto), é algo premente. Pois a partir do uso de projetos que não se utilizam mais de linhas e círculos, mas sim de “blocos” com diversas informações associadas a ele (JACOSKI, LAMBERTS, 2002, p.6).

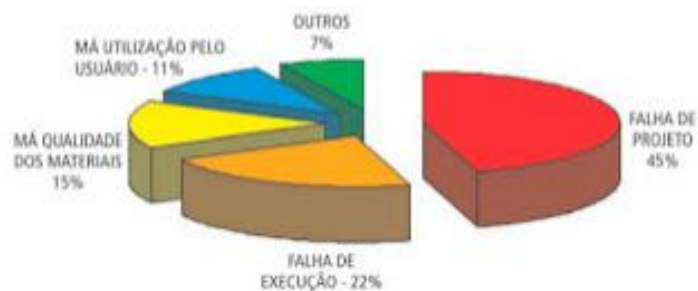
A cada dia surgem novas soluções em métodos, ferramentas, processos, conceitos, entre outros, e cabe às construtoras utilizá-las à medida do possível para conseguirem se manter competitivas. O BIM surge como ferramenta para analisar e facilitar o acesso a essas inovações. A Modelagem da Informação da Construção, em inglês, *Building Information Modeling* (BIM) surgiu como resultado de pesquisas científicas de países mais tecnologicamente desenvolvidos na construção civil na década de 70, cuja necessidade era melhorar a tomada de decisão em vista a crescente quantidade de informações disponíveis e as novas exigências (CAMPESTRINI et.al., 2015, p.5).

Para Florio (2007), os conjuntos BIM representam uma geração de ferramentas CAD inteligentes designadas ao objeto, permitindo o gerenciamento de todo o ciclo de vida do empreendimento, desde a realização dos projetos até a manutenção.

Para Addor *et.al.* (2010) os projetos em 2D ainda predominam no mercado de trabalho e caso haja alterações há a necessidade de mudanças em todos os documentos complementares. Mas com a utilização do BIM, as alterações em um documento, será refletida em todos os outros.

As falhas de projetos podem levar a outras patologias (Figura 1) ao empreendimento, levando a perda de eficiência e prejuízos.

Figura 1: Causas de patologias de construções



Fonte: ECCIVIL, (2015).

De acordo com Jacoski e Lamberts (2002), seria essencial que os projetos tivessem todas as informações da construção junto a eles, com representações numéricas e gráficas, além da utilização de modelos virtuais.

1.1 Objetivos

1.1.1 Geral

Explorar as atividades necessárias para se obter conhecimento em compatibilização de projetos de edificações.

1.1.2 Específicos

- Conceituar o BIM como metodologia de projeto;
- Converter os projetos complementares da edificação em estudo para a linguagem BIM, através da ferramenta de informática;
- Compatibilizar e identificar as interferências de projetos;
- Apontar aspectos relevantes em comparação com trabalhos precedentes, com pontos fortes e fracos e a sugestão para novos trabalhos.

1.2 Justificativa

O tema abordado neste trabalho visa destacar importância e a utilidade das novas abordagens metodológicas de projeto para o setor da construção civil, como se observa com a utilização de ferramentas BIM na evolução na forma de realizações de projetos e da construção

Para Barison e Santos (2011), a utilização do BIM no mercado da arquitetura e construção civil exige uma mão de obra qualificada para a execução de projetos. Em um relato do professor da *California State University*, William Kymmell, há uma dificuldade para a implementação do BIM nas universidades, uma vez que se fazem necessário a compreensão e manejo das ferramentas, além da inserção e carência de professores que dominam essas tecnologias. No Brasil, as dificuldades são semelhantes, além da falta de recursos.

Caso as instituições de ensino limitem-se somente à formação profissional básica em BIM, acredita-se correr o risco do erro reducionista da difusão desse conceito (RUSCHEL; ANDRADE; MORAIS, 2013, p. 155).

As empresas ainda estão na fase inicial da implementação de BIM. Essas empresas desenvolvem com mais frequência modelos de arquitetura. Para desenvolver esses modelos foi preciso implantar algum tipo de treinamento, desenvolver ou adquirir materiais de apoio para a aprendizagem, e contratar consultoria para, então, desenvolver *templates* e bibliotecas de componentes. Como ainda não é muito frequente o desenvolvimento de modelos de instalações, as

empresas que desenvolvem modelos de arquitetura ainda não compartilham os seus modelos por falta de colaboradores. O que existe é um compartilhamento dos modelos apenas para fins de visualização e verificação de interferências, que é realizado e gerenciado pelo construtor (BARISON; SANTOS, 2011, p. 10).

A realização de projetos coordenados e consistentes é essencial para a execução de uma construção. Desta forma, este trabalho tem como objetivo a aplicação das ferramentas BIM para a realização dos projetos elétrico, hidráulico e estrutural para uma edificação de quatro pavimentos.

A viabilidade deste trabalho está assegurada visto que o pesquisador tem disponível um projeto arquitetônico para o desenvolvimento dos complementares e sua compatibilização, bem como tem disponível a ferramenta para tal, em sua versão educacional.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, serão expostos os dados expressivos encontrados na revisão bibliográfica deste trabalho.

2.1 O projeto

De acordo com Campestrini *et.al.* (2015) a palavra projeto na construção civil pode ser compreendida de diferentes maneiras, dependendo do momento e contexto. Sendo o resultado da ação e esforços para a definição do produto a ser entregue e conseqüentemente executado.

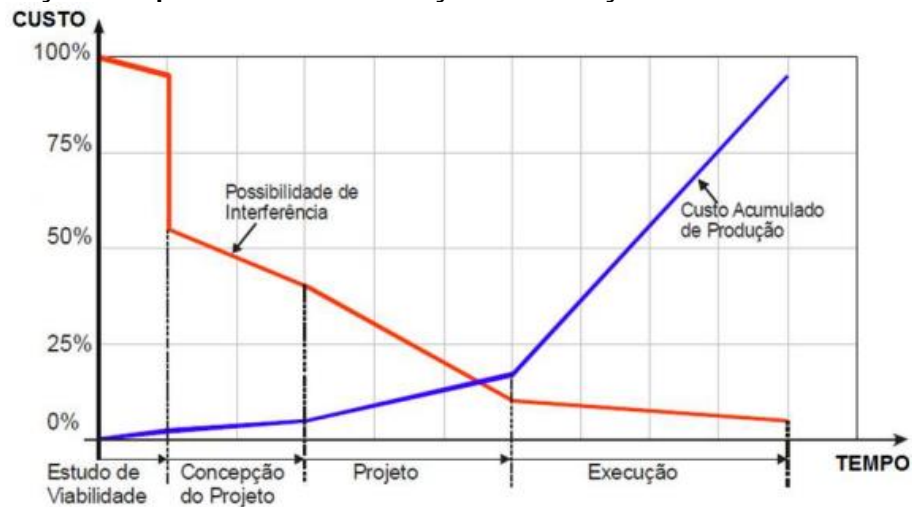
- O projeto como empreendimento: conclusão de pesquisas para a viabilidade de novas obras;
- Concepção dos projetos: elaboração de projetos nos quais sejam viáveis tecnicamente e economicamente;
- Projeto como desenhos: orientar as etapas de execução no canteiro de obras.

Para Monteiro *et al.* (2017) o prazo da obra pode ser afetado por diversos fatores, como: disponibilidade de materiais e equipamentos, clima, geologia e incompatibilidade de projeto. Para isso, deve-se focar na fase de elaboração de projetos, a fim de otimizar os processos. Atualmente, a tecnologia pode contribuir para interação de vários projetos existentes na obra.

Fabricio (2002) afirma que o projeto é um momento crucial para a nova obra, pois é nesse momento que estratégias precisam ser tomadas e elaboradas. Em relação aos gastos de execução, sem perder a qualidade do produto. Além disso, é preciso ter a avaliação e aprovação do cliente ou usuário.

Para Hammarlund e Josephson (1992), com o avanço das etapas da construção, menor é a possibilidade de interferência na redução de custos, portanto, as tomadas de decisões e modificações devem ocorrer nas fases iniciais da obra, podendo interferir significativamente no preço final.

Figura 2: Avanço do empreendimento em relação à diminuição do custo de falhas do edifício



Fonte: Melo, 2014

Para Helene (1992), as falhas podem ocorrer de um estudo preliminar, projeto e execução, resultando um maior custo e a insatisfação na utilização da obra. Por sua vez, os problemas patológicos podem vir de diferentes falhas como:

- Má estruturação do projeto;
- Detalhamentos construtivos errados ou ilegíveis;
- Especificações de materiais errados;
- Falta de padronização das simbologias;
- Falta de compatibilização entre as disciplinas (hidráulica e elétrica, por exemplo).

2.2 Compatibilização de projetos

Para Paiva (2016), a compatibilização tradicional de projetos é realizada através da sobreposição de projetos de diferentes disciplinas, seja ela feita de forma física ou digital. Sendo um processo completamente manual e dependendo da atenção, visualização de cada responsável, além de envolver profissionais de diferentes áreas. Muitas vezes se torna um processo ineficiente, resultando em várias incompatibilidades de projetos, só sendo percebidas na fase da execução de obras, resultando em custos extras, atrasos e retrabalhos.

O SEBRAE (2022), diz que a compatibilização de um projeto facilita o processo construtivo, pois os envolvidos poderão ter acesso às informações de forma clara.

Sendo assim, segundo Mikaldo (2006) a dependência de profissionais de áreas distintas, foi o principal motivo para a necessidade de coordenar os projetos.

Para Melhado (2005), como os projetos tradicionais são compostos por disciplinas diferentes, isso acarreta em um projeto final com pouca qualidade. Geralmente isso ocorre, pois os projetistas dão preferências a projetos específicos, na sua área de atuação e não se preocupam com os outros projetos dos outros profissionais e conseqüentemente ao resultado final. Além disso, quando o projeto é desvalorizado, conseqüentemente, as falhas de projetos aumentam e assim seguem para a execução de obras repletos de erros, resultando as patologias em edifícios.

A compatibilização de projetos pode ser compreendida como uma forma de interação dos diversos tipos de projetos da obra, tendo, como objetivo, identificar as interferências que possam existir na etapa de execução. A proposta é eliminar essas interferências entre os elementos construtivos ajustando cada projeto, a fim de diminuir o retrabalho, tempo e desperdício de material (MONTEIRO, et.al., 2017).

A compatibilização de projetos, ainda, é uma ferramenta para buscar uma execução eficiente e econômica, mas apesar disso ela ainda pode vir a enfrentar desafios. Com a corrida cada vez mais rápida das construções, os cronogramas e prazos estão sendo mais reduzidos, deixando a compatibilização de lado, por ser um processo de análise minucioso e lento (MONTEIRO *et al.* 2017, p. 57).

Para Avila (2011) o projeto arquitetônico, principalmente no estudo preliminar, é o ponto inicial para o processo de compatibilização. Nesse momento, há uma elevada flexibilidade e diversas possibilidades para o desenvolvimento de um projeto compatível com os projetos complementares. Além disso, com o avanço dos projetos, maior será o trabalho para as correções e compatibilização dos mesmos.

De acordo com Callegari (2007) a compatibilização permite um retorno de informações das etapas, possibilitando a correção e soluções para a elaboração de projetos futuros. Desta maneira, as incompatibilidades entre projetos permitem adequações na elaboração de projetos e podem facilitar as etapas construtivas.

Com a verificação física, dimensional e sistêmica dos projetos, reduzem-se substancialmente as falhas e surpresas durante a execução do empreendimento,

umentando sua construtibilidade, sem improvisações ou interrupções durante a obra (Avila, 2011).

2.3 Engenharia Simultânea

A engenharia simultânea desponta em empresas que lideram a utilização do desenvolvimento de produtos e os valores na capacidade e rapidez em projetar e suprir novas carências mercadológicas perpassa por este novo paradigma. Assim, este tipo de engenharia se destaca na valorização do projeto e das primeiras etapas desde a concepção do produto com fulcro na eficiência do processo produtivo e na qualidade (SILVA, 2021).

Sua origem foi na segunda metade da década de oitenta, denominada de “*Concurrent Engineering*” e foi proposta pelo IDA (*Institute for Defense Analysis*). Tem como objetivo principal a redução do tempo de produção de bens na indústria, podendo ser inserida em diferentes áreas (FABRICIO, 2002).

Para Fabricio (2002), diferente dos projetos tradicionais, a engenharia simultânea deve haver uma integração entre todos os envolvidos, resultando assim, melhores resultados ao produto final.

Portanto, Melhado *et.al.* (2005), afirmam que o responsável, coordenador de projetos, deve possuir um amplo conhecimento das áreas envolvidas, tendo uma ampla visão da execução do empreendimento, elevada capacidade de gerenciar o processo e integrar os profissionais em suas respectivas atividades. Além disso, é de extrema importância que o coordenador de projeto tenha competência gerencial, liderança e trabalho em equipe. A engenharia simultânea busca antecipar e contornar possíveis problemas, geralmente por meio de reuniões entre os responsáveis de cada área envolvida.

Petrucci (2003) afirma que existem dois pontos chaves para a engenharia simultânea:

- As alterações necessárias devem ser realizadas o mais rápido possível, além de ser o mais vantajoso economicamente;
- As etapas do projeto devem ser elaboradas paralelamente.

2.4 Engenharia Sustentável

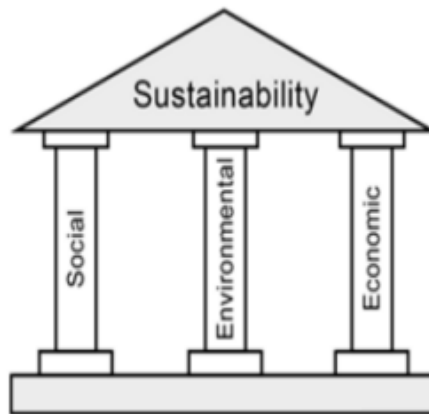
Para Eastman *et.al.* (2008), a metodologia BIM pode ajudar na execução de projetos sustentáveis. É possível aplicar o BIM na forma e no sistema funcional do projeto, simulando a orientação solar, iluminação e ventilação, natural ou artificial, captação e reutilização de águas pluviais, captação de energia solar. Através da compatibilização de projetos, pode-se obter o modelo virtual em diversas situações, utilizando *softwares* específicos.

Segundo Mikhailova (2004) o âmbito do desenvolvimento sustentável teve seu início na conferência de Estocolmo em 1972, no qual foi destacado a importância de reaprender a conviver com o planeta. Contudo, só passou a ter um papel de questões política ambiental depois da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio-92). Após a Rio-92, a Organização das Nações Unidas, através do relatório *Nosso Futuro Comum*, publicado pela Comissão Mundial para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento em 1987, elaborou o seguinte conceito “Desenvolvimento sustentável é aquele que busca as necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender suas próprias necessidades.”

O autor ainda defende que o desenvolvimento sustentável requer ações diferentes em cada parte do mundo. Para isso, é necessário se basear em três pilares chaves: Crescimento e equidade Econômica, Conservação de Recursos Naturais e do Meio Ambiente e Desenvolvimento Social.

