

ESTUDO SOBRE A COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS UTILIZANDO A METODOLOGIA BIM E A SOBREPOSIÇÃO DE DESENHOS 2D

STUDY ON PROJECT COMPATIBILITY USING THE BIM METHODOLOGY AND OVERLAY OF 2D DRAWINGS

SILVA, Carlos Alexandre de Souza¹
BACIL, Gabriella de Alencar Saboya²

Resumo: Este trabalho tem como objetivo analisar o potencial da compatibilização de projetos de edificações utilizando ferramentas BIM, como uma alternativa ao método de sobreposição de desenhos bidimensionais, em especial, com o auxílio do CAD 2D, amplamente utilizado atualmente. A primeira etapa da pesquisa foi o desenvolvimento de uma pesquisa bibliográfica, buscando comparar as principais características do modelo de informação da construção, que o diferem da metodologia tradicional, além de fazer um levantamento das principais ferramentas BIM disponíveis. A segunda etapa da pesquisa consiste na realização de um estudo de caso, no qual foram desenvolvidos modelos tridimensionais, utilizando o software Revit, dos projetos de arquitetura, estrutura e hidráulico de um edifício já em fase de execução. Posteriormente, estas disciplinas foram submetidas a confrontos duas a duas para verificação das interferências físicas, com o auxílio do software Navisworks. Foram gerados três relatórios de conflitos que detectaram, ao todo 281 conflitos, sendo 20 considerados relevantes e que poderiam, eventualmente, ocasionar em problemas na execução da obra do empreendimento. Concluiu-se que isso se deve ao fato de a utilização do modelo de informações facilita a visualização das interferências e as detecções automáticas, o que reduz consideravelmente a falha humana neste processo.

Palavras-chave: Desenho, Modelagem de Informações de Construção, Projetos, Compatibilização.

Abstract: This project to analyze the potential for the compatibility of building projects using BIM tools, as an alternative to the method of superimposing two-dimensional drawings, especially with the help of 2D CAD, which is widely used today. The first stage of the research involved a literature review, seeking to compare the main characteristics of the building information model that differentiate it from traditional methodology, in addition to surveying the main available BIM tools. The second stage consisted of a case study, in which three-dimensional models were developed using Revit software for the architectural, structural, and hydraulic projects of a building already in the construction phase. Subsequently, these disciplines were subjected to pairwise comparisons to verify physical interferences using Navisworks software. Three conflict reports were generated, detecting a total of 281 conflicts, 20 of which were considered significant and could potentially cause problems during the project's construction. The conclusion was that this is due to the fact that the use of the information model facilitates the visualization of interferences and automatic detection, which significantly reduces human error in this process.

Keywords: Design, Building Information Modeling, Projects, Compatibility.

1 Professor da Coordenação de Engenharia Civil – CEFET-RJ – carlos.souza@cefet-rj.

2 Aluna da Coordenação de Engenharia Civil – CEFET-RJ – gabriella.bacil@aluno.cefet-rj.br

1. INTRODUÇÃO

Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023), no ano de 2022 o Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro teve um crescimento de 2,9% e nesse mesmo período o PIB da Construção Civil do país subiu 6,9%. Trata-se de um segmento com alta capacidade de geração de empregos, tendo sido responsável pela geração de 10% dos empregos formais em 2022, sendo, portanto, de extrema relevância para diminuição das taxas de desocupação no Brasil (Associação Brasileira de Incorporações Imobiliárias – ABRAINC, 2023).

Santiago (2002), afirma que apesar de sua importância para a economia brasileira, o setor da construção civil e principalmente o subsetor de construções é considerado tradicional e conservador. Para manter essa importância econômica, são necessárias grandes mudanças no setor, com foco no uso de inovações tecnológicas. No entanto, essas inovações são pouco difundidas no setor devido aos altos riscos e incertezas a elas associados, conforme destacado por Toledo et al. (2000).

Na pesquisa desenvolvida por Abrantes (apud FABRICIO, 2002) esses itens foram responsáveis por 58% das condições. Por mais importantes que sejam, as construtoras costumam tratar os projetos como uma atividade secundária. Tais atividades muitas vezes são confiadas a projetistas independentes, contratados com base em padrões de preços de serviços, sem levar em conta a qualidade dos profissionais. (ÁVILA, 2011) Ao longo do processo de desenvolvimento dos projetos diversos projetistas, agentes do empreendimento e consultores são envolvidos.

