

# COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS: UM ESTUDO DE CASO UTILIZANDO FERRAMENTAS DE MODELAGEM 3D\*

Evair da Silva Borges\*\*

**Resumo:** O presente artigo tem como objetivo realizar a compatibilização de um projeto de engenharia em suas diversas disciplinas através de *softwares* de modelagem 3D, identificando as incompatibilidades não observadas ao longo do desenvolvimento do projeto, além de diagnosticar as principais ocorrências de interferências físicas entre os elementos dos sistemas analisados. A revisão bibliográfica que serviu de embasamento teórico para este trabalho foi elaborada a partir de diversos materiais acadêmicos que abordam o tema proposto. O estudo de caso foi desenvolvido a partir dos projetos de arquitetura e engenharia de uma construção destinada a receber uma delegacia de polícia civil. A automação do processo de compatibilização traz inúmeras vantagens, como agilidade no desenvolvimento do projeto e redução de erros em etapas posteriores de execução da obra. Apesar de exigir, inicialmente, um maior tempo de implantação, devido a sua complexidade, o processo de compatibilização através da modelagem 3D é a solução que melhor atende as atuais necessidades do mercado.

**Palavras-chave:** Projeto. Modelagem Tridimensional. Compatibilização.

## 1 Introdução

A indústria de construção civil, de maneira geral, é marcada pela intensa competitividade. As empresas do setor buscam, constantemente, elevar o *status* de suas marcas, agregando diferenciais ao seu trabalho, como forma de destacá-los dos demais produtos ofertados. De acordo com Nascimento (2013), o reflexo deste mercado competitivo pode ser observado já na fase de concepção de projetos, exigindo que estes sejam mais inovadores e que atendam as principais necessidades do mercado, atrelando qualidade, eficiência e produtividade. Com este objetivo, a aplicação de ferramentas estratégicas de gestão e coordenação de projetos deve ser primordial.

O gerenciamento da atividade de projeto permite aos profissionais inseridos no mercado da construção civil uma visão amplificada do empreendimento, garantindo um maior controle de todos os processos, que por sua vez conduzirão a um considerável ganho de

---

\* Artigo apresentado como requisito parcial para a conclusão do curso de Especialização em MBA em Gestão de Obras e Projetos da Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL. Orientado por: José Humberto Dias de Toledo, MSc.

\*\* Engenheiro Civil graduado pela Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL. E-mail: [evairsilvaborges@gmail.com](mailto:evairsilvaborges@gmail.com).

qualidade, aumento de produtividade, otimização de prazos e, principalmente, redução de custos.

A coordenação de projetos surge como um importante elemento no desenvolvimento de projetos de engenharia, com a tarefa de integrar os diversos sistemas presentes em uma obra (arquitetura, estruturas, instalações e outros). Segundo Galassi (2011), a compatibilização de projetos é a principal ferramenta utilizada pela coordenação, pois permite aos profissionais de engenharia e arquitetura, a identificação, ainda em fase de projeto, de interferências físicas entre as diversas disciplinas, interferências que, possivelmente, só seriam observadas durante a execução. Essa antecipação de problemas diminui o retrabalho em obra, permitindo o cumprimento de prazos e a redução de custos da construção.

A utilização de ferramentas tecnológicas, com o objetivo de otimizar o processo de compatibilização de projetos, pode e deve ser tratada como um importante diferencial estratégico em um mercado extremamente competitivo como o da construção civil.

## **1.1 Justificativa**

A compatibilização é uma etapa de extrema importância no planejamento de uma obra de engenharia, uma vez que esta é formada por uma série de projetos multidisciplinares e que ao final do processo de desenvolvimento precisam, necessariamente, estar em harmonia.

De acordo com Rodríguez (2005), um dos fatores que torna ainda mais necessária a compatibilização é a própria estruturação do setor de construção civil, que historicamente foi individualizando os projetos, isto é, incentivando o crescimento de escritórios especializados. Dessa forma, os diversos projetos necessários em uma obra, em sua maioria, são concebidos separadamente, por profissionais de origens distintas, o que dificulta a comunicação entre os projetistas, aumentando assim a chance de conflitos entre os projetos.

Portanto, é necessário que se faça uso do maior número de ferramentas possíveis para minimizar erros de projeto, uma vez que grande parte das ocorrências patológicas na construção são atribuídas a falhas nesta fase de concepção. Segundo Motteu e Cnudde (1989) quando a atividade de projeto é pouco valorizada, os projetos são entregues à obra repletos de erros e de lacunas, levando a grandes perdas de eficiência nas atividades de execução, bem como ao prejuízo de determinadas características do produto que foram idealizadas antes de sua execução.

## **1.2 Problema de Pesquisa**

Com base na introdução e justificativa apresentadas, os principais questionamentos desta pesquisa, quanto a compatibilização de projetos, são estabelecidos como:

1. Qual a importância da compatibilização de projetos?
2. Quais as principais vantagens ao utilizar softwares de modelagem 3D no desenvolvimento de projetos de engenharia e arquitetura?

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo Geral**

Realizar a compatibilização de um projeto de engenharia em suas diversas disciplinas através de *softwares* de modelagem 3D.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

1. Identificar, através da modelagem 3D, as incompatibilidades não observadas ao longo do desenvolvimento dos projetos em *softwares* de desenho 2D.
2. Identificar as principais ocorrências de incompatibilidades entre as diversas disciplinas de projeto.

### **1.4 Metodologia**

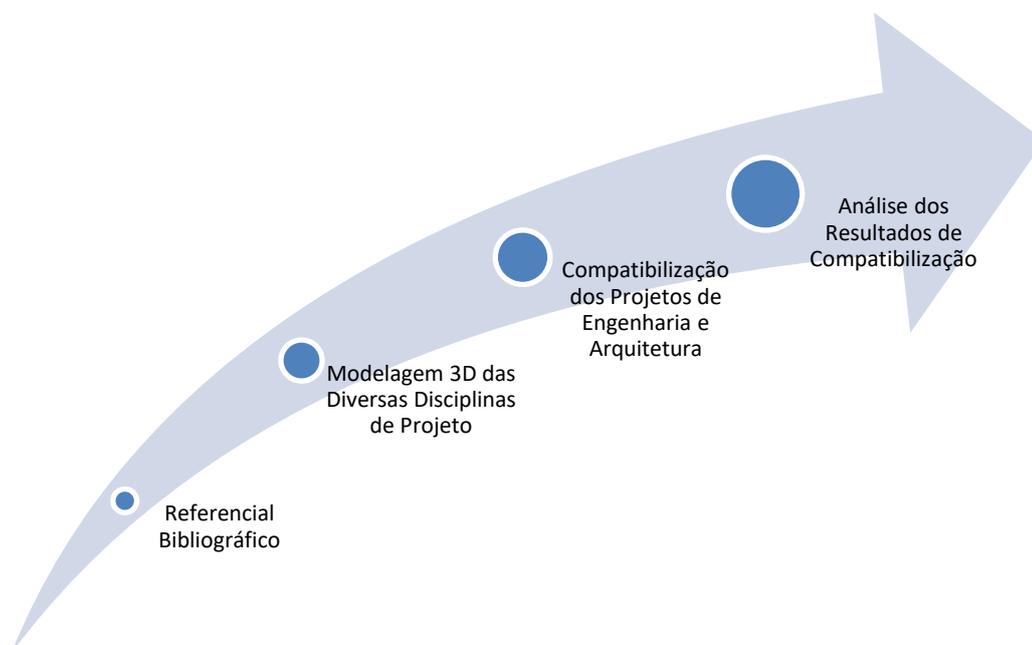
O desenvolvimento deste artigo pode ser separado em duas etapas fundamentais. A primeira, exploratória, corresponde à revisão da literatura pertinente ao tema proposto, práticas de compatibilização de projetos no setor de construção civil. E a segunda etapa, pesquisa aplicada com abordagem qualitativa, na forma de um estudo de caso.