A enquete *Commission of German Bundestag on the Protection of Humanity and the Environment* (1994) sublinha que “sustentabilidade é um conceito de um desenvolvimento perdurável de todos os aspetos económicos, ecológicos e sociais da existência humana. Estes três pilares da sustentabilidade são interdependentes e solicitam coordenação equilibrada”. Acrescenta ainda que a sustentabilidade de uma sociedade está suportada pelo equilíbrio dos “Três Pilares da Sustentabilidade” (Figura 3).

Figura 3: Os três pilares da sustentabilidade



Fonte: Martins, 2018.

O BIM pode abranger todo o ciclo de vida dos edifícios, baseado em um modelo 3D inteligente que tem integrado objetos paramétricos. Permite a possibilidade de identificar e corrigir colisões, interferências, erros na fase de projeto e obter de forma imediata quantidades, pormenores, cortes, vistas, alçados, características dos materiais e custos na sua fase de construção (MARTINS, 2018, p.21).

Figura 4: BIM: o que você precisa saber sobre essa ferramenta



Fonte: Engenharia 360 (2021).

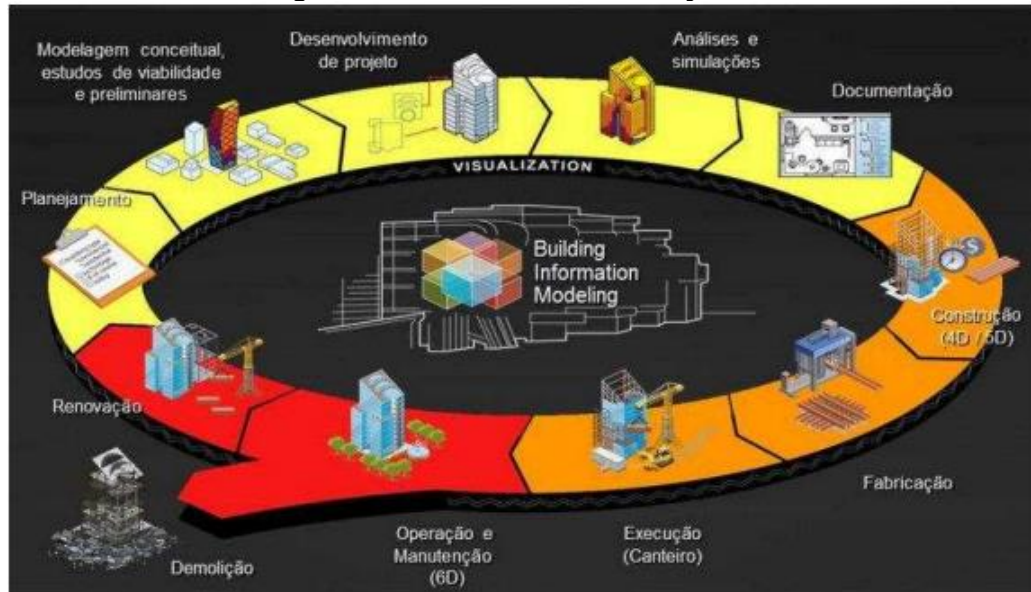
2.5 BIM – *Building Information Modeling*

De acordo com Monteiro *et. al.* (2017), com a necessidade de novas ferramentas de compatibilização de projeto, a criação do BIM apresenta uma significativa importância na criação e avaliação dos projetos, além de permitir a resolução de diversos problemas na construção civil. Além disso, a plataforma BIM permite a interação de diversos projetos, é possível analisá-los tridimensionalmente, de modo que não haja elementos ocupando o mesmo espaço. Desta maneira, é possível visualizar uma diferença em relação ao AutoCad, no qual a elaboração de projetos é apenas em 2D, sendo representações de linhas.

Pata Tobin (2008), o BIM é dividido em três gerações, BIM 1.0, 2.0 e 3.0. A primeira geração basicamente encaixa-se na substituição dos projetos em 2D, desenvolvidos em programas CAD, por projetos em 3D parametrizados. Além disso, nessa etapa, os modelos estão restritos ao projetista, sendo individualizado, sem a colaboração de profissionais de outras áreas. Já a segunda geração, os modelos são expandidos a vários usuários. Com isso, há uma divisão do projeto em diferentes disciplinas, arquitetura, hidráulica, estrutural e elétrica, por exemplo. Contudo, quando forem inseridas informações de tempo da construção, a tecnologia recebe o nome de BIM 4D, para informações de custos BIM 5D e para outras informações BIM nD. Porém, caso essas informações sejam inseridas por apenas um usuário, considera-se BIM de primeira geração.

A Figura 5 mostra a presença do BIM em todo o ciclo de vida da edificação. Em amarelo pode-se observar a macro – fase de projeto: planejamento, modelagem conceitual (estudos de viabilidade e preliminares), desenvolvimento de projetos, simulações e análises e a documentação do empreendimento. Em laranja destaca-se a fase de construção, junção do tempo e dos custos (4D e 5D), que são os cronogramas físicos financeiros e orçamentos, observa-se também a fabricação dos materiais e a execução da obra (serviços e mão de obra). Por último, em vermelho, percebe-se a operação e manutenção (6D), e o reinício do ciclo, com a demolição e a renovação. De acordo com estudos norte-americanos, num período de 20 anos, a fase de projeto corresponde aproximadamente 5% dos custos do empreendimento, a fase de construção cerca de 25% e a operação e manutenção entorno de 70%. (MELLO, 2012, p. 60, apud MELO, 2014).

Figura 5: Ciclo de vida da edificação



Fonte: Mello, 2012

AIA – *American Institute of Architects* (2007), em 2007 a próxima dimensão que irá surgir é a modelagem 7D, no qual, seria responsável por melhorar o ciclo de vida operacional. Entretanto, nos dias de hoje, temos o 10D, responsável pela Industrialização da construção.

2.6 Software de Modelação BIM

Antunes (2013) afirma que a escolha de um *software* para a modelação não é simples, é necessário determinar a área de atuação, concepção de projetos, orçamentos ou gerenciamento de obra. Isso ocorre, pois o BIM oferece inúmeras possibilidades de implantação, não sendo único a cada empresa. Após definir o que é mais importante para a empresa, adota-se um software, ou conjunto de softwares. Com isso, deve-se ter em mente que será necessário tempo e esforço para obter conhecimento e manusear a ferramenta, para então, ter uma economia de tempo e resultados benéficos em todo o projeto e construção.

Os sistemas BIM adotam modelos paramétricos dos elementos construtivos de uma edificação e permitem o desenvolvimento de alterações dinâmicas no modelo gráfico, que refletem em todas as pranchas de desenho

associadas, bem como nas tabelas de orçamento e especificações (COELHO e NOVAES, 2008, p.3).

Os softwares BIM podem ser divididos em dois grupos: Modelação e Gestão BIM. O primeiro grupo é responsável pela modelagem da construção, seja arquitetura, estrutura ou instalações, sendo um dos mais utilizados o Autodesk Revit. O segundo grupo é responsável por reunir as informações geradas pelo modelo BIM dos softwares do primeiro grupo e, então, fornece análise de gestão da construção, como orçamento, quantitativos de matérias, planeamento do tempo, como o Autodesk Navisworks (MONTEIRO, *et.al.*, 2017, p.59).

De acordo com Sena (2012) a detecção de interferências ou *clash detection*, apesar de ser um modelo único que possui informações de todos os componentes e pode ser realizado por diferentes ferramentas, há a necessidade de interoperabilidade entre os *softwares*.

Para Ferreira (2007), a ferramenta BIM vai além da modelagem de um produto, pode englobar aspectos relativos da edificação, como os processos e documentos. Além disso, a utilização do sistema BIM por um escritório de projetos, altera o modo convencional de elaboração de projetos, trazendo benefícios:

- Maior produtividade;
- Maior qualidade nas apresentações gráficas;
- Apoio de dados dinâmicos, favorecendo a fase de concepção.

2.7 Autodesk - Revit

O Autodesk Revit pode ser considerado um dos principais softwares BIM do mercado, sendo o mais popular entre as demais ferramentas BIM. O software fornece recursos para todas as especialidades envolvidas em um projeto (MONTEIRO *et. al.*, 2017, p. 59).

O sistema Revit, desenvolvido pela Autodesk, oferece suporte à colaboração multiusuário, utilizando o recurso *Worksharing*, que permite acesso simultâneo a um modelo do edifício compartilhado entre vários usuários. A solução exige a adoção do software Revit por todos os profissionais envolvidos no desenvolvimento dos projetos, os quais são elaborados localmente no sistema do usuário e disponibilizado no modelo compartilhado (COELHO e NOVAES, 2008, p.4).

Para Jiang (2011), o Revit era conhecido como uma ferramenta voltada para a arquitetura, Revit *Architecture*. Entretanto, sua utilização foi ganhando mais espaço no universo BIM, e com os anos, novas atualizações chegaram ao mercado. Atualmente é possível realizar projetos estruturais e de instalações, utilizando o *Revit Structures* e *Revit MEP*, respectivamente.

Segundo Gil, (2011), as informações do Revit podem ser visualizadas em vistas 2D, 3D e tabelas. Com as tabelas, é possível visualizar e modificar informações das propriedades dos elementos, composição de materiais e quantidades de matérias.

Cada elemento tem suas propriedades paramétricas fixas, onde o usuário pode somente modificar valores. Alguns têm fórmulas embutidas que remetem a um comportamento do objeto modelado, desta forma podemos dizer que são inteligentes, porque agem em resposta ao que o usuário definiu em seus parâmetros (CRESPO e RUSCHEL, 2007, p.6).

A modelagem do Edifício Virtual, um único modelo é compartilhado, em ambiente de rede extranet, pelos colaboradores. Cada profissional trabalha no seu ambiente de trabalho local e atualiza de modo assíncrono o banco de dados central (servidor). As mudanças são sinalizadas aos outros participantes que devem analisar e permitir as alterações. Somente as versões “Legais”, isto é, com concessão do grupo, atualiza o banco de dados central. Assim sendo, podemos concluir que este processo passa por um momento de validação do grupo, portanto reduz problemas de compatibilização de projetos arquitetônico e disciplinas complementares (ROSENMAN *et al*, 2007 *apud* CRESPO e RUSCHEL, 2007).

2.8 NBR – Normas Brasileiras da ABNT

As Normas Técnicas, emitidas pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, são utilizadas para estabelecer um padrão de qualidade para todas as etapas da construção civil. Ajudam na diminuição de falhas no processo construtivo, e a redução dos acidentes de trabalhos. Além de reduzir danos ao meio ambiente e prejuízos.

Para a elaboração deste trabalho, será necessário seguir algumas NBRs, como:

NBR ISO 12006-2:2010 Construção de edificação – organização da informação da construção Parte 2: Estrutura para classificação de informação.

- NBR 15965-1:2011 Sistema de classificação da informação da construção Parte 1: Terminologia e estrutura.
- NBR 15965-2:2011 Sistema de classificação da informação da construção Parte 2: Características dos objetos da construção.
- NBR 15965-2:2011 Sistema de classificação da informação da construção Parte 3: Processos da construção da construção.
- NBR 15965-2:2011 Sistema de classificação da informação da construção Parte 4: Recursos da construção.
- NBR15965-2:2011 Sistema de classificação da informação da construção Parte 5: Resultados da construção.
- NBR 15965-2:2011: Sistema de classificação da informação da construção Parte 6: Unidades de espaço da construção.
- NBR15965-2:2011 Sistema de classificação da informação da construção Parte 7: Implantação da construção.
- NBR 16636 – 2 Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos.
- NBR 5626 – Instalações predial de água fria.
- NBR 7198 – Projeto e execução de instalações prediais de água quente.
- NBR 8160 – Sistemas prediais de esgoto sanitário – projeto e execução.
- NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto – procedimento.

2.9 Estudo de Casos

De acordo com Silva (2013), para um bom estudo de caso, se faz necessário uma aplicabilidade das regras propostas, realizando excelentes modelos tridimensionais e respeitando as recomendações propostas.

Para Sena (2012), antes da elaboração e conversão dos projetos 2D em projetos 3D, é preciso realizar um levantamento e revisão das principais falhas e interferências que o projeto de uma edificação possa ter. Ou seja, é preciso analisar o projeto para que somente as informações importantes sejam estudadas. Sendo assim, essa atividade requer um bom conhecimento das relações que os projetos possam ter e também das interferências de projetos, sendo ela maleável ou prejudicial.

Paiva (2014) aponta que a etapa mais crítica, com maiores índices de interferências e com maior oportunidade de otimização é a etapa de compatibilização de projetos. Porém, é uma etapa que apresenta enormes dificuldades de elaboração, pois existe uma falta de comunicação e organização entre os envolvidos, empresas, projetistas e responsáveis pela compatibilização. Desta forma, existe impasses na alteração de projetos, após serem localizados pelos responsáveis da compatibilização.

3 METODOLOGIA

3.1 Classificação da pesquisa

A metodologia deste trabalho visa um estudo de caso de um empreendimento de quatro pavimentos e seguindo as afirmações de Gil (2002), o estudo de caso proporciona uma visão global de um problema e pode contribuir para localizar os possíveis fatores que levaram a ele. Além disso, Gil alega que o estudo de caso demanda muito tempo, porém com a utilização de outros métodos e estudos, esse tempo pode diminuir.

Os objetivos deste trabalho seguem um caráter exploratório. Para Selltiz *et al.* (1967 apud GIL 2002), o objetivo principal de um trabalho exploratório é fornecer uma maior familiaridade com o problema, deixando - o mais explícito e fornecendo hipóteses. A pesquisa exploratória possibilita o aprimoramento de ideias e permite um planejamento flexível. Desta forma, essas pesquisas envolvem o levantamento bibliográfico e a análise de exemplos.

Após o levantamento bibliográfico, foi possível selecionar qual ferramenta será utilizada. A elaboração deste trabalho seguirá pelo treinamento das metodologias BIM e o *software* utilizado para a conversão dos projetos será o Autodesk Revit 2021.

No entanto, a natureza deste trabalho pode ser definida como pesquisa aplicada. Para Thiollent (2009 *apud* Fleury e Werlang, 2017) a pesquisa aplicada está voltada para a elaboração de diagnóstico, busca e soluções dos problemas.

Após a compreensão das ferramentas BIM, foi realizado a comparação dos projetos em 2D em relação aos projetos em BIM. Desta forma, tem uma abordagem qualitativa. De acordo com Gil (2002) a análise qualitativa depende de fatores como a natureza dos dados coletados, o tamanho da amostra, os instrumentos de pesquisas e os fundamentos teóricos que norteiam a investigação. Portanto, pode – se dizer que a análise qualitativa é uma sequência de tarefas que classificam os dados e permite uma melhor interpretação deles.

Contudo, este trabalho apontará sugestões para novos trabalhos de pesquisa de curso, os quais serão utilizadas as ferramentas BIM.