Ademais, segundo Andery et al. (2000 apud FABRÍCIO, 2002), muitas das vezes os projetos não possuem informações claras e objetivas, verificando-se, inclusive, incompatibilidades entre suas especialidades. Esses problemas são responsáveis por comprometer o andamento da obra e qualidade do produto. Adicionalmente, a estrutura hierárquica do processo conduz a um amadurecimento independente dos projetos, o que dificulta o contato direto entre os vários especialistas envolvidos, limitando o processo de amadurecimento conjunto das várias especialidades. (FABRÍCIO, 2002). Portanto, pode-se dizer que para melhorar a qualidade do projeto como um todo é necessário formar uma equipe mais integrada e interativa.

O modelo BIM passou a ser utilizado mais como uma ferramenta de concepção e visualização do que para o desenvolvimento e gerenciamento de projetos (FERREIRA, 2007). Entretanto, de acordo com Tavares Junior (2001), o BIM é mais do que apenas um modelo para visualização tridimensional, trata-se de um modelo digital formado por um banco de dados que permite agregar informações para diversas finalidades, além de aumentar consideravelmente a

produtividade. Acredita - se que a modelagem colaborativa de informações relacionadas à construção em todas as disciplinas ao longo do ciclo de vida do projeto é crucial para integrar o processo e gerenciar as informações durante a construção da infraestrutura civil (TAVARES JÚNIOR, 2001).

2. FUNDAMENTAÇÃO TÉORICA

A definição estabelecida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT na Norma Brasileira - NBR 5674:1999, projeto é a “descrição gráfica e escrita das características de um serviço ou obra de Engenharia ou Arquitetura, definindo seus atributos técnicos, econômicos, financeiros e legais”.

Para Oliveira, Fabrício e Melhado (2004, p. 3, tradução nossa):

o projeto é fundamental para a introdução de inovações tecnológicas, para a redução de problemas patológicos e para garantir a qualidade, racionalidade e construtibilidade do empreendimento, trazendo assim, reflexos positivos na sua adequação ao uso, na redução do tempo total de execução e reduzindo os custos finais. O projeto deve, ainda, observar a segurança dos trabalhadores e a preservação do meio 19 ambiente, tanto na fase de execução quanto na fase de uso, operação e manutenção.³

Segundo Souza (1997) as soluções adotadas na etapa de projeto têm amplas repercussões em todo o processo de construção e na qualidade do produto a ser entregue ao cliente. É na etapa de projeto que acontecem a concepção e o desenvolvimento do produto, que devem ser baseados na identificação das necessidades dos clientes em termos de desempenho, custos e das condições de exposição a que será submetido.

A qualidade da solução de projeto determinará a qualidade do produto e consequentemente, condicionará o nível de satisfação dos usuários finais. No Brasil, algumas pesquisas informam que o desperdício na construção civil alcança até 25% do valor final do empreendimento (AGOPYAN, 2001), afetando significativamente as margens de lucro. Entretanto, segundo Pentillä (2005), menos de 10% dos custos de construção são investidos no projeto. A capacidade das fases de estudo de viabilidade e de projeto de influenciar nos custos totais da construção são muito maiores do que nas demais etapas do empreendimento, conforme ilustrado na Figura 1 (GOBIN ,1993; CII, 1987; HAMMARLUND e JOSEPHSON, 1992; apud FABRICIO, 2002).

Figura 1 - Capacidade das fases do projeto de influenciar nos custos finais de um empreendimento.



Fonte: Hammarlund e Josephson

Para Motteu e Cnudde (1989 apud MELHADO, 1994), “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”.

Conforme Duarte e Salgado (2002) desde que teve início a corrida pela certificação da qualidade pelas construtoras brasileiras, muito se discutiu acerca dos procedimentos de recebimentos de material, execução e controle dos serviços nas obras. Entretanto, sabe-se que um dos principais culpados pelas patologias nas construções é o projeto.

Diversos autores apresentam estudos realizados, principalmente em países da Europa, acerca da origem das patologias das construções. Os resultados de tais pesquisas confirmam as afirmações acima. Um estudo realizado na Suécia mostra que 20% dos custos das falhas internas⁴ e 51% dos custos das falhas externas⁵ têm o projeto como origem, representando, dessa forma, aproximadamente um terço do total dos custos de falhas da qualidade. Esses dados estão reproduzidos a Tabela 1. (HAMMARLUND e JOSEPH, 1992 apud MELHADO, 1994).

Tabela 1 - Distribuição dos custos das falhas internas e externas na Suécia

| ORIGENS DA FALHA | INTERNAS (% relativa) | EXTERNAS (