#### **1.4.1 Procedimento de Trabalho**

Este artigo será baseado em um estudo de caso, que consistirá na utilização de um projeto de engenharia, inicialmente, desenvolvido e compatibilizado em softwares de desenho 2D e no posterior lançamento em softwares de modelagem 3D, neste caso o *Revit*. Após a modelagem de todas as disciplinas de maneira individual, será utilizado um *software* de compatibilização, o *Navisworks*, onde será possível identificar todas as incompatibilidades não

observadas no desenvolvimento inicial deste projeto. O procedimento de trabalho pode ser visualizado de maneira esquemática na Figura 1 – Estrutura de Pesquisa.

Figura 1 - Estrutura de Pesquisa



Fonte: Elaboração do autor, 2019.

## 2 Revisão Bibliográfica

### 2.1 Projeto

Segundo a definição estabelecida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) em sua NBR 5674/1999, projeto é a descrição escrita e gráfica das propriedades de um serviço ou obra de engenharia ou arquitetura, determinando suas características técnicas, econômicas, financeiras e legais.

O projeto é um dos principais elementos no momento da construção ou reforma de uma edificação. Para Nascimento (2015), o projeto é uma atividade difícil que tem como objetivo alcançar soluções econômicas, funcionais, belas e criativas. Além de atender as exigências de seu cliente e estar de acordo com as leis ambientais. Projetar não é simplesmente apresentar um belo desenho, é necessário ter conhecimento de elementos, técnicas e estilos, de tal maneira que consiga combinar a forma e a função para alcançar os resultados desejados. Com as mudanças sofridas ao decorrer dos anos no setor de incorporações e das empresas

construtoras, o termo projeto vem se modernizando de forma a acompanhar a atualização e os avanços tecnológicos.

### **2.1.1 Importância do Projeto**

Para Melhado e Agopyan (1995), o projeto em termos ideais tem como principal objetivo acrescentar eficiência e qualidade ao produto, atuando sempre a favor da evolução tecnológica. Segundo Picchi (1993), o custo da edificação está diretamente ligado ao projeto, isso se deve ao fato de que nesta fase existem muitas alternativas e soluções, e não existe um número considerável de despesas.

De acordo com Sousa Junior, Maia e Correio (2014), o setor da construção civil possui muitas dificuldades relacionadas à ausência de qualidade nas edificações, o projeto informal é a sua principal causa, setores da construção civil têm procurado procedimentos de gestão da atividade de projeto, com principal objetivo de modificar, melhorar e aperfeiçoar o modelo convencional. A gestão de projetos permite a análise das probabilidades de pré-execução, melhoramento de metodologias de execução, interposições de projetos e detecção de prováveis patologias, reduzindo assim o índice de desperdícios e retrabalhos, aumentando ganhos financeiros durante sua construção, garantindo a qualidade de seus produtos e processos.

### **2.2 Compatibilização de Projetos**

A importância do projeto para a execução de uma obra na literatura técnica é indiscutível, sendo abordado amplamente em diversos estudos. Contudo, a realidade do setor construtivo é relativamente sombria. Segundo Maciel e Melhado (1995), até 58% das patologias da construção têm como origem erros na concepção de projetos.

De acordo com Horostecki (2014, apud ALGAYER, 2014, p. 52), o Brasil possui o costume de visualizar soluções de caráter imediato. Historicamente, observa-se uma falsa impressão de que uma economia durante a fase de projeto será benéfica quanto aos custos finais de uma obra. É importante que os projetos deixem de ser visualizados como gastos e que se incentive o investimento nessa fase extremamente importante e que definirá os rumos da construção.

Diante de um mercado cada vez mais segmentado em diferentes especialidades e profissionais ainda mais autônomos, há que se discutir alternativas para promover a integração

de projetos, minimizando erros, possibilitando, assim, a redução das estatísticas a respeito de causas patológicas.

### **2.2.1 Conceito de Compatibilização**

Nos últimos anos o estudo a respeito de compatibilização de projetos foi intensificado, gerando, portanto, um número considerável de definições sobre o tema. De forma geral, todas as definições convergem para o bom desempenho do projeto em termos de qualidade, tempo e custo.

A compatibilidade é definida como atributo do projeto cujos componentes dos sistemas ocupam espaços que não conflitam entre si e, além disso, que possui dados compartilhados com consistência e confiabilidade até o final do processo de projeto e obra (GRAZIANO, 2003).

O procedimento de compatibilização de projetos, para Salgado (2007), relaciona-se à coordenação de projetos, com o intuito de conciliar todos os componentes que interagem nos elementos verticais e horizontais de uma edificação. Sendo assim um importante fator de melhoria da construtibilidade e do processo racional de projeto por promover a integração dos diversos agentes e especialidades com a produção.

Callegari (2007, p. 34) define a compatibilização como a atividade de gerenciamento e integração de projetos, visando o perfeito ajuste entre os mesmos, buscando minimizar os conflitos entre os projetos. Dessa forma, têm-se um ganho significativo no processo de execução da obra, otimizando a utilização de materiais, tempo e mão de obra.

Segundo Souza (2010), a compatibilização deve fazer uso de meios gerenciais e de manipulação de dados, a fim de promover a integração entre os diversos projetos, facilitando a concepção, planejamento e execução de um empreendimento.

Para Horostecki (2014 apud ALGAYER, 2014, p. 50), a compatibilização consiste em analisar, verificar, confrontar e esmiuçar todas as etapas de produção de um empreendimento. Considerando a existência dos sistemas multidisciplinares presentes em um projeto, e que estes, em sua maioria, são desenvolvidos por profissionais de origens distintas, tem-se um aumento das chances de problemas construtivos. Portanto, a compatibilização aparece como a ferramenta responsável por identificar os problemas antes do início da construção, evitando retrabalhos por erros de projeto, garantindo o cumprimento de prazos e custos.

### **2.2.2 Importância da Compatibilização**

O processo de sobreposição de projetos para identificação das interferências, correção de desenhos e documentos, assim como de definições objetivas das diretrizes para desenvolvimento de projetos torna-se a principal ferramenta da compatibilização, que pode reduzir custos e prazos significativamente ao empreendedor, bem como garantir a funcionalidade em obra (GRAZIANO, 2003).

Segundo Giacomelli (2014) a constatação de incoerências geométricas entre os sistemas construtivos, através da compatibilização de projetos, possibilita a redução do retrabalho no canteiro de obras. Portanto, o gerenciamento e integração dos projetos garante a otimização dos insumos disponíveis, como tempo, material e mão de obra. Assim como facilita o processo de execução e a posterior manutenção.

Em suma, o processo de compatibilização de projetos é extremamente vantajoso, uma vez que permite visualizar de forma antecipada os problemas e retrabalhos que poderiam ocorrer durante a execução da obra, frutos das interferências entre os projetos. Permite ainda analisar as soluções propostas, ainda na fase de projeto. Dessa forma, os custos e prazos são mantidos de acordo com o estimado.

### **2.2.3 Sobreposição de Projetos (Modelagem 2D e 3D)**

A sobreposição de projetos é, sem dúvida alguma, a prática mais usual, e também a mais antiga, para a identificação das interferências entre os diversos sistemas relativos a um empreendimento. Apesar da modernização do processo de concepção de projeto, a prática continua sendo muito utilizada nos escritórios de engenharia, que substituíram as antigas pranchetas de desenho por arquivos com extensão *.dwg*.

Para autores como Ferreira e Santos (2007), o método de sobreposição de desenhos na representação 2D é arcaico, pois oferece uma série de limitações ao processo, como problemas de visão espacial restrita, tornando-se uma possível fonte de erros de construtibilidade, especificação e compatibilização.

De forma geral, a verificação de interferências geométricas é feita entre os projetos arquitetônicos e os seus complementares. Para que o processo seja facilitado, é importante analisar a padronização gráfica de cada projeto (*layers*, tipos de linha, cores, escalas, *etc.*), o que pode ser um pouco complicado tendo em vista que, atualmente, grande parte dos projetos

são desenvolvidos por profissionais de origens distintas, seguindo, portanto, a padronização de cada projetista.