4 RESULTADOS

O estudo de caso deste trabalho tem como objetivo o treinamento das ferramentas BIM e a conversão dos projetos em AutoCAD 2D para Revit 3D, ambos *softwares* da plataforma Autodesk. Através disso, podemos identificar os benefícios das ferramentas BIM para a compatibilização de projetos, que será realizada com o *software* Navisworks, também da Autodesk. Portanto, com a compatibilização dos projetos, será possível observar as incompatibilidades entre os elementos estruturais e as instalações hidrossanitárias.

O edifício (Figura 6) em estudo está localizado na cidade de Pato Branco, Paraná. Situado na Rua Domingos Matos esquina com a Rua Antônio Ascari, denominado Condômino Cristo Rei.

É composto por 4 pavimentos. O pavimento do subsolo é uma sala comercial com uma copa e dois banheiros. E os demais pavimentos de apartamentos compostos por sala, cozinha, lavanderia, banheiros, sacada e podendo ser de 2 ou 3 dormitórios. Totalizando 6 apartamentos por andar, sendo 4 apartamentos de 2 dormitórios e 2 com 3 dormitórios.

Figura 6: Edificação em estudo



Fonte: Autoria Própria

Sendo assim, optou-se por desenvolver o projeto 3D e a compatibilização de apenas uma parte do edifício. A parte em questão engloba o pavimento do subsolo (n40) e os pavimentos superiores, apartamentos (n320, n600 e n880) e a cobertura (n1160). Desta maneira, há maiores chances de incompatibilizações entre elementos estruturais (vigas e pilares) com as instalações hidrossanitárias.

Os projetos em 2D em geral, são projetos mais simplificados e omitem algumas informações. Geralmente isso ocorre para tornar os projetos mais legíveis em plantas, cortes e elevações, mas por outro lado, omitem as incompatibilidades entre projetos. Sendo assim, a conversão destes projetos em 2D para 3D apresenta algumas dificuldades, pois há a necessidade de criar e imaginar o espaço mentalmente, sendo mais fácil o erro humano.

Por isso, houve a necessidade de seguir alguns passos até a compatibilização final.

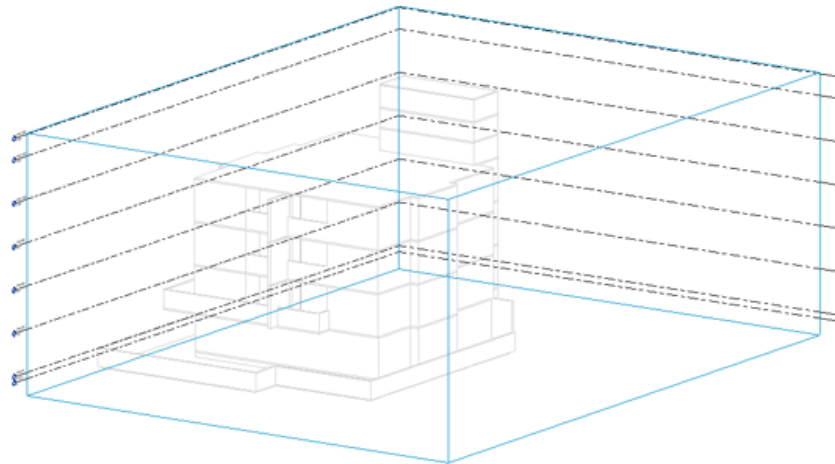
4.1 Projeto Hidrossanitário

Para a realização dos projetos hidrossanitário (esgoto) e de abastecimento de água fria, foram utilizados os projetos fornecidos em AutoCAD 2D. Os projetos foram convertidos para 3D, utilizando o software Revit. Desta forma, foi necessário a criação e a configuração de um arquivo apropriado (.rvt).

Inicialmente foi preciso adicionar um *template* para projeto hidráulico, contendo alguns elementos que serão utilizados posteriormente com a execução do projeto, como por exemplo: tubulações e conexões.

Para facilitar a elaboração do projeto hidrossanitário, foi necessário criar um projeto arquitetônico da edificação em estudo, contendo informações de níveis, paredes e limites da edificação. Em seguida, este projeto foi inserido como vínculo no arquivo do projeto hidrossanitário, como mostra a Figura 7. Esse método é realizado para diminuir a demanda e o processamento exigido pelo *software*, tornando assim o arquivo mais leve.

Figura 7: Arquivo Hidrossanitário



Fonte: Autoria Própria

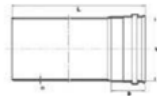
O próximo passo é configurar as dimensões das tubulações, conexões e componentes hidráulicos. As dimensões das tubulações são configuradas a partir das especificações dos manuais disponibilizados pela empresa fornecedora da tubulação, no caso, foi utilizado o catálogo Tigre, sendo feitas para as tubulações de esgoto quanto para as de abastecimento.

Nas figuras 8 e 9 é possível observar as dimensões em catálogo e configuradas no Revit, respectivamente.

Figura 8: Catálogo Tigre

Itens da Linha Esgoto Série Normal

Tubo Série Normal 3 Metros



Cotas	DIMENSÕES (mm)				
	40	50	75	100	150
B	26	42	48	55	73
D	40	50,7	75,5	101,6	150
e	1,2	1,6	1,7	1,8	2,5
L	3000	3000	3000	3000	3000
Código	11140408	11030505	11030750	11031005	11031536

Fonte: Catalogo Tigre, (2023)

Figura 9: Tubulações configuradas no Revit

Nominal	ID	OD	Usado em listas de tamanhos
40.000 mm	37.600 mm	40.000 mm	<input checked="" type="checkbox"/>
50.000 mm	46.800 mm	50.000 mm	<input checked="" type="checkbox"/>
75.000 mm	71.600 mm	75.000 mm	<input checked="" type="checkbox"/>
100.000 mm	96.400 mm	100.000 mm	<input checked="" type="checkbox"/>
150.000 mm	145.000 mm	150.000 mm	<input checked="" type="checkbox"/>

Fonte: Autoria Própria

O mesmo procedimento é realizado para as conexões hidráulicas - (Figura

10.)

Figura 10: Conexões configuradas no Revit

Tipo de tubulação: Tubo de Esgoto Série 1 - Tigre

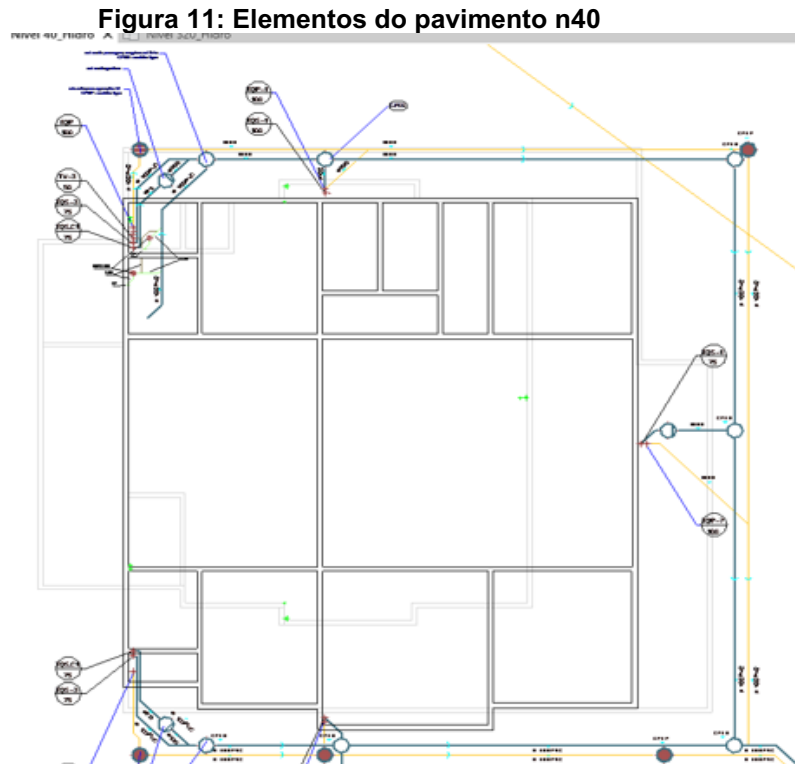
Segmentos e tamanhos... Carregar família...

	Conteúdo	Tamanho mín.	Tamanho máx.
Segmento de tubulação			
	PVC Esgoto Serie N - 5S	40.000 mm	150.000 mm
Cotovelo			
	Joelho 45_90 - Serie Normal - Esgoto - MEP - Tigre: Standard	Todos	
Tipo preferido de conexão			
	Té	Todos	
Junção			
	Te - Serie Normal - Esgoto - MEP - Tigre: Standard	Todos	
Cruzeta			
	Cruzeta - Serie Normal - Esgoto - MEP - Tigre: Standard	Todos	
Transição			
	Bucha de Reducao Longa - Serie Normal - Esgoto - MEP - Tigre: S	Todos	
União			
	União - Soldada - CU: Padrão	Todos	
Flange			
	Nenhum	Nenhum	
Cobertura			
	Plugue - Soldado - CU: Padrão	Todos	

Ok Cancelar

Fonte: Autoria Própria

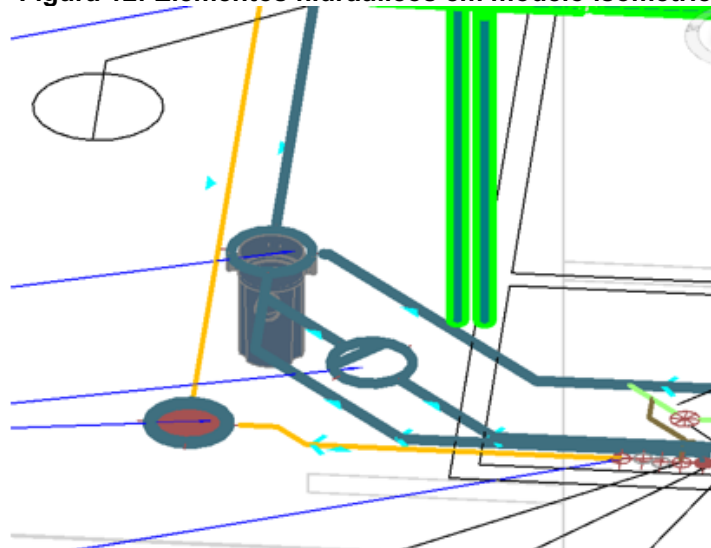
Com o *template* configurado, foi inserido o projeto hidrossanitário 2D, de modo a proporcionar uma melhor exatidão no posicionamento das tubulações. Na figura 11, é possível observar o projeto hidrossanitário, os elementos arquitetônicos (paredes) e as delimitações das tubulações.



Fonte: Autoria Própria

Além das tubulações, foi preciso inserir as peças hidráulicas necessárias. Para essa etapa, são introduzidos novos componentes dentro do Revit. A Figura 12 ilustra, em modelo isométrico, a locação da caixa de gordura seguindo o posicionamento descrito no projeto em CAD.

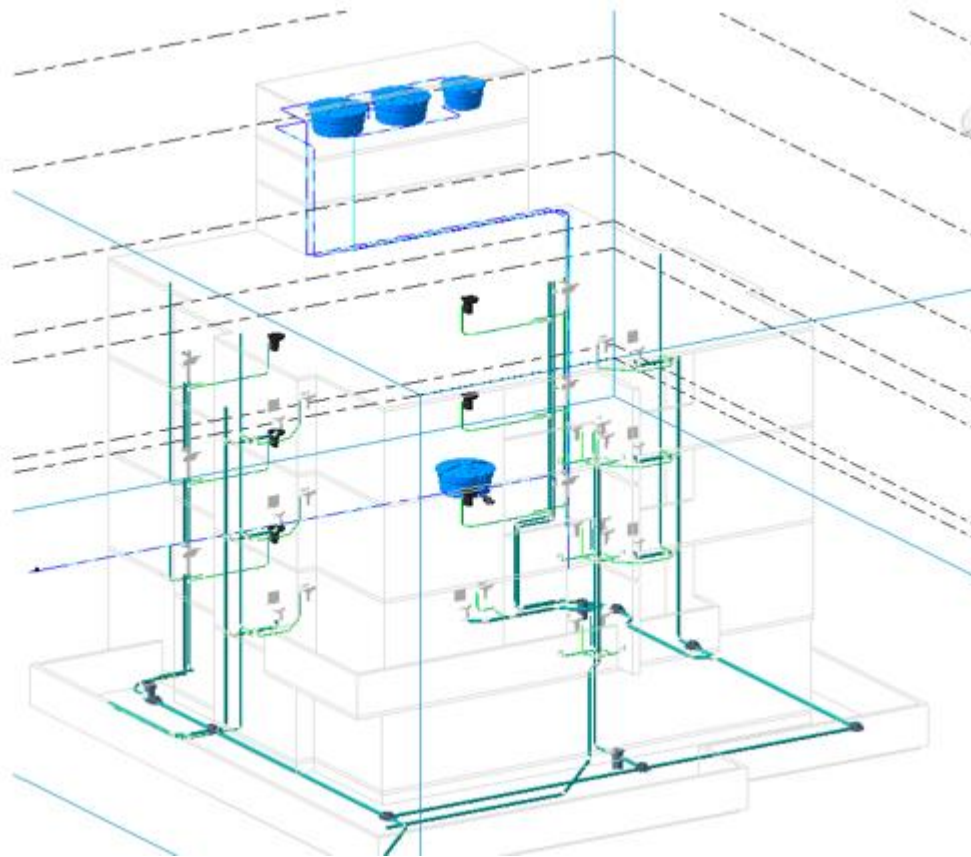
Figura 12: Elementos hidráulicos em modelo isométrico



Fonte: Autoria Própria

Após a repetição desses passos para os níveis seguintes, obtém-se o resultado final, como mostra a Figura 13.

Figura 13: Projeto hidrossanitário em perspectiva isométrica



Fonte: Autoria Própria

Contudo, o projeto disponibilizado para a compatibilização, apresenta todas as ligações sanitárias necessárias, porém o mesmo não acontece com o sistema de abastecimento de água fria nos pontos de consumo, onde existe apenas as ligações de tubos de queda quem saem das unidades de armazenamento, três caixas d'água, sendo duas para os pontos residenciais e uma para a unidade comercial e as tubulações e equipamentos de calque necessários para o abastecimento dessas unidades.