No entanto, há no mercado *softwares* que permitem a integração de modelos em três dimensões (3D), possibilitando a detecção de interferências físicas de forma mais direta. Há uma grande expectativa neste nicho do mercado de projetos, que aposta na integração natural dos diferentes sistemas presentes em um empreendimento.

#### **2.2.4 Inovações Tecnológicas**

Segundo Nascimento (2015), antes da tecnologia, engenheiros e arquitetos projetistas tinham problemas em mostrar para o cliente o modelo que se estava projetando. Os desenhos consistiam em representações de vistas ortográficas, detalhes em cortes e fachadas, tudo dependia da imaginação para se obter uma imagem em 3D. Alguns projetistas preparavam maquetes para que os empreendedores e clientes entendessem o projeto que estava sendo elaborado e verificar interferências dos diferentes projetos envolvidos. Com a evolução da tecnologia os projetos passaram a ser elaborados em 2D com *software AutoCad*, 3D com *Revit* e *Sketchup*. Todo esse avanço permitiu elaborar projetos de maneira mais rápida e otimizar o processo de compatibilização de projetos.

Para Sousa (2010), com o aumento de informações exigidas nos projetos de edificações é necessária mais comunicação entre os projetistas dos diferentes ramos, com a finalidade de reduzir os custos, diminuir defeitos ou patologias construtivas provenientes das incompatibilidades de projeto. Atualmente, praticamente todas as empresas de engenharia e de arquitetura, trabalham com o auxílio de computadores, sendo comprovado que a tecnologia da informação e os computadores são peças complementares do dia-a-dia de grande parte das empresas e profissionais da indústria da construção civil.

De acordo com Silva (2004), se as novas tecnologias forem utilizadas de forma adequada pelos profissionais, elas podem melhorar o seu aproveitamento de tempo, deixando espaço para se dedicarem a propor soluções técnicas mais eficazes na sua especialidade, beneficiando a qualidade ao decorrer do processo de projeto.

#### **2.2.5 CAD x BIM**

Com o intuito de auxiliar os projetistas, foi criado o *Computer Aided Design* (CAD), ou desenho assistido por computador. Segundo Ferreira (2007), este modelo é um sistema

vetorial usado nas diversas áreas da engenharia e arquitetura para a representação gráfica. Com ele se consegue fazer o uso de representações bidimensionais (2D) ou tridimensionais (3D), também possui funções integradas que agilizam certas atividades para o usuário, como cálculos de volume e área.

Segundo Sousa (2010), o CAD oferece benefícios para o entendimento e gestão do projeto, aumentando a produtividade e a integração das interfaces. Permitindo uma visão detalhada das soluções adotadas e uma visão geral de todo o sequenciamento da execução e suas etapas.

Ávila (2011), afirma que o sistema CAD disponibiliza instrumentos que proporcionam condições adequadas para a compatibilização de projetos em 2D. Com este pode-se sobrepor os projetos complementares e a arquitetura com a disposição de *layers* exclusivos. Assim, pode-se conferir o posicionamento de pilares e vigas, prumadas, instalações hidráulicas e elétricas, *shafts* e outros.

Já o termo BIM significa *Building Information Modeling*, ou modelagem da informação da construção. Segundo Nascimento (2015), é um sistema criado para reunir todos os elementos relacionados à elaboração de um projeto auxiliando com diversas informações. Ele admite organizar, em um mesmo arquivo eletrônico, um banco de dados de todo o projeto, admitindo ser acessado por todos os projetistas envolvidos, sejam estes engenheiros ou arquitetos. O novo modelo trabalha com dados a respeito da geometria, detalhes construtivos, especificações de materiais, detalhes de quantitativos de preços e fornecedores, informações estruturais dos projetos envolvidos, topografia e dentre outros. A modelagem em BIM pode ser analisada como um desenvolvimento CAD. A grande diferença entre os sistemas é que no caso do CAD a modelagem é a partir de vetores e no BIM os objetos são parametrizados. Os parâmetros empregados levam as informações que precisarão suprir as obrigações de quem estiver usando. Os objetos são determinados de jeito a interagir com os objetos vizinhos e automatizar futuras alterações.

Para Damian e Yan (2007), o BIM chega como uma ferramenta nova de projeto, oferecendo alternativas inovadoras para as empresas do setor da construção civil. Na etapa da construção, o BIM, se utilizado de forma correta pode ser considerado uma ferramenta extremamente poderosa, pois consegue eliminar falhas que ocorrem no começo do projeto, determinar procedimentos de construção mais eficazes e apresenta melhor custo-benefício. As falhas são corrigidas, pois todos os aspectos da construção são tridimensionais, facilitando a identificação de conflitos geométricos entre os elementos da edificação, bem como as áreas do projeto que estão faltando informações detalhadas. Dessa forma, a ferramenta consegue

diminuir os impactos negativos que ocorrem em toda a cronologia da edificação, do início do projeto até o fim da obra.

O BIM é um modelo de informação do edifício que abrange a construção de forma integrada, desde a concepção até a utilização, manutenção e demolição. É necessário utilizá-lo de maneira crítica, percebendo as desvantagens e vantagens e estudando como desfrutar da melhor maneira, e atingindo também os seus erros e problemas para sugerir mudanças e correções (FERREIRA, 2007).

De acordo com Goes (2011), a tecnologia BIM é favorável para detectar e visualizar as incompatibilidades entre os projetos das diversas áreas, contribuindo na tomada de decisão para indicar saídas e resolver os problemas. Mesmo assim, nota-se que sua utilização como ferramenta de coordenação de projetos ainda não está estabilizada. O procedimento de compatibilização ainda acontece com as ferramentas CAD em um ambiente bidimensional pela grande parte dos projetistas. No Brasil, os principais problemas encontrados nos escritórios quanto à implantação do sistema BIM são a carência de tempo para implantação da tecnologia e a resistência de modificação de *software* pelos profissionais da área.

### **3 Estudo de Caso**

#### **3.1 Características do Projeto**

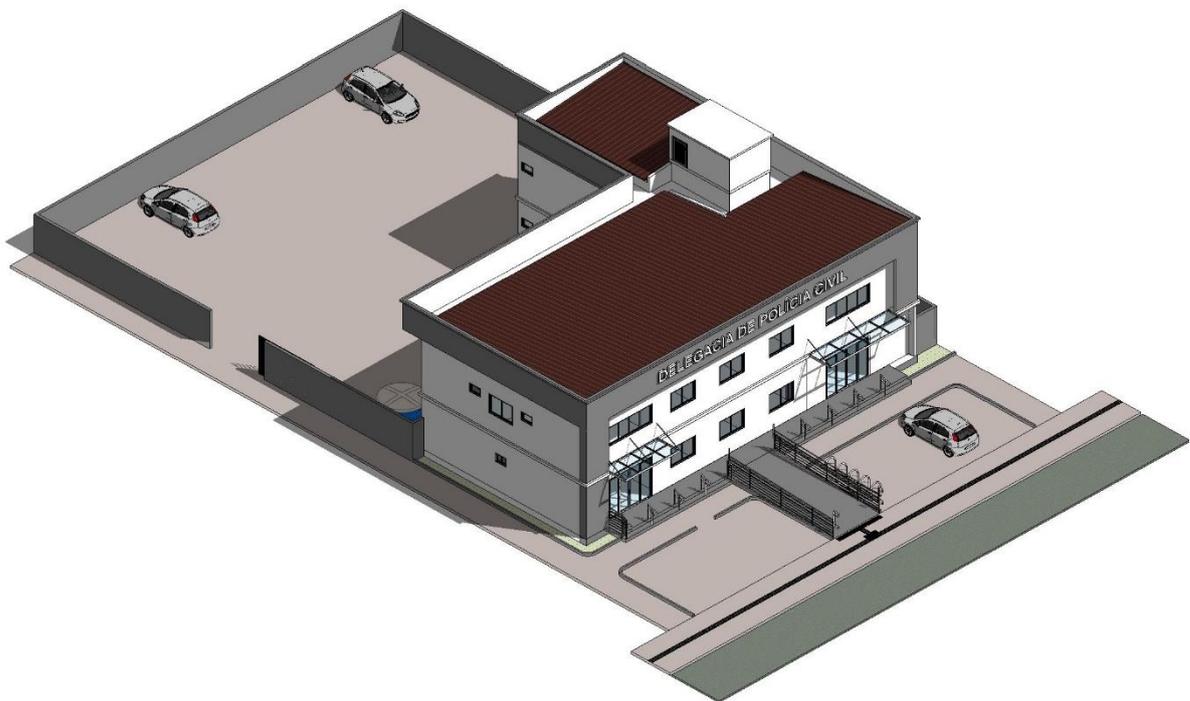
Como objeto de pesquisa para o desenvolvimento deste artigo foram utilizados os projetos de arquitetura e engenharia de uma edificação destinada a abrigar uma delegacia de polícia civil, a figura 2 traz uma perspectiva de sua modelagem tridimensional. Com área total construída de 539,93 metros quadrados, distribuída em dois pavimentos (térreo e superior), a edificação foi inteiramente projetada em concreto armado e alvenaria de vedação.

Os ambientes internos foram distribuídos da seguinte maneira pelo projeto arquitetônico:

- Pavimento Térreo: uma recepção; sete salas para uso administrativo, sendo uma delas com WC privativo; dois sanitários para pessoas com deficiência (BWC PCD); um alojamento com BWC; uma sala com BWC; e área de custódia com duas celas individuais.

- Pavimento Superior: uma recepção; seis salas para uso administrativo; dois gabinetes com WC privativo cada; uma copa; um depósito; um BWC; e dois sanitários para pessoas com deficiência (BWC PCD).

Figura 2 – Perspectiva Arquitetônica da Delegacia de Polícia Civil



Fonte: Elaboração do autor, 2019.

### 3.2 Compatibilização dos Projetos de Engenharia

Como já mencionado, o projeto em estudo foi elaborado, inicialmente, em ferramentas de desenho bidimensionais. Apesar de ser o método de trabalho mais difundido no mercado, a sobreposição de projetos através da simples representação gráfica dos sistemas é um processo limitado, que exige maior tempo para a realização da atividade e depende muito da interpretação pessoal do profissional responsável.

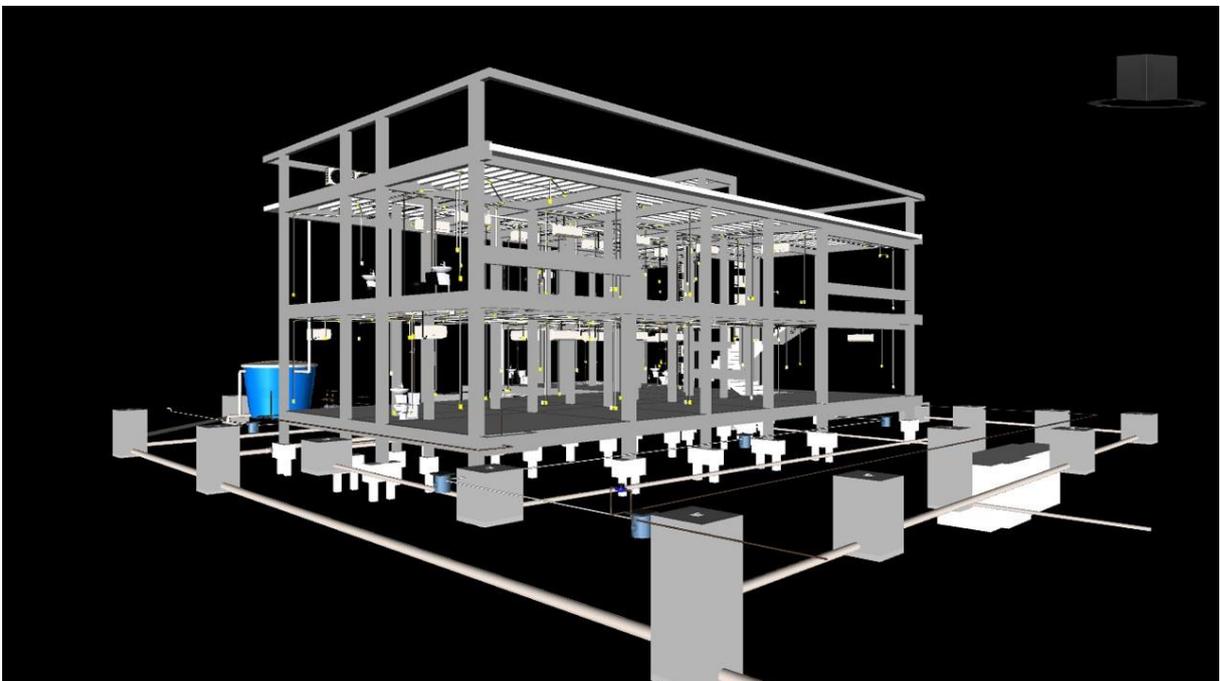
A partir dos projetos já desenvolvidos, todas as disciplinas contratadas para execução da obra foram modeladas, individualmente, no Revit - o *software* de modelagem tridimensional, que integra o sistema BIM. Posteriormente, todos os modelos foram levados a um segundo *software* para a compatibilização, o *Navisworks*. O procedimento escolhido para a análise das incompatibilidades foi a associação a cada dois projetos, respeitando a seguinte ordem:

- Projeto Estrutural x Projeto de Instalações Hidrossanitárias
- Projeto Estrutural x Projeto de Climatização
- Projeto Estrutural x Projeto de Instalações Elétricas

- Projeto de Instalações Hidrossanitárias x Projeto de Climatização
- Projeto de Instalações Hidrossanitárias x Projeto de Instalações Elétricas
- Projeto de Instalações Hidrossanitárias x Projeto de Instalações Hidrossanitárias
- Projeto de Instalações Elétricas x Projeto de Climatização
- Projeto de Instalações Elétricas x Projeto de Instalações Elétricas

Na figura 3 é possível observar todos os projetos complementares lançados no *software* de compatibilização. E o resultado de cada uma das análises realizadas foram detalhadas nos tópicos a seguir.

Figura 3 – Modelo 3D dos Projetos Complementares da Delegacia de Polícia Civil



Fonte: Elaboração do autor, 2019.

### 3.2.1 Projeto Estrutural x Projeto de Instalações Hidrossanitárias

Tabela 1 – Incompatibilidades entre Projeto Estrutural e Projeto de Instalações Hidrossanitárias

| Descrição de Incompatibilidades   | Ocorrências | %     |
|---|-------------|-------|
| Lajes Treliçadas x Instalações Hidrossanitárias                           | 74          | 50,34 |
| Vigas x Instalações Hidrossanitárias                                      | 60          | 40,82 |
| Lajes Treliçadas x Equipamentos Sanitários (Incompatibilidades Ignoradas) | 8           | 5,44  |
| Pilares x Instalações Hidrossanitárias                                    | 3           | 2,04  |
| Blocos de Fundação x Instalações Hidrossanitárias                         | 2           | 1,36  |

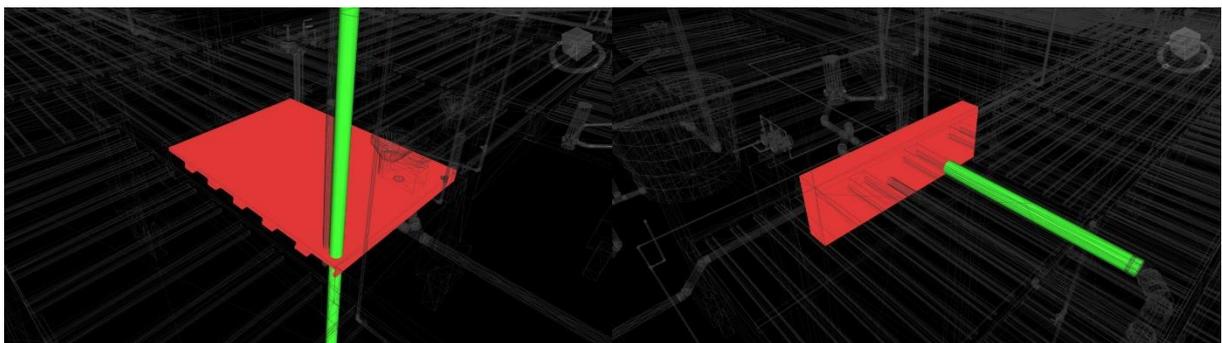
Fonte: Elaboração do autor, 2019.