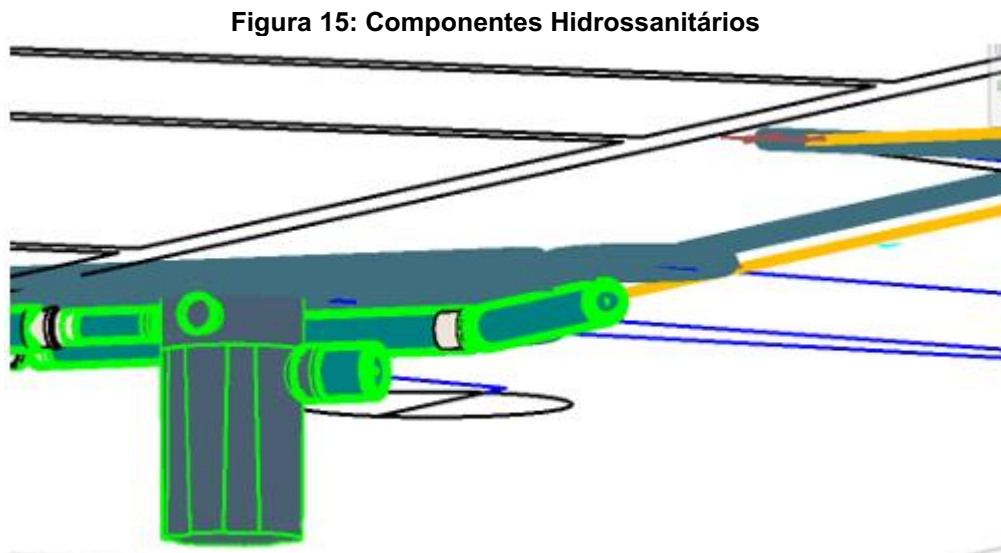
4.1.1 Erros no Projeto Hidrossanitário

No projeto original em CAD 2D, os equipamentos, como as caixas de gordura são apenas representadas em planta, e mesmo possuindo dimensões semelhantes

às reais, não possuem informações referentes aos níveis de instalação. A omissão de algumas informações dificulta a conversão dos projetos com exatidão, resultando em incompatibilidades em relação ao desnível de tubulações de entrada e saída, como representado nas Figuras 14 e 15. Desta forma, é possível observar que no projeto original há uma ligação de tubulações que não estão na mesma cota geométrica, portanto, novos traçados foram executados, de forma a regularizar as ligações das tubulações.



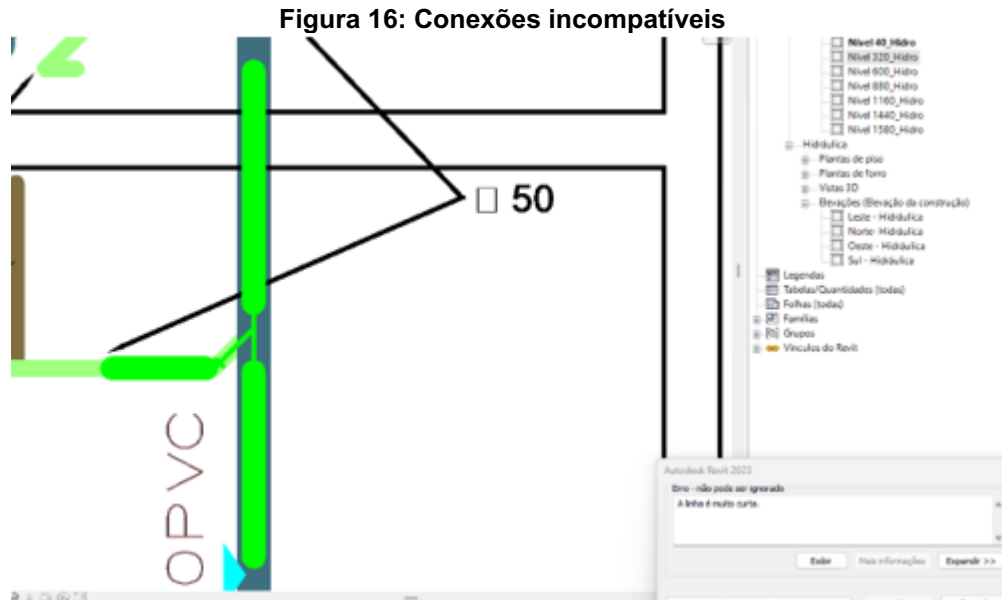
Fonte: Autoria Própria



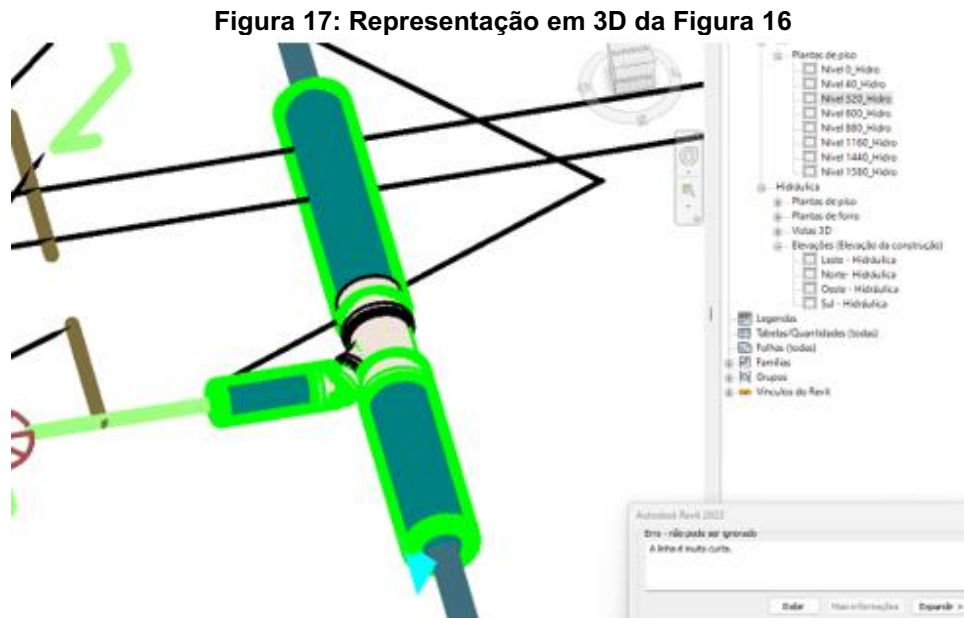
Fonte: Autoria Própria

O segundo erro, ocorreu devido à falta de informações em projetos em 2D. O projeto em CAD utilizado, não especificava o tipo de conexão que deveria ser utilizada, como, joelhos de 90 e 45°, junções simples, Tês, entre outros. Resultando em erros

ilustrados na Figura 16 e 17, onde foi necessário a mudança de direção e a utilização de uma curva de 45°, sendo assim, o prolongamento da mesma caba colidindo com uma junção em Tê. Desta forma, este conflito demanda uma mudança de direção e eventuais peças extras.



Fonte: Autoria Própria

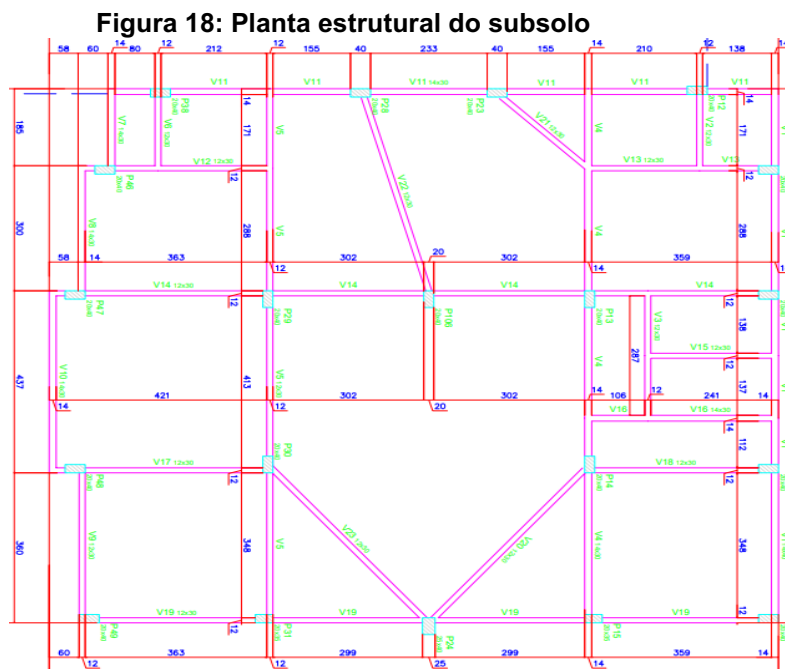


Fonte: Autoria Própria

4.2 Projeto Estrutural

Para elaboração do projeto estrutural, foi necessário a criação e configuração de um novo arquivo no Revit, sendo ele um arquivo estrutura (.rvt). Além disso, foram adicionados os níveis, n40 loja no subsolo; n320, n600 e n880 nos pavimentos de apartamentos e n1160 na cobertura. Junto ao nível n40 foi adicionada a planta estrutural e para facilitar a execução do projeto estrutural, adicionou-se um *template* estrutural, contendo vigas, pilares e blocos de coroamento. Desta forma, foi preciso configurar as respectivas dimensões, de modo que respeitassem as informações contidas no projeto estrutural.

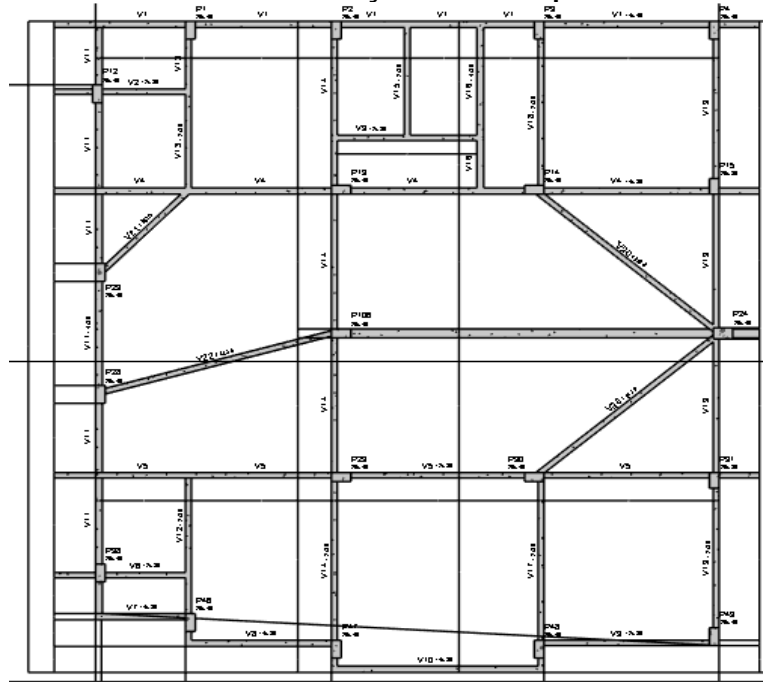
A utilização da planta estrutural em 2D, permite uma melhor exatidão na hora de lançar os elementos estruturais.



Fonte: Projeto fornecido

Sendo assim, iniciou-se o lançamento das vigas baldrame e pilares da loja, localizada no subsolo. Respeitando as respectivas dimensões.

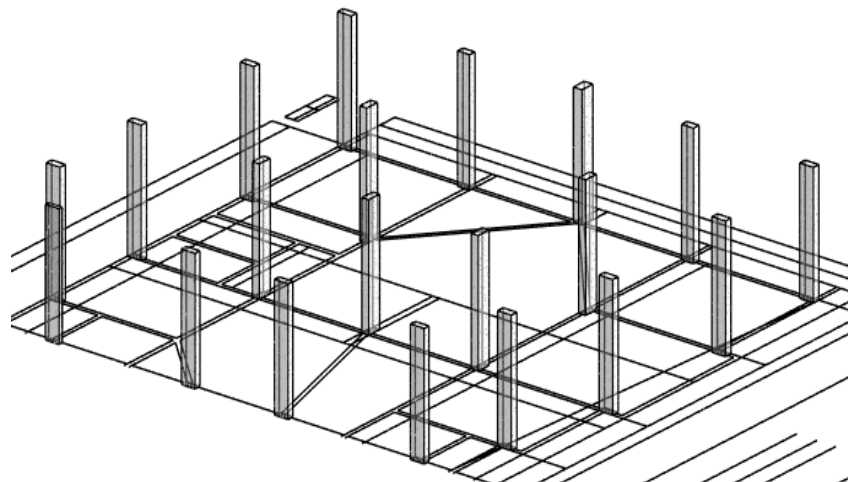
Figura 19: Elementos estruturais lançados sobre a planta estrutural



Fonte: Autoria Própria

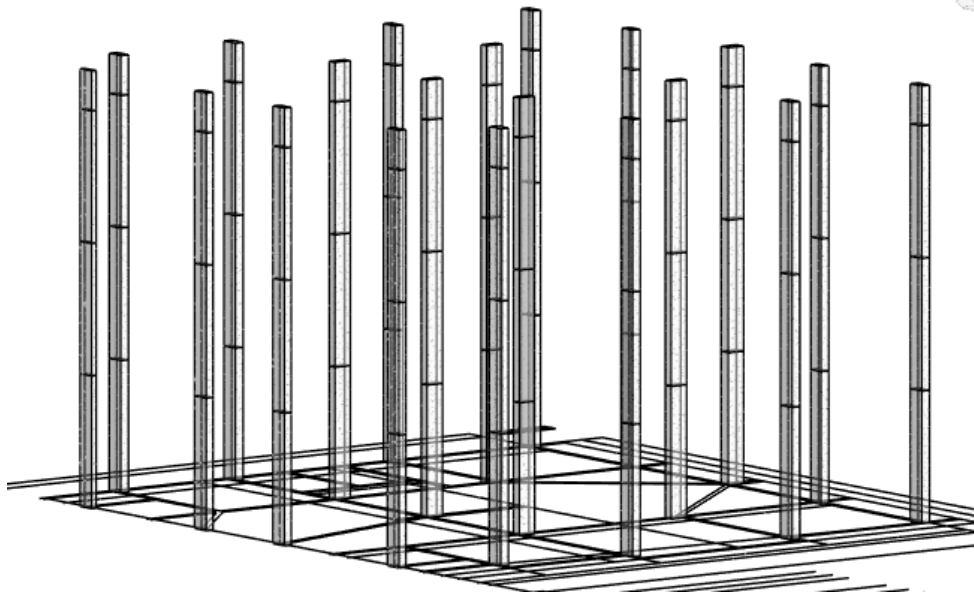
Após a finalização do pavimento n40 (Figura 20), iniciou-se o mesmo processo para os pavimentos seguintes. Por se tratar de um prédio residencial, alguns elementos estruturais seguiram a mesma prumada, alterando apenas suas dimensões, entretanto, foi necessário fazer a conferência de cada pilar do pavimento. Sendo assim, foi possível copiar e colar os pilares nos próximos níveis, n320, n600, n880 e n1160, respeitando suas dimensões. Para isso, foi necessário deixá-los exatamente alinhados com o pavimento inferior (Figura 21).