De acordo com a Tabela 1, a verificação de incompatibilidades entre os projetos de estrutura e de instalações hidrossanitárias apresentou, no total, 147 interferências físicas entre os elementos dos sistemas analisados. Cerca de 50,34% dos problemas diagnosticados refletem a ausência de previsão de furos nas lajes dos pavimentos para a passagem das tubulações verticais. A segunda maior incidência de incompatibilidade, o equivalente a 40,82% das ocorrências, corresponde aos conflitos entre tubulações horizontais e vigas, resultado do espaço limitado pelo pé-direito do ambiente para execução das instalações sanitárias dos pavimentos superiores.

Ainda de acordo com a tabela supracitada, cerca de 5,44% não configuram de fato incompatibilidade e, portanto, devem ser ignoradas. Neste caso, o *software* identificou como interferência física a superfície de contato entre alguns equipamentos sanitários e as lajes dos pavimentos, como na prática a ocorrência não se justifica, o erro indicado deve ser desconsiderado.

A figura 4 apresenta exemplos das duas principais incompatibilidades identificadas pelo *software* nesta análise. À esquerda, o conflito entre o tubo de queda para esgoto sanitário (tubulação vertical) e a laje treliçada do pavimento. E à direita, o encontro entre tubulação sanitária horizontal e viga.

Figura 4 – Incompatibilidades identificadas pelo *software Navisworks*



Fonte: Elaboração do autor, 2019.

### 3.2.2 Projeto Estrutural x Projeto de Climatização

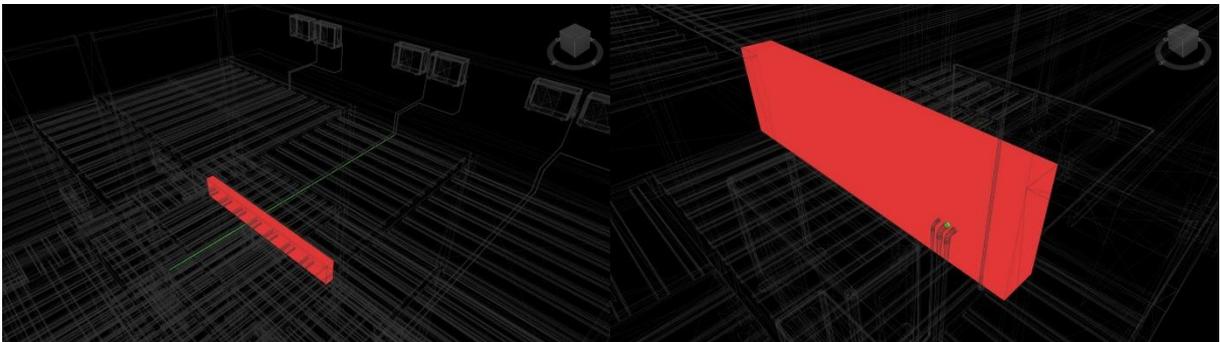
Tabela 2 – Incompatibilidades entre Projeto Estrutural e Projeto de Climatização

| Descrição de Incompatibilidades   | Ocorrências | %      |
|---|-------------|--------|
| Elementos Estruturais (vigas, pilares e lajes) x Tubulações para Climatização | 116         | 100,00 |

Fonte: Elaboração do autor, 2019.

A análise de interferências entre projeto estrutural e projeto de climatização resultou em 116 ocorrências de incompatibilidade, conforme tabela 2. De maneira similar a análise realizada no item **3.2.1 - Projeto Estrutural x Projeto de Instalações Hidrossanitárias**, deste mesmo artigo, os problemas detectados estão relacionados a conflitos de tubulações e conexões para equipamentos de climatização e elementos estruturais, como exemplificado na figura 5.

Figura 5 – Interferências físicas entre vigas e tubulações/conexões para equipamentos de climatização



Fonte: Elaboração do autor, 2019.

### 3.2.3 Projeto Estrutural x Projeto de Instalações Elétricas

Tabela 3 – Incompatibilidades entre Projeto Estrutural e Projeto de Instalações Elétricas

| Descrição de Incompatibilidades                   | Ocorrências | %     |
|---|-------------|-------|
| Vigas x Conduítes x Conexões Elétricas            | 20          | 38,46 |
| Lajes Treliçadas x Conduítes e Conexões Elétricas | 14          | 26,92 |
| Escada x Conduítes x Conexões Elétricas           | 10          | 19,23 |
| Pilares x Conduítes x Conexões Elétricas          | 8           | 15,38 |

Fonte: Elaboração do autor, 2019.

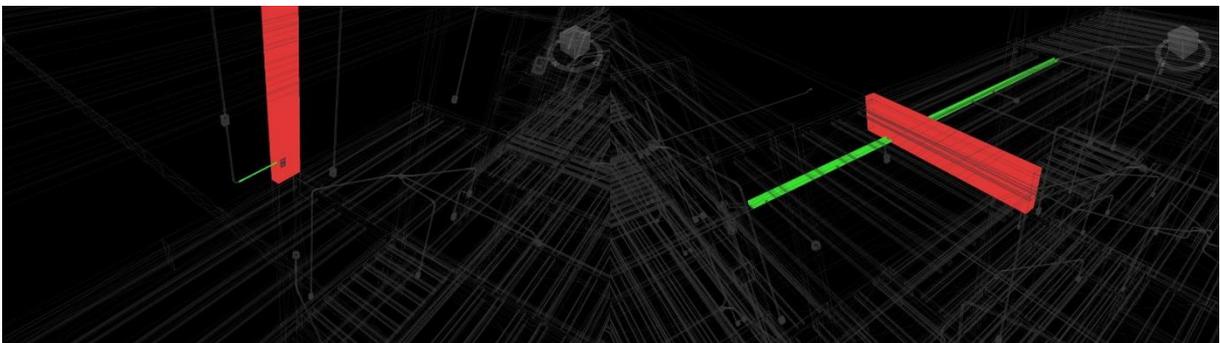
Dentre as análises de compatibilização realizadas com o projeto estrutural, as instalações elétricas foram as que menos apresentaram ocorrências de interferências físicas entre os elementos, como demonstrado pela tabela 3.

Cerca de 38,46% das incompatibilidades correspondem ao conflito de conduítes e conexões elétricas com vigas. Em comparação com as análises anteriores, a redução do número de problemas diagnosticados entre instalações e vigas é justificada pela distribuição dos elementos junto ao forro do pavimento, imediatamente abaixo das vigas, evitando assim conflitos entre os mesmos.

Apesar de serem listadas como incompatibilidades pelo *software*, algumas situações não devem ser entendidas como tal. É extremamente comum que os eletrodutos flexíveis (conduítes) sejam embutidos nas lajes dos pavimentos durante a execução da obra, por exemplo. Dessa forma, seria um equívoco enquadrar essas ocorrências como graves problemas de compatibilização.

A figura 6 traz algumas das interferências entre elementos identificadas na análise de projeto estrutural e de instalações elétricas. À esquerda, o encontro entre conduíte e caixa para tomada simples em pilar de concreto. E o conflito entre o perfilado metálico para passagem de fiação e a viga, à direita.

Figura 6 – Incompatibilidades entre projeto estrutural e projeto de instalações elétricas



Fonte: Elaboração do autor, 2019.

### 3.2.4 Projeto de Instalações Hidrossanitárias x Projeto de Climatização

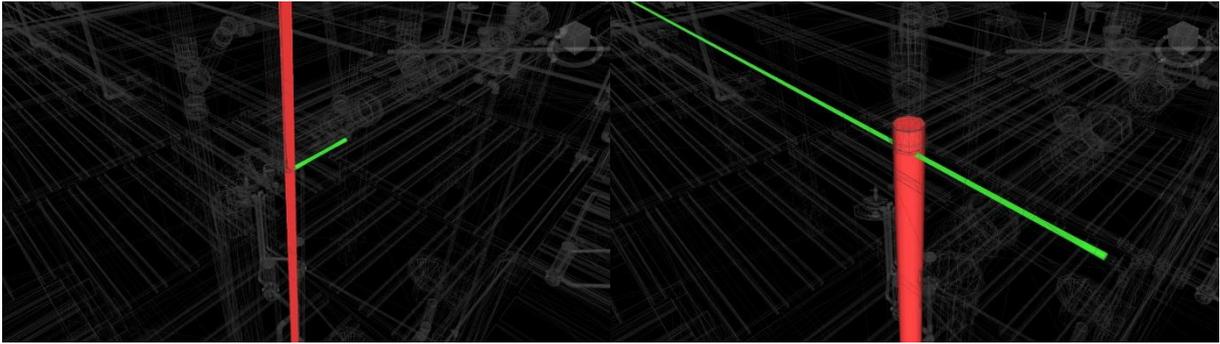
Tabela 4 – Incompatibilidades entre Projeto de Instalações Hidrossanitárias e Projeto de Climatização

| Descrição de Incompatibilidades                                      | Ocorrências | %      |
|--|-------------|--------|
| Tubulações Sanitárias x Tubulações para Equipamentos de Climatização | 11          | 100,00 |

Fonte: Elaboração do autor, 2019.

Conforme tabela 4, na associação do projeto de instalações hidrossanitárias com o projeto de climatização foram encontradas 11 ocorrências de sobreposição entre as tubulações utilizadas pelos dois sistemas. Algumas destas interferências podem ser visualizadas na figura 7.

Figura 7 – Incompatibilidade entre projeto de instalações hidrossanitárias e projeto de climatização



Fonte: Elaboração do autor, 2019.

### 3.2.5 Projeto de Instalações Hidrossanitárias x Projeto de Instalações Elétricas

Tabela 5 – Incompatibilidades entre Projeto de Instalações Hidrossanitárias e Projeto de Instalações Elétricas

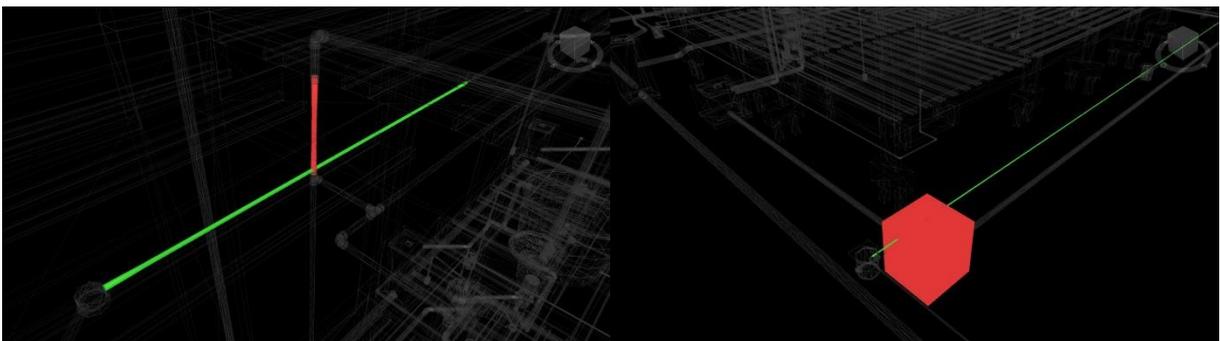
| Descrição de Incompatibilidades                                | Ocorrências | %     |
|--|-------------|-------|
| Instalações Hidrossanitárias e Elétricas (Internas)            | 13          | 68,42 |
| Caixas de Passagem Hidrossanitárias e de Instalações Elétricas | 6           | 31,58 |

Fonte: Elaboração do autor, 2019.

De acordo com a tabela 5, aproximadamente 31,58% das incompatibilidades identificadas estão relacionadas aos conflitos entre as tubulações externas e as caixas de passagem dos respectivos projetos.

Na figura 8, é possível observar exemplos das duas principais ocorrências de incompatibilidade. À esquerda, conflito entre tubulação hidráulica vertical e tubulação flexível horizontal para passagem de fiação elétrica. E à direita, interferência externa entre os sistemas no pátio da edificação, neste caso o conduíte passa por dentro de uma caixa de passagem para efluentes sanitários.

Figura 8 – Incompatibilidades entre projeto de instalações hidrossanitárias e projeto de instalações elétricas



Fonte: Elaboração do autor, 2019.

### 3.2.6 Projeto de Instalações Hidrossanitárias x Projeto de Instalações Hidrossanitárias

Tabela 6 – Incompatibilidades entre Elementos do Projeto de Instalações Hidrossanitárias

| Descrição de Incompatibilidades                                    | Ocorrências | %      |
|--|-------------|--------|
| Tubulações, conexões, caixas de passagem e equipamentos sanitários | 75          | 96,15% |
| Instalações hidráulicas x instalações sanitárias                   | 3           | 3,85   |

Fonte: Elaboração do autor, 2019.

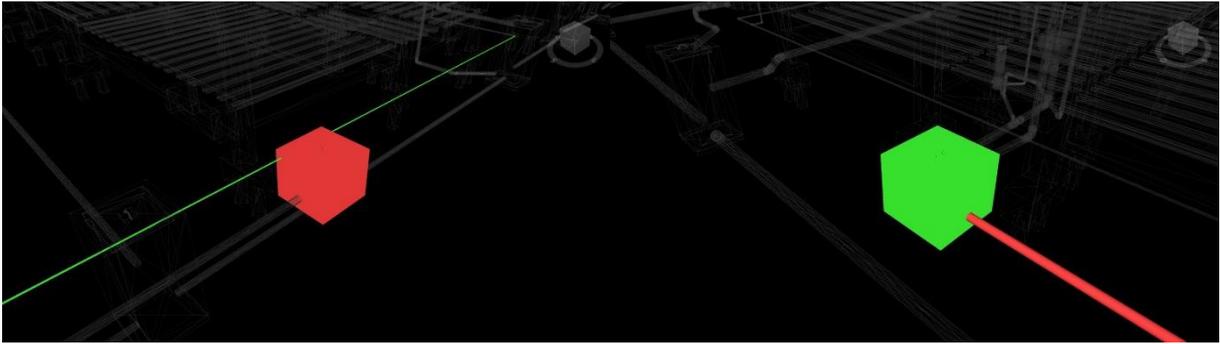
Com o objetivo de identificar conflitos entre os elementos de uma mesma disciplina de projeto, é possível realizar a verificação de compatibilidade nas instalações de um único sistema, sem a combinação de um segundo projeto. A análise entre os elementos do projeto de instalações hidrossanitárias buscou diagnosticar a sobreposição de tubulações e conexões hidráulicas, sanitárias e pluviais, por exemplo.

Na análise apresentada pela tabela 6, apenas 3,85% das ocorrências de incompatibilidade merecem destaque e exigem uma maior atenção do profissional responsável pela compatibilização. Elas correspondem a interferências entre elementos de sistemas distintos da mesma disciplina de projeto, por exemplo as tubulações para alimentação de água potável da caixa d'água interceptando as caixas de passagem dos efluentes sanitários.

Como já demonstrado no decorrer deste artigo, alguns erros identificados pelo *software* devem ser desconsiderados por não representarem exatamente incompatibilidade de projeto, e sim equívocos de lançamento durante a modelagem 3D. É o que acontece com as caixas de passagem que não preveem todas as entradas e saídas de tubulações e durante a verificação de compatibilidade acusam interferências físicas dos elementos. Nesses termos, cerca de 96,15% das ocorrências de sobreposição nesta análise do projeto de instalações hidrossanitárias podem ser ignoradas.

Na figura 9, é possível observar um exemplo de cada tipo de incompatibilidade identificada. À esquerda, conflito entre tubulação hidráulica e caixa de passagem para efluente sanitário. E à direita, interferência entre caixa de passagem e a sua respectiva tubulação, em virtude da modelagem 3D.