Figura 20: Pilares lançados no pavimento n40



Fonte: Autoria Própria

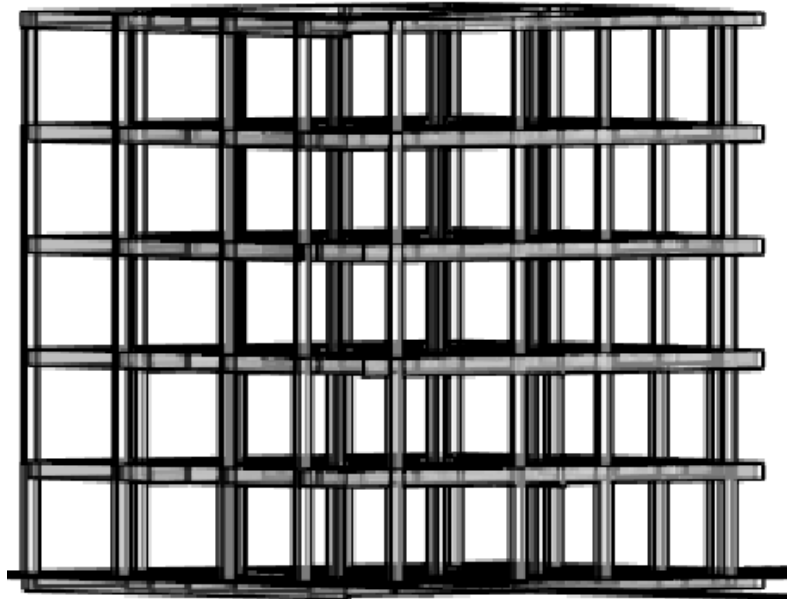
Figura 21: Pilares lançados nos pavimentos seguintes



Fonte: Autoria Própria

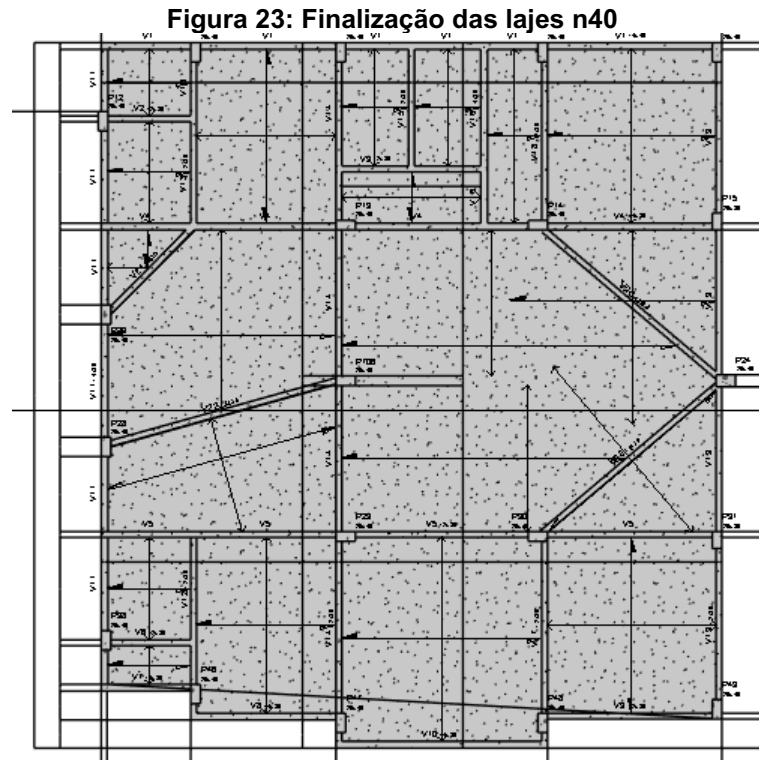
Como já haviam sido locadas as vigas baldrame, o próximo passo foi locar as vigas dos pavimentos seguintes. Algumas vigas do n320 continuaram alinhadas, porém outras vigas precisaram ser excluídas e algumas adicionadas ao novo pavimento. Desta forma, foi repetido o mesmo processo para os níveis seguintes, até a cobertura (Figura 22).

Figura 22: Pilares e vigas lançados



Fonte: Autoria Própria

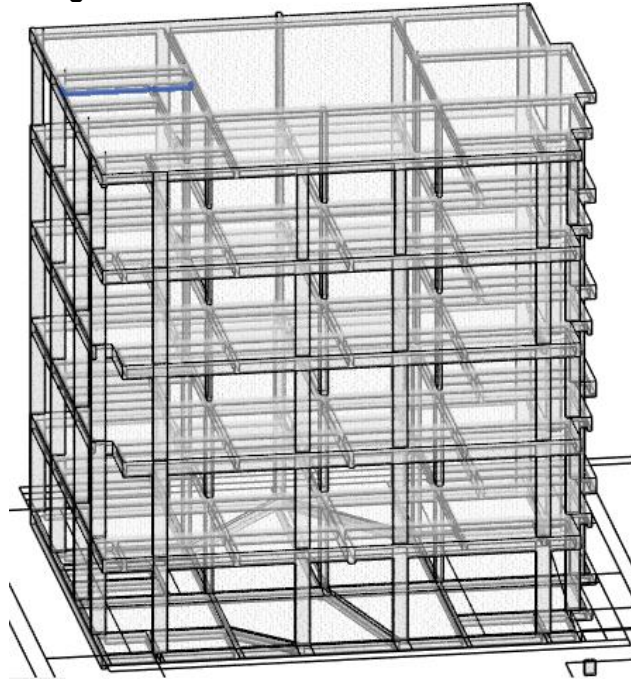
Para finalizar o estrutural de cada pavimento, foi preciso adicionar a laje, de forma que a mesma respeitasse os limites dos elementos estruturais. Como as dimensões dos pilares e vigas foram diminuindo a cada nível, foi preciso lançá-las de forma manual (Figura 23).



Fonte: Autoria Própria

Na figura 24, é possível observar os pilares, as vigas e lajes de cada pavimento.

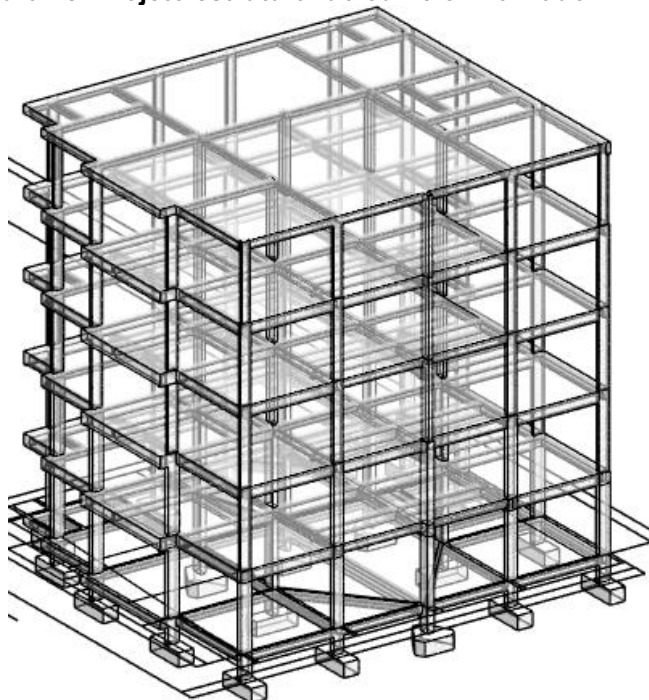
Figura 24: Elementos estruturais do edifício



Fonte: Autoria Própria

Por fim, foi preciso adicionar os elementos de fundação, blocos de coroamento, sendo eles para duas ou três estacas, respeitando suas dimensões e alinhamento com cada pilar da edificação. Desta maneira, o projeto estrutural está finalizado (Figura 25).

Figura 25: Projeto estrutural do edifício finalizado



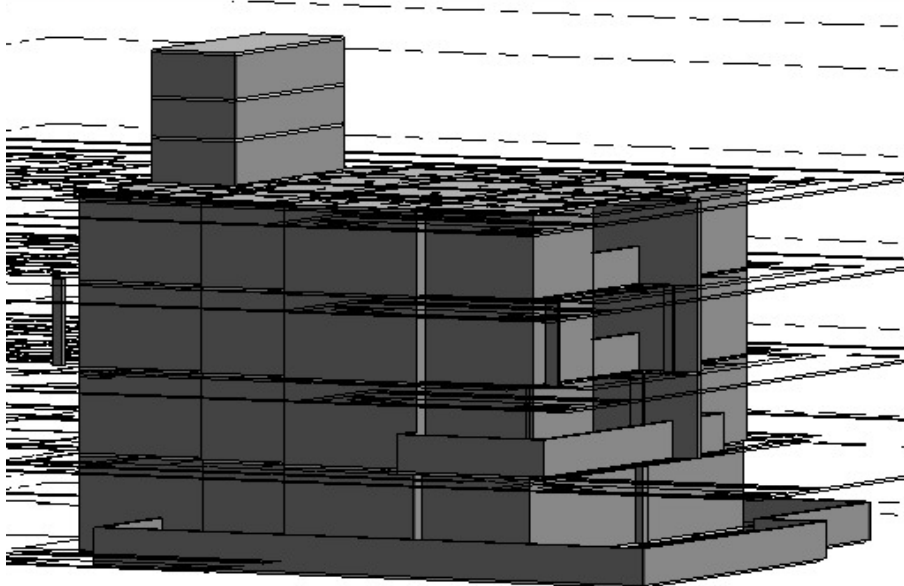
Fonte: Autoria Própria

4.2.1 Erros no Projeto Estrutural

Ao realizar a conversão dos projetos em CAD 2D para projetos em 3D, com o Revit, alguns erros de representação foram cometidos pela falta de familiaridade com o *software* e isto afetou diretamente o projeto estrutural.

Inicialmente, utilizou-se o mesmo arquivo arquitetônico utilizado no projeto hidrossanitário. Em seguida, foram colocadas as plantas baixas estruturais referentes a cada pavimento, como podemos observar na Figura 26.

Figura 26: Projeto estrutural do edifício finalizado

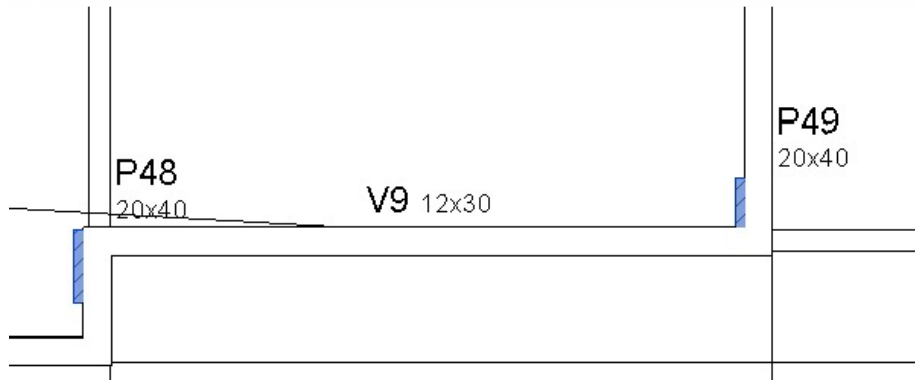


Fonte: Autoria Própria

O primeiro erro ocorreu na hora de realizar o alinhamento correto das plantas com o nível em questão e sendo assim, resultou em pilares desalinhados com os seguintes.

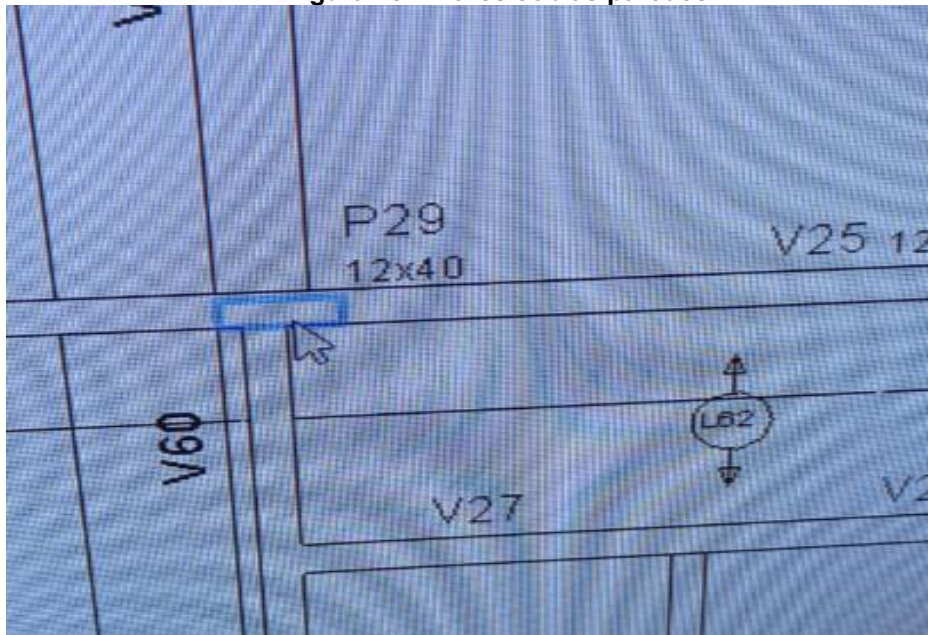
Outro problema enfrentado utilizando este método, ocorreu pelo fato que ao lançar os pilares sobre as paredes do projeto arquitetônico, os mesmos eram cortados (Figura 25). Quando isso ocorria, os pilares ficavam sob as paredes, dificultando a configuração das dimensões (Figura 28) e também não eram representados na vista 3D (Figura 29).

Figura 27: Pilares cortados



Fonte: Autoria Própria

Figura 28: Pilares sob as paredes

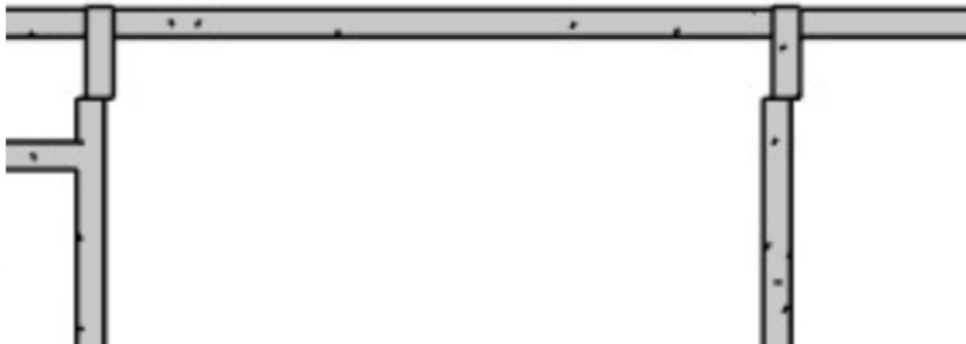


Fonte: Autoria Própria

Figura 29: Pilar não representado na vista 3D

Fonte: Autoria Própria

Como mencionado anteriormente, os pilares desalinhados poderiam resultar por dois motivos, o primeiro seria pelo mal alinhamento das plantas baixas estruturais, um erro. Já o segundo motivo poderia ocorrer devido a mudança das dimensões dos pilares, por isso, em projeto, é necessário realizar o alinhamento dos elementos estruturais.