Figura 9 – Incompatibilidades entre sistemas do projeto de instalações hidrossanitárias

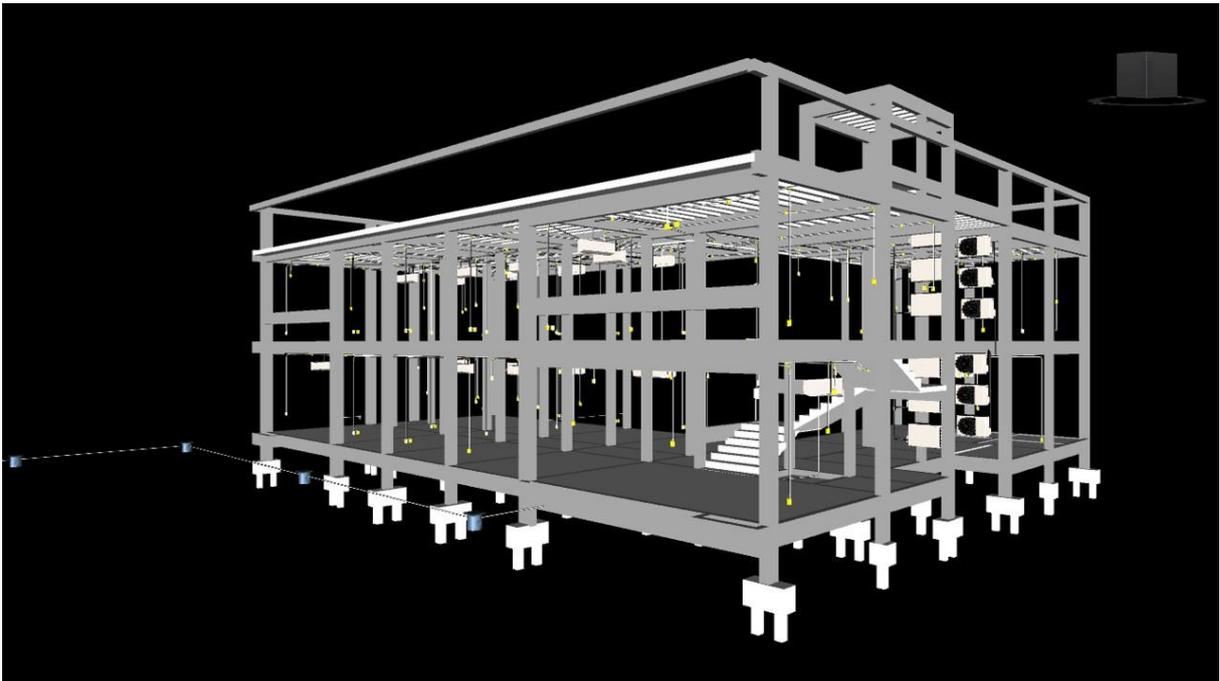


Fonte: Elaboração do autor, 2019.

### 3.2.7 Projeto de Instalações Elétricas x Projeto de Climatização

A associação entre as disciplinas de instalações elétricas e de climatização, figura 10, demonstrou que os projetos estão compatibilizados, não apresentando nenhum tipo de sobreposição entre os sistemas analisados.

Figura 10 – Modelo 3D: Instalações elétricas e de climatização



Fonte: Elaboração do autor, 2019.

### 3.2.8 Projeto de Instalações Elétricas x Projeto de Instalações Elétricas

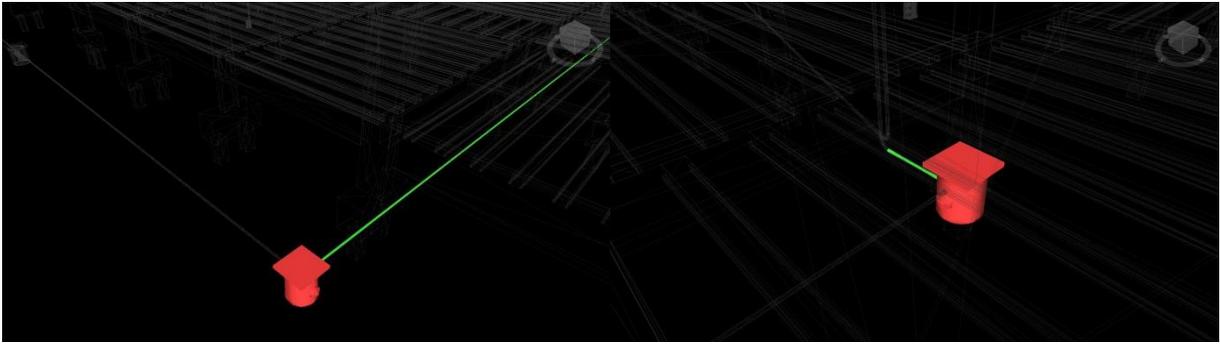
Tabela 7 – Incompatibilidades entre Elementos do Projeto de Instalações Elétricas

| Descrição de Incompatibilidades | Ocorrências | %      |
|---------------------------------|-------------|--------|
| Instalações elétricas           | 11          | 100,00 |

Fonte: Elaboração do autor, 2019.

Como realizado anteriormente com o projeto de instalações hidrossanitárias, as instalações elétricas também foram compatibilizadas entre si, com os resultados apresentados pela tabela 7. A ausência de previsão de furos nas caixas de passagem para todas as entradas e saídas de tubulação acusaram interferências físicas entre os elementos do projeto. No entanto, por se tratar de um problema no lançamento do modelo tridimensional, as incompatibilidades devem ser ignoradas pelo profissional responsável pela atividade de compatibilização. A figura 11 traz exemplos das interferências identificadas pelo *software*.

Figura 11 – Incompatibilidade entre elementos do projeto de instalações elétricas

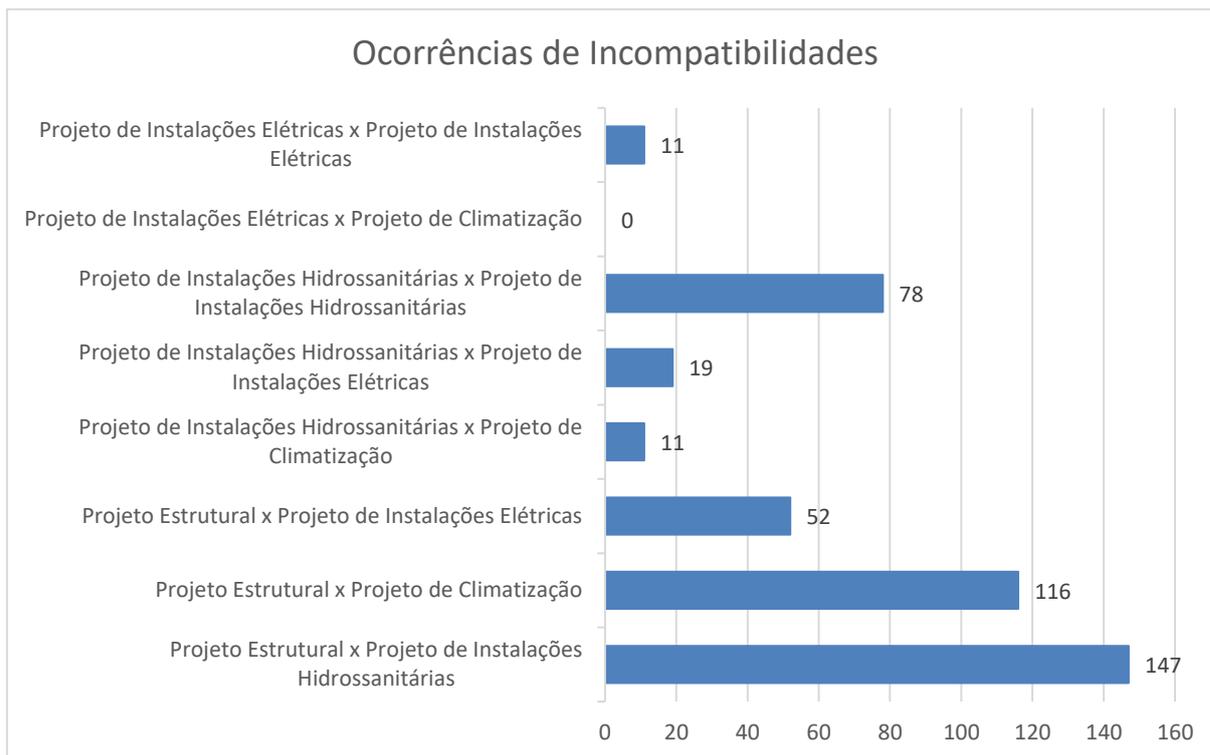


Fonte: Elaboração do autor, 2019.

### 3.3 Análise Global

Com base no gráfico 1, que representa todas as interferências físicas identificadas ao longo do processo de compatibilização, é possível admitir que a associação mais problemática, e que, portanto, exige uma maior atenção por parte dos projetistas, é a relação entre projeto estrutural e de instalações hidrossanitárias.

Gráfico 1 – Ocorrências de Incompatibilidades entre as Disciplinas de Projeto



Fonte: Elaboração do autor, 2019.

Apesar de não ser o foco deste artigo, a análise da associação entre elementos do projeto arquitetônico e de seus complementares é fundamental. Há na literatura científica diversas produções, como Callegari (2007), Souza (2010), Algayer (2014) e Bartolotto (2014), que listam as principais ocorrências de incompatibilidade entre esses projetos, como por exemplo, o desalinhamento entre vigas, pilares e paredes de alvenaria, interferências entre elementos estruturais e esquadrias, conflito com mobiliário, redução de pé direito, etc.

#### **4 Considerações Finais**

O processo de compatibilização é indispensável durante o desenvolvimento de um projeto de engenharia. A identificação de problemas ainda nesta etapa inicial evita surpresas desagradáveis durante a execução da obra. Conflitos que se não diagnosticados influenciariam diretamente os custos e prazos definidos no orçamento, em função do retrabalho e do consumo imprevisto de materiais, por exemplo.

Os resultados da pesquisa realizada permitiram avaliar o desempenho de um processo de compatibilização através da sobreposição de modelos tridimensionais das diversas disciplinas presentes em um projeto de arquitetura e engenharia. Entre as vantagens do uso dessa tecnologia, destacam-se a agilidade obtida no processo de compatibilização, a detecção

automática de interferências entre elementos, a comunicação eficaz entre os sistemas e a significativa redução de erros de projeto. A principal desvantagem do uso dessa tecnologia está no tempo de implantação do processo, devido à complexidade dos *softwares*, e uma maior exigência de qualificação profissional.

É importante destacar que, apesar de sua precisão em comparação com outros modelos, a análise de incompatibilidade realizada pelo *software Navisworks* não é infalível e deve ser cuidadosamente explorada pelo profissional responsável pelo processo de compatibilização. No estudo de caso apresentado ao longo deste artigo, por exemplo, foi possível identificar diversas interferências físicas entre elementos que não deveriam ser tratadas como incompatibilidades, pois foram resultados de equívocos no lançamento das modelagens 3D.

### **PROJECTS COMPATIBILITY: A CASE STUDY USING 3D MODELING TOOLS**

**Abstract:** This article aims to make the compatibility of an engineering project in its various disciplines through 3D modeling software, identifying the incompatibilities that was not observed during the development of the project, as well as to diagnose the main occurrences of physical interference between the elements of the analyzed systems. The bibliographic review that served as a theoretical basis for this work was elaborated from several academic materials that approach the proposed theme. The case study was developed from the architectural and engineering projects of a construction destined to receive a police station. The automation of the compatibilization process brings innumerable advantages, such as a faster development of the project and reduction of errors in later stages of execution of the work. Although initially requiring a longer deployment time, due to its complexity, the compatibilization process through 3D modeling is the solution that best meets the current market needs.

**Keywords:** Project. Three-dimensional Modeling. Compatibility.

#### **Referências**

ALGAYER, T. A. **Compatibilização de projetos na construção civil: Um estudo do panorama atual e das interferências entre os principais tipos de projetos**. 2014. 141 p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. NBR 5674/1999. **Manutenção de edificações** – Procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.

ÁVILA, V.M. **Compatibilização de projetos na construção civil: Estudo de caso em um edifício residencial multifamiliar**. Belo Horizonte, 2011.

BORTOLOTTO, Mariana Cristina. **Compatibilização de projetos de uma habitação: Verificação de incompatibilidades no sistema de projeção 2D e na modelagem 3D.** 2014. 112 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

CALLEGARI, Simara. **Análise da Compatibilização de Projetos em Três Edifícios Residenciais Multifamiliares.** 2007. 160 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

DAMIAN, P.; YAN, H. **Benefits and Barriers of Building Information Modelling.** Department of Civil and Building Engineering, Loughborough University, UK 2007.

FERREIRA, S.L. **Da engenharia simultânea ao modelo de informações de construção (BIM): contribuição das ferramentas ao processo de projeto e produção e vice-versa.** Escola Politécnica da USP. São Paulo, 2007.

GALASSI, Carlos P. **O gerenciamento da comunicação na visão de um coordenador de projetos.** 2011. 47 f. Monografia (Especialização) - Curso de MBA em Gerência de Projetos, Fundação Getúlio Vargas, Salvador, 2011.

GIACOMELLI, Wiliana. **Compatibilização de Projetos – Estudo de Caso.** Disponível em: <<http://www.ipog.edu.br/revista-especialize-online-busca/?autor=Wiliana%20Giacomelli>>. Acesso em: 15 de janeiro de 2019.

GOES, R.H.T.B. **Compatibilização de projetos com a utilização de ferramentas BIM.** Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, São Paulo, 2011.

GRAZIANO, F. P. **Compatibilização de Projetos.** Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT (Mestrado Profissionalizante), São Paulo, 2003.

MACIEL, L.L.; MELHADO, S.B. **Qualidade na construção civil: fundamentos.** São Paulo, EPUSP, 1995. (Texto Técnico. Departamento de Engenharia de Construção Civil, TT/PCC/15).

MELHADO, S. B.; AGOPYAN, V. **O conceito de projeto na construção de edifícios: Diretrizes para sua elaboração e controle.** São Paulo, 1995.

MOTTEU & CNUUDE, **La gestion De La Qualité Durant La Construction: Action Nene en Belgique Par Le Comité. “Qualité Dans La Constructon”.** In: Cib Triennial Congress,11, Paris, 1989. Quality for Building Users Throughout the world, s.l. cib, 1989. v.1, t3, p265 – 276.

NASCIMENTO, J. M. **A importância da compatibilização de projetos como fator de redução de custos na construção civil.** Instituto de Pós-Graduação – IPOG. Goiânia, GO. 2013.

NASCIMENTO, R. L. **Compatibilização de Projetos de Edificações.** 2015. 55 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

PICCHI, F. A. **Sistema de qualidade: uso em empresas de construção.** 1993. 461p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1993.

RODRÍGUEZ, M. A. A. **Coordenação Técnica de Projetos: Caracterização e subsídios para sua aplicação na gestão do processo de projeto de edificações.** 2005. 186 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

SALGADO, Mônica Santos. **Gestão do Processo de Projeto na Construção do Edifício – revisão 1.** Apostila. GEPARQ – Grupo de Pesquisa Gestão em Projetos de Arquitetura, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.

SILVA, M.V.M.F.P. **As Atividades de Coordenação e a Gestão do Conhecimento nos Projetos de Edificações.** Dissertação. Construção Civil. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2004.

SOUSA JUNIOR, Almir Mariano de; MAIA, Clívia Corina Lima Lobo; CORREIO, Prisciliane Roberta Paula de Azevedo. **Compatibilização de projeto arquitetônico, estrutural e sanitário: Uma abordagem teórica e estudo de caso.** 2014. 3244 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Centro do Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

SOUSA, F.J. **Compatibilização de projetos em edifícios de múltiplos andares – Estudo de caso.** Universidade Católica de Pernambuco (Dissertação). Recife, 2010.