Figura 30: Pilares desalinhados

Fonte: Autoria Própria

4.3 Compatibilização dos projetos

Para realizar a compatibilização dos projetos elaborados no Revit, é preciso que eles estejam em arquivos estruturais (.rvt), caso estejam em arquivos arquitetônicos (.rte), será preciso fazer a conversão para arquivos estruturais. Isso ocorre pois o programa Navisworks reconhece apenas os arquivos estruturais.

Com os arquivos configurados corretamente, foi necessário realizar uma revisão dos projetos hidrossanitários e estrutural, pois caso os projetos apresentem elementos desalinhados, resultará em mais incompatibilidades que o *software* Navisworks irá encontrar.

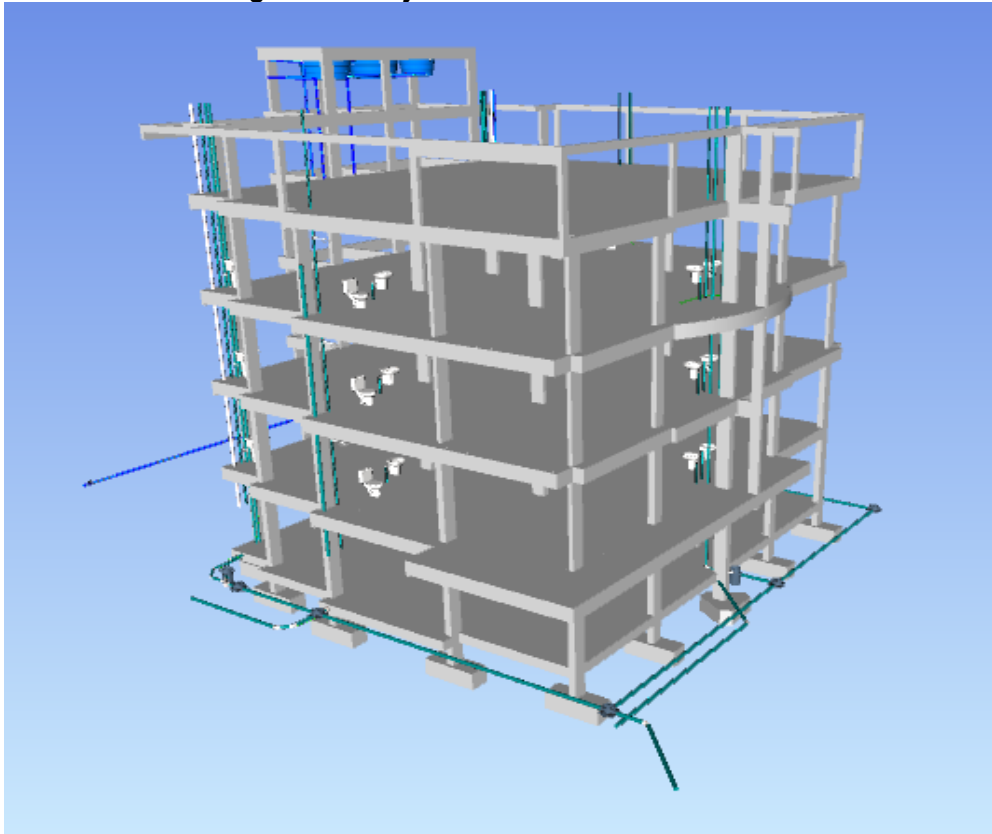
Além disso, é preciso que ambos os *softwares* estejam instalados de forma correta no computador. De modo que o Navisworks apareça como ferramentas externas no Revit. Desta forma, é realizada a exportação dos arquivos estrutural e hidrossanitário do Revit, para o Navisworks.

4.4 Processo de compatibilização no Navisworks

Ao abrir este *software*, é possível importar os arquivos dos projetos hidrossanitário e estrutural, que serão utilizados para a verificação das incompatibilidades. A verificação é feita de forma automática e o programa entrega ao usuário os conflitos detectados entre os elementos em projeto. Além disso, é necessário configurar o arquivo para que seja possível compartilhar as informações de projetos com outros usuários e armazenar essas informações para projetos semelhantes no futuro.

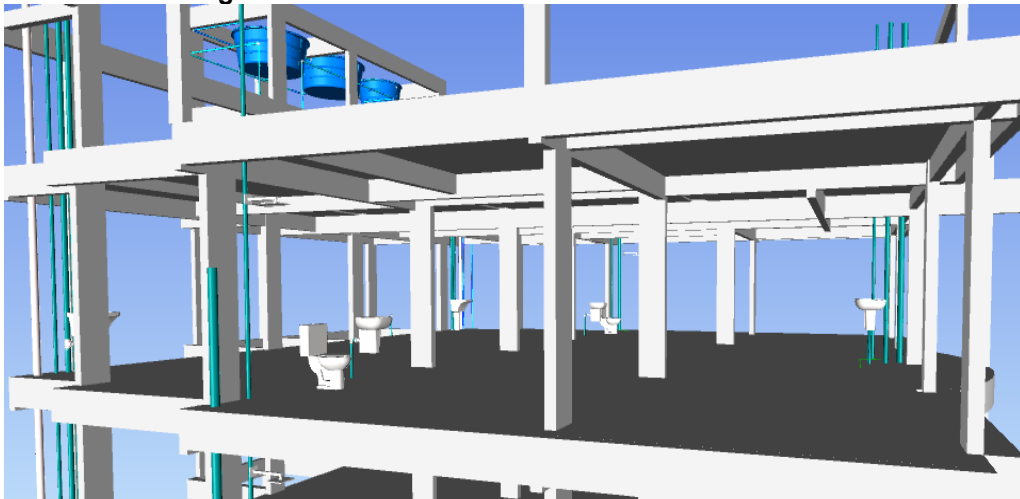
A Figura 31 e 32, ilustra as primeiras imagens fornecidas pelo Navisworks.

Figura 31: Projetos abertos no Navisworks



Fonte: Autoria Própria

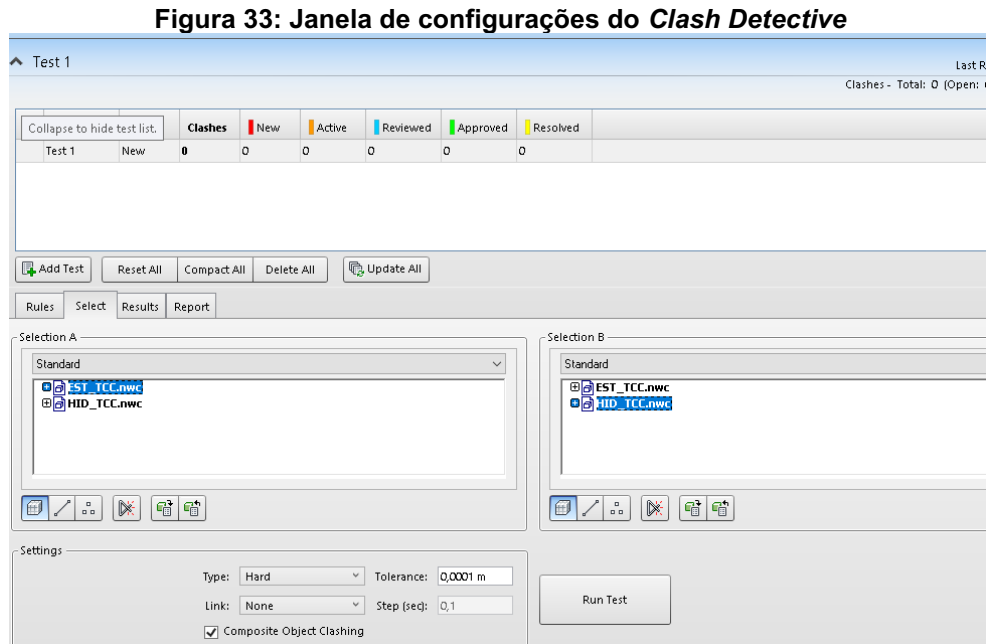
Figura 32: Vista do n880 através do Navisworks



Fonte: Autoria Própria

Utilizando a ferramenta *Clash Detective* é possível visualizar as incompatibilidades no projeto. Para este trabalho, serão comparadas as interferências que podem ocorrer em um projeto estrutural em relação ao projeto de instalações hidrossanitárias.

Na Figura 33, podemos ver a janela de configuração do *Clash Detective*. Para este trabalho, há a possibilidade de visualizar as incompatibilidades de apenas os elementos estruturais ou hidrossanitárias.



Fonte: Autoria Própria

Sendo assim, é necessário selecionar os tipos de incompatibilidades, como por exemplo, de grandes proporções e também a sua tolerância.

Através da Figura 34, podemos observar que foram adicionados dois testes, o *Test1* foi realizado com uma tolerância de 0,01m ou 10mm, que resultou em 294 incompatibilidades. Já para o *Test2*, o teste foi realizado com uma tolerância de 0,0001m ou 0,1mm, sendo detectados 414 incompatibilidades.

Figura 34: Início da compatibilização no Navisworks

Name	Status	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved
Test 1	Done	294	294	0	0	0	0
Test 2	Done	414	414	0	0	0	0

Name	Status	Found	Approved...	Approved	Description	Assigned
Clash1	New	18:41:43 31-05-2023			Hard	
Clash2	New	18:41:43 31-05-2023			Hard	
Clash3	New	18:41:43 31-05-2023			Hard	

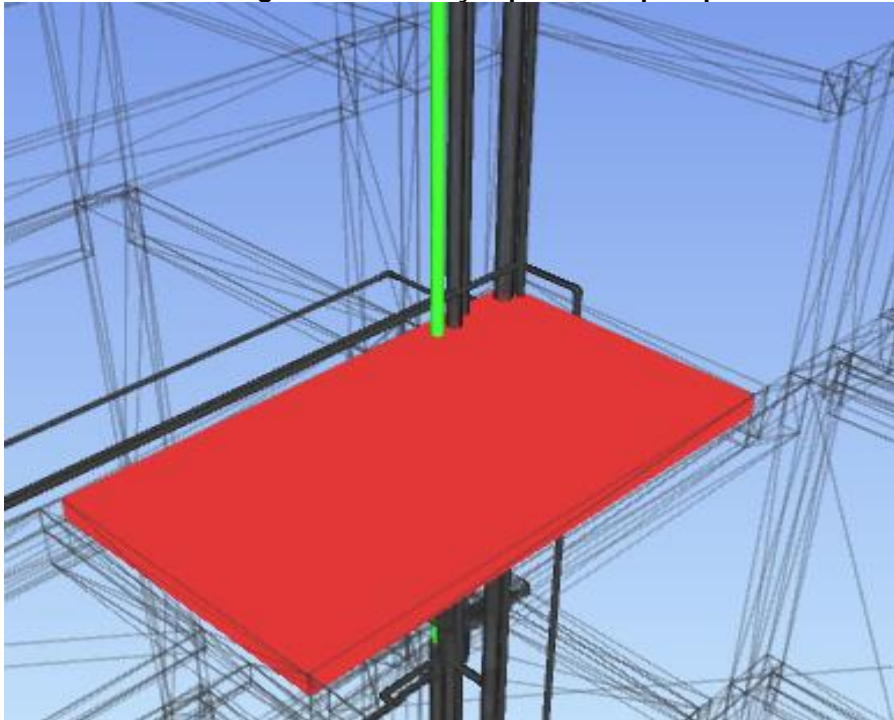
Fonte: Autoria Própria

Nas próximas imagens (Figura 35 a 40), pode-se observar algumas incompatibilidades que ocorreram na compatibilização dos projetos estrutural e hidrossanitário realizadas com tolerância de 0,0001m.

Por ser uma edificação residencial e com áreas e dimensões semelhantes, algumas incompatibilidades se repetiram mais de uma vez.

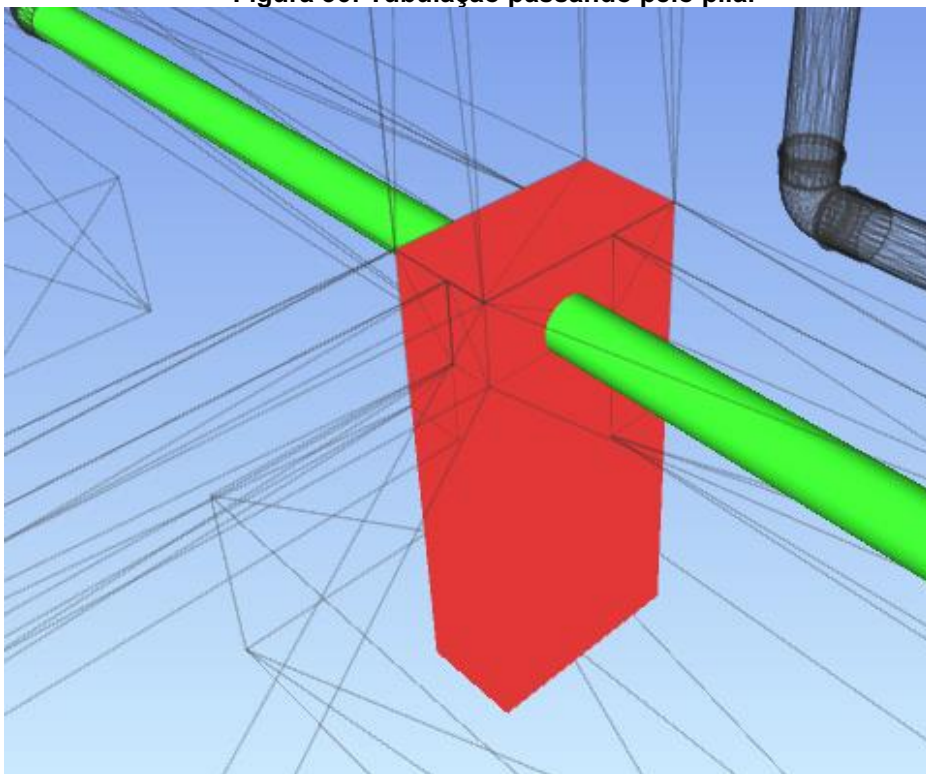
Vale lembrar, que algumas incompatibilidades já eram esperadas, como na Figura 35, tubulações passando pelo piso. Porém, as outras imagens representam incompatibilidades sérias, que não eram esperadas, como tubulações passando por vigas e pilares, e peças sanitárias no mesmo espaço que elementos estruturais. Vale lembrar que em alguns casos, esses problemas podem ser resolvidos com a locação de esperas, como em vigas e pisos.

Figura 35: Tubulação passando pelo piso



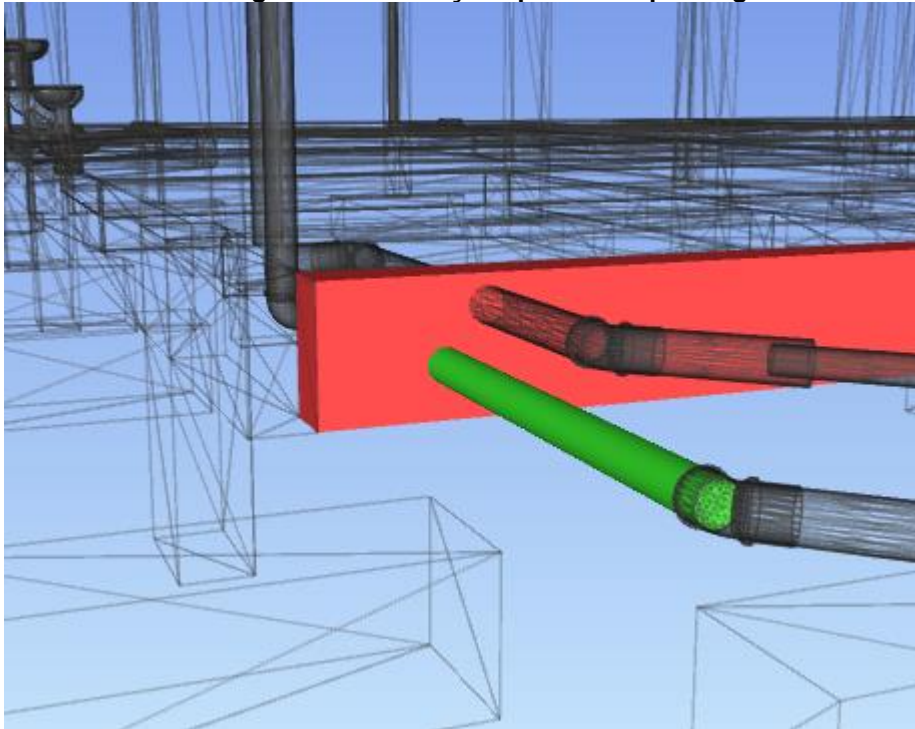
Fonte: Autoria Própria

Figura 36: Tubulação passando pelo pilar



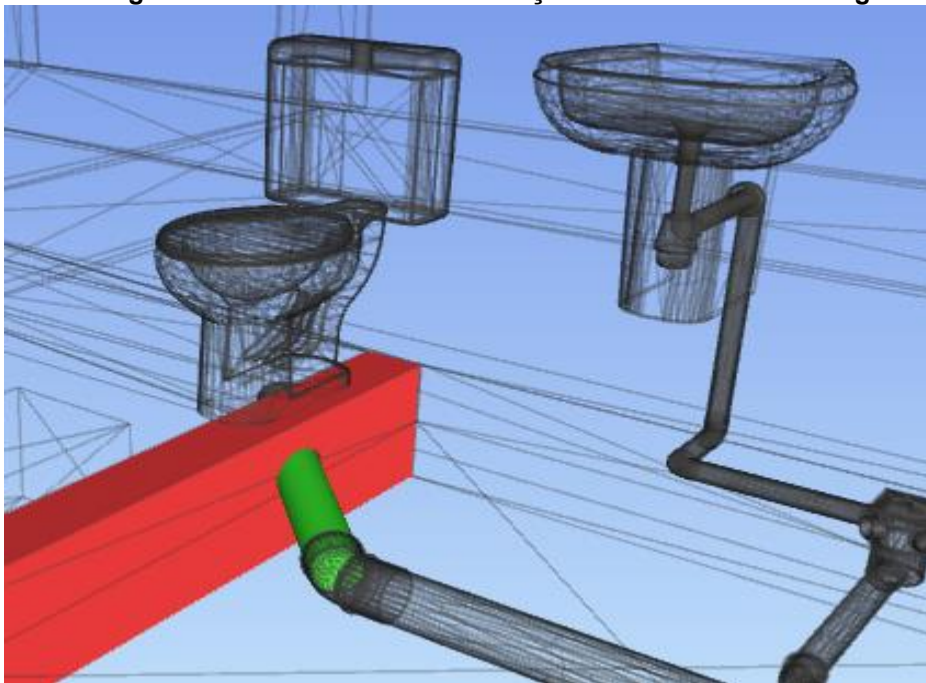
Fonte: Autoria Própria

Figura 37: Tubulações passando pela viga



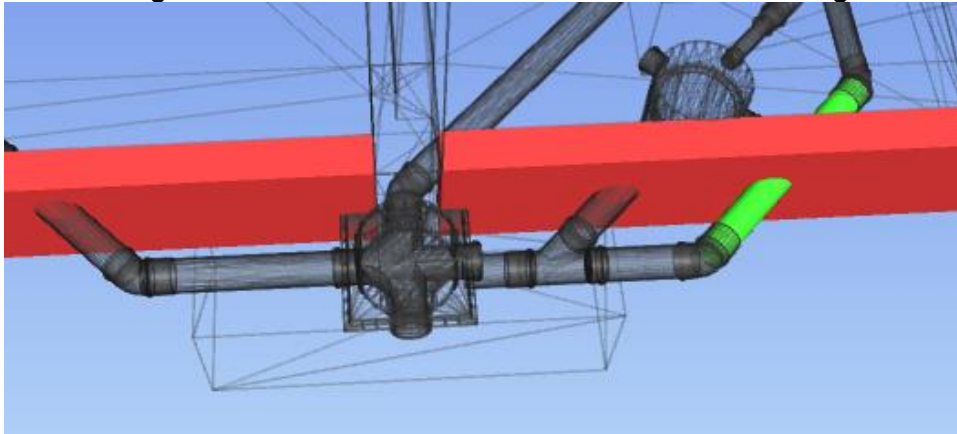
Fonte: Autoria Própria

Figura 38: Vaso sanitário e tubulações em conflito com a viga



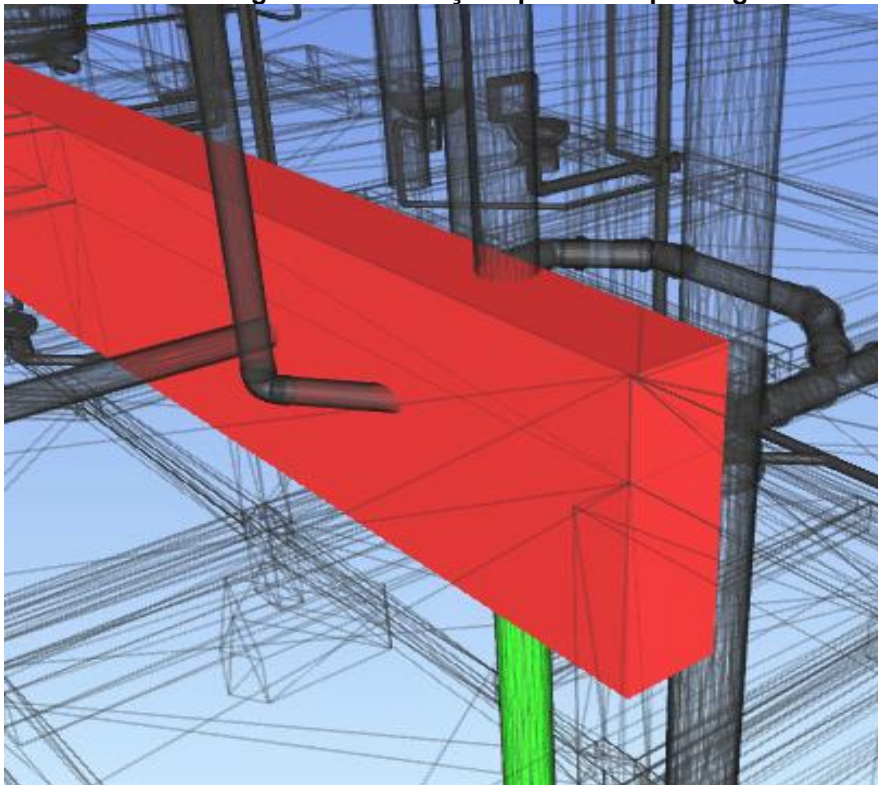
Fonte: Autoria Própria

Figura 39: Elementos estruturais em confronto com a viga



Fonte: Autoria Própria

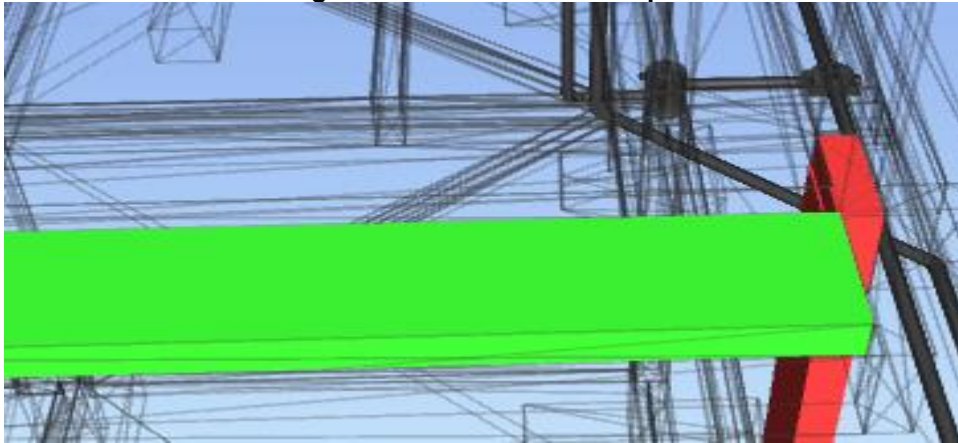
Figura 40: Tubulações passando pela viga



Fonte: Autoria Própria

Ao realizar os testes para apenas elementos estruturais com tolerância de 0,0001m, foram localizadas apenas três incompatibilidades, sendo uma delas ilustrada na Figura 41, em que o piso avança um pouco a seção do pilar.

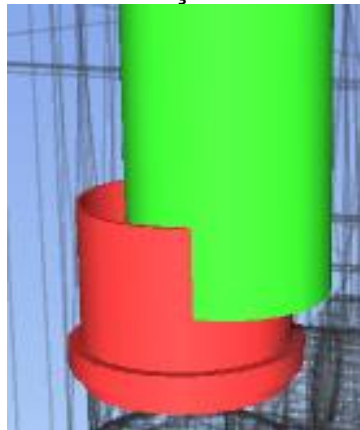
Figura 41: Piso entrando no pilar



Fonte: Autoria Própria

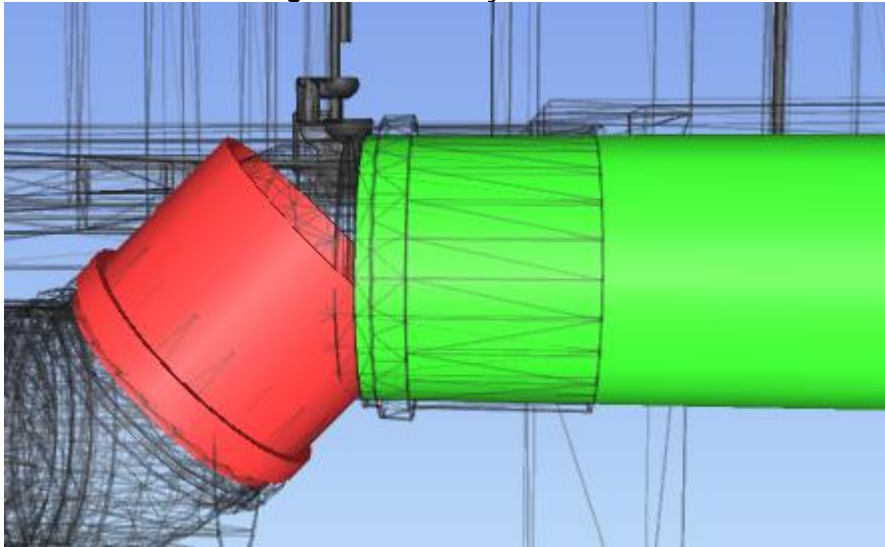
Para os testes de apenas os elementos sanitários, foram encontradas 427 incompatibilidades, isso ocorre devido à dificuldade da elaboração dos projetos sanitários, pela dificuldade de alinhamento e a conexão dos mesmos.

Figura 42: Tubulações mal alinhadas



Fonte: Autoria Própria

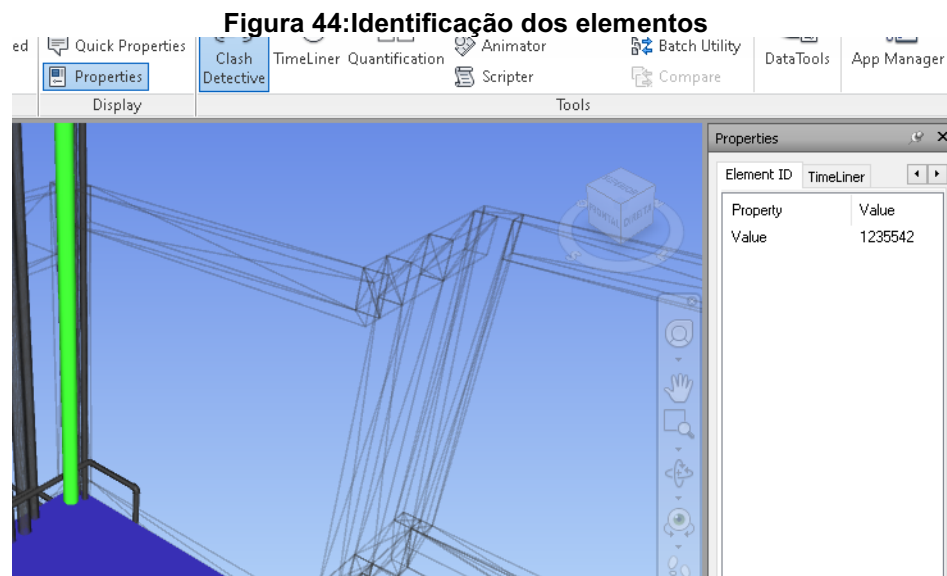
Figura 43: Tubulações mal alinhadas



Fonte: Autoria Própria

Para facilitar a localização das incompatibilidades, cada elemento possui uma identificação (ID). Sendo assim, é possível identificar e comunicar o engenheiro projetista que faça as alterações necessárias em projeto. A Figura 44, mostra os elementos com incompatibilizações e seu respectivo ID.

Quando corrigidos, o software Navisworks permite adicionar se o erro foi resolvido.



Fonte: Autoria Própria

Com isso, pode-se dizer que através da tolerância e das configurações que o *software*, é possível encontrar mais ou menos incompatibilidades. Por se tratar de um trabalho acadêmico de conclusão de curso, utilizou-se uma tolerância razoável, permitindo a compatibilização de erros que afetariam diretamente a edificação. Desta maneira, não se buscou a totalidade das ocorrências, mas sim, as ocorrências mais significativas.

5 CONCLUSÃO

Através de treinamentos, pesquisas e orientações de profissionais engenheiros que atuam na área, foi possível atingir os objetivos específicos propostos neste trabalho e demonstrar as vantagens da utilização da metodologia BIM, que vão além de benefícios para apenas o setor de projetos, englobando os setores de execução, financeiro, entre outros.

O estudo de caso permitiu colocar em prática os conhecimentos adquiridos durante a realização deste trabalho e durante a graduação, permitindo a familiarização dos *softwares* Revit, Navisworks e da metodologia BIM. Além de permitir a troca de informações.

Após a elaboração e compatibilização dos projetos, foi possível analisar os problemas que podem ocorrer, na fase de conversão dos projetos 2D para 3D devido à falta de informações do projeto 2D e suas consequências na compatibilização final dos projetos.

Desta forma, houve uma considerável obtenção de conhecimentos das ferramentas BIM e para trabalhos futuros, seria de extrema valia, as soluções das incompatibilidades localizadas pelo Navisworks, no caso, as correções das incompatibilidades em projeto.

Vale lembrar que por serem ferramentas complexas, podem gerar um grande número de informações ao usuário, assim, há a necessidade de um computador com especificações mínimas para executar o software, o que permitirá uma melhor elaboração e compatibilização dos projetos. Sendo assim, a coleta de informações torna-se mais completa.

Por fim, deixo meus agradecimentos ao Professor Osmar João Consoli por fornecer os projetos do Condômino Cristo Rei e permitir utiliza-los neste trabalho. E ao orientador Professor José Valter Monteiro Larcher por aceitar a realização deste trabalho e por todas orientações valiosas possíveis para a execução deste trabalho, estando sempre disponível para me auxiliar.

REFERÊNCIAS

ADDOR, M. R. A. CASTANHO, M.D.A., CAMBIAGHI, H. DELATORRE, J.P.M. NARDELLI, E.S. OLIVEIRA, A.L. **Colocando o “I” no BIM**. Universidade São Judas Tadeu, 2010. Disponível em: <https://www.revistaarqurb.com.br/arqurb/article/view/207>. Acesso em: 18 setembro 2022.

AIA – *American Institute of Architects* (2007) – **BIM for Engineering**. Disponível em: <https://www.aia.org/>. Acesso em: 14 outubro 2022

ANTUNES, D. A.E. **Integração de Modelos BIM com Redes de Sensores num Edifício**. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade Nova de Lisboa, 2013. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/157627138.pdf>. Acesso em: 4 dezembro 2022.

ÁVILA, V. M. **Compatibilização de projetos na construção civil, estudo de caso em um edifício residencial multifamiliar**. Monografia (Especialização) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUOS-99YJXN>. Acesso em: 22 setembro 2022.

BARISON, M. B. e SANTOS, E. T. **ATUAL CENÁRIO DA IMPLEMENTAÇÃO DE BIM NO MERCADO DA CONSTRUÇÃO CIVIL DA CIDADE DE SÃO PAULO E DEMANDA POR ESPECIALISTAS**. V Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção, 2011. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/60733075/tcc20190928-85408-1fs96b5-libre.pdf?1569714770=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DATUAL_CENARIO_DA_IMPLEMENTACAO_DE_BIM_.pdf&Expires=1671064996&Signature=IHCL08JMnyzLkwL0laFfILsf9eWG Afj4xg5~Przl8lqjTbj843MbP7BjyKOHdHY~p8idrGH4-TpmXinr3wQBXREjAKYzWviW9Pk4F2mn0JsDadTz6ZWcDEPhOFUInsGvHt~LKKlvC2ZGni58-

nYyLk4Jsr3LLglcWch0vC8gMkLreXiZYOJAgQXeOMAXzZ27HBI~ZYHW~Uh1ITbpd
Gvt~BWJ5cE9ozvabaN8HR732Erkc4gHvfkRJfbiOen804J20MhDCIUUpboWXNpkzDn
B266C8TdSLHJzcUjMmN~UKFKCNjNIUuSQ1bltxuxZNesO9L3iNCRwxHS98gw1VC
94JIQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA. Acesso em: 22 setembro 2022.

BLOG **ECCIVIL**, 22/12/2015. Disponível em: <http://eccivil.blogspot.com/p/home.html>.
Acesso em: 22 setembro 2022.

CALLEGARI, S. **Análise da Compatibilização de projetos em Três Edifícios Residenciais Multifamiliares**. Dissertação – Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Santa Catarina, 2017. Disponível em:
<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/89863>. Acesso: 22 setembro 2022.

CAMPESTRINI, T. F. GARRIDO, M.C., MENDES JÚNIOR, R., FREITAS, M.C.D. **Entendendo BIM**. Universidade Federal do Paraná, 2015. disponível em:
http://www.gpsustentavel.ufba.br/downloads/livro_entendendo_bim.pdf. Acesso em:
22 setembro 2022.

Catalogo Tigre, 2023. Disponível em: <https://www.tigre.com.br/catalogos-tecnicos>.
Acesso em: 5 maio 2023

Crescimento da Construção previsto para 2022 sobe de 3,5% para 6%,
03/11/2022, Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC). Disponível em:
<https://cbic.org.br/construcao-civil-deve-crescer-6-em-2022-diz-cbi>. Acesso em: 22
setembro 2022.

COELHO, S. S.; NOVAES C. C. **Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul - rio – grandense, 2008.
disponível em:
http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/gpacc/BIM/referencias/COELHO_2008.pdf. Acesso
em: 18 setembro 2022.

CRESPO, C. C. e RUSCHEL, R. C. FERRAMENTA BIM: UM DESAFIO NO CICLO DE VIDA DO PROJETO. **III Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil**, Porto Alegre, 2007. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/31903570/A1085-libre.pdf?1392402716=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DPANIZZA_Alexandre_de_C_Colaboracao_em_CA.pdf&Expires=1671062058&Signature=MkwcG1De-psfIZUPq2E-U4LM1CrB~ESnHH3PJkzliyQJS6AVhesE~Jw~vxiclWprCpZhR43ge9j9RtMldfpJVci3alwexNmRIBWrmNUUsN~-WWU~TaV4E6b9az0Ekz2ZOYcVNBWetCFSzhiHSTZ5fGdj4FdEc6nFrt9ddIHNewD9XZ1gsJp32G41xd-Ks5wS008Rg848QkK~2vneqKsovm1kU7UiS-zYkpSZqBhFRxlr~d5ewHwYDyi5XTVvkPyP6CyMGocyNnTywjg35~Dr8~BN67~OrZGRE7jQBxk70vd3IRi~nJGnWufMk4uw8mxx4YrIYp-l2J6C~1q9b5Bh8XPQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA. Acesso em: 11 dezembro 2022.

EASTMAN, C. TEICHOLZ, P., SACKS, R., LISTON K. **BIM Handbook**, 2 ed. 2011. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=BIM+Handbook%3A+a+Guide+to+Building+Information+Modeling+for+++Owners%2C+Managers%2C+Designers%2C+Engineers+and+Contractors.&btnG=. Acesso em 15 outubro 2022.

Engenharia 360. Disponível em: <https://engenharia360.com>. Acesso em: 22 setembro 2022

FABRICIO, M. M. **PROJETO SIMULTÂNEO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS**. Dissertação (Doutorado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2002. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/46073733/Projeto_Simultaneo-TESE-FIM-libre.pdf?1464626155=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DPROJETO_SIMULTANEO_NA_CONSTRUCAO_DE_EDIF.pdf&Expires=1671064499&Signature=B2MtFPW-uxplJYacFyYSQshNY8MpvjPOMCCqp1g9lqQE4Is-xOSJgDirQzeeYa~GmL82VQ5Qyoysltz7Que8ytM3GKLMEBkDA~-l-FaobM68IZnJYiKD4yUNKuXQvarELm3B3a5m06uK~bg62ofXxGFijS4TJWUHZqoTBXiC0YWnwa5HwGs2azv-li-jtPmP2jng-

6RoJSk9Dx6wN9ZVZQXyyIIIfp4sJfzhNCgZA9Bgk8Y-
BoR561qqYWYGFSH~gFw~QWr6wCoTRR5B0IO00xfZKU-y-
tw0pe0v43SqFjcoqmvEDC5aiBu6sLqj4KxGmZxwKR-ZzedCITKnrlYUVw__&Key-
Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA. Acesso em: 10 dezembro 2022.

FLORIO, W. CONTRIBUIÇÃO DO BUILDING INFORMATION MODELING NO PROCESSO DE PROJETO EM ARQUITETURA. **III Encontro de Informação e Comunicação na Construção Civil**, 2007. Disponível em:
https://arq510002.paginas.ufsc.br/files/2011/04/Congresso-TIC_2007-Contribuicoes-do-Building-Information-Modeling-no-Processo-de-Projeto-em-Arquitetura-Wilson-Florio-1.pdf. Acesso em: 04 novembro 2022.

HAMMARLUND, Y. JOSEPHSON, P.E. **Qualidade; cada erro tem seu preço**. Trad. Vera M.C. Fernandes Hachich. Novembro 1992. IPT. São Paulo – SP.

HELENE, P. **Manual para reparo, reforço e proteção de concreto**. 1992. Disponível em:
https://www.academia.edu/43851166/Manual_para_Reparo_Reforco_e_Protecao_d_e_Estruturas_de_Concreto. Acesso 20 setembro 2022.

JACOSKI, C. A.; LAMBERTS, R. **A interoperabilidade como fator de integração de projetos na construção civil**. 2002. Disponível em:
https://www.researchgate.net/profile/Roberto-Lamberts/publication/259104713_A_interoperabilidade_como_fator_de_integracao_de_projetos_na_construcao_civil/links/0deec52e645192e7c3000000/A-interoperabilidade-como-fator-de-integracao-de-projetos-na-construcao-civil.pdf. Acesso em: 18 setembro 2022.

MARTINS, B. F. B. **Utilização de BIM e Métodos de Sustentabilidade em Elementos na Construção**. 2018. Tese (Mestrado) Faculdade de Engenharia Universidade do Porto. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/113390/2/275515.pdf>. Acesso em: 18 outubro 2022.

MELHADO, S. **A GESTÃO DE PROJETOS DE EDIFICAÇÕES E O ESCOPO DE SERVIÇOS PARA COORDENAÇÃO DE PROJETOS**, 2005. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/72013403/LARES_2006_artigo-silvio-melhado-a-gestao-de-projetos-vfinal-libre.pdf?1633799472=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DA_Gestao_De_Projetos_De_Edificacoes_e_O.pdf&Expires=1671067459&Signature=FNtadcUJAjNecxMleaMzBBibFv83910xo2CoDMZR-Na6rewTnmUR6xyQhd~kYUvsbgs6gVnfs0qYqHpnZYW4sgqc3Y1J~Qekhoa4WPXg7U7Sr8MTODBAz6TAeYV2-jB-68fHynmdyNy2sUjVCZo-UUJdGgqCaryGrSSClwfunCOtdrVgUONjQ-nEGFINON-TN4OZr4oM4-LVbLCjieN~QBWBiZUssHp4ri9hHfRMzVWbPfvPPL9lg9USof0rb3UOgioL2IOjAOU7vD3uPaevoCGwLKUiOb7HM34p8uD~5LrkzWMNs8PkOkA1rj5laSVv5JdvzO9XorqfGc7fDI5A4Q__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA. Acesso em: 25 setembro 2022.

MELO, R. G. **BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) COMO FERRAMENTA NA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS PARA CONTRUÇÃO CIVIL**. Trabalho de conclusão de curso, Centro Universitário de Formiga, 2014. Disponível em: <https://repositorioinstitucional.uniformg.edu.br:21015/xmlui/bitstream/handle/123456789/269/Trabalho%20de%20Conclus%c3%a3o%20de%20Curso%20-%20RENAN%20GARCIA%20DE%20MELO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 22 setembro 2022.

MELLO, R. **BIM e Custos: maximize os dados do modelo em Navisworks e o quantity takeoff**. Autodesk University Brasil, 2012. Disponível: http://static-wd.autodesk.net/content/dam/au/Brasil-2014/documentes/materialapoio/2012/AUBR-44_Apostila.pdf. Acesso em: 15 novembro.

MIKALDO, J. **ESTUDO COMPARATIVO DO PROCESSO DE COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS EM 2D E 3D COM USO DE TI**. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Paraná, 2006. Disponível em: <https://www.acervodigital.ufpr.br/handle/1884/10393>. Acesso em: 15 novembro 2022.

MIKHAILOVA, I. SUSTENTABILIDADE: EVOLUÇÃO DOS CONCEITOS TEÓRICOS E OS PROBLEMAS DA MENSURAÇÃO PRÁTICA. **Revista Economia e**

Desenvolvimento, n. 16, 2004. Disponível em:

<https://periodicos.ufsm.br/eed/article/view/3442>. Acesso em: 15 novembro 2022.

MONTEIRO, A. C. N., JÚNIOR, A. S. S., CAVALCANTI, D. S. C.

COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: IMPORTÂNCIA, MÉTODOS E FERRAMENTAS. Revista Campo do Saber, v. 3, n. 1, 2017.

Disponível em:

<https://periodicos.iesp.edu.br/index.php/campodosaber/article/view/62>. Acesso em: 29 setembro 2022.

NUNES, J. M., LONGO, O. C., ALCOFORADO, L. F. PINTO, G. O. O setor da Construção Civil no Brasil e a atual crise econômica. **Research, Society and**

Development, vol. 9, n. 9 2020. Disponível em:

<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/7274>. Acesso em: 04 dezembro 2022.

PAIVA, D. C. S. **USO DO BIM PARA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS: BARREIRAS E OPORTUNIDADES EM UMA EMPRESA CONSTRUTORA**.

Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/40421>. Acesso em: 29 setembro 2022.

PETRUCCI JUNIOR, R. **MODELO PARA GESTÃO E COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS DE EDIFICAÇÕES USANDO ENGENHARIA SIMULTÂNEA E ISSO 9001**. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

Disponível em:

<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/85851/230310.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 04 dezembro 2022.

RUSCHEL, R. C.; ANDRADE, M. L. V. X. e MORAIS, M. O ensino de BIM no Brasil: onde estamos? **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 2, 2013. Disponível

em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/McF3dbcftRW55BN59FTSq6v/abstract/?lang=pt>.
Acesso em: 25 outubro 2022.

SENA, T.S. **APLICAÇÃO DA METOLOGIA BIM PARA A COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS**. Monografia, Universidade Federal da Bahia Escola Politécnica, Salvador, 2012. Disponível em:
<http://www.gpsustentavel.ufba.br/downloads/BIM%20Compatibiliza%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 24 maio 2023.

SILVA, P. M. P. **ENGENHARIA SEQUENCIAL, ENGENHARIA SIMULTÂNEA E A IMPLANTAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM EM EMPRESAS DA ÁREA DE CONSTRUÇÃO CIVIL**. Trabalho de conclusão de curso, Centro Universitário Unidade de Ensino Superior Dom Bosco, São Luís, 2021. Disponível em:
<http://repositorio.undb.edu.br/bitstream/areas/576/1/PEDRO%20MORAIS%20PADRE%20SILVA.pdf>. Acesso em 15 dezembro 2022.

TOBIN, J. **Proto-Building: to BIM**. **AEC bytes**, junho/2008. Disponível em:
<http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2008/ProtoBuilding.html>. Acesso em: 22 setembro 2022.

Tudo Sobre a Tecnologia BIM. 20/07/2022, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Disponível em:
<https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/tudo-sobre-a-tecnologia-bim,e05cf88950d12810VgnVCM100000d701210aRCRD>. Acesso: 22 setembro 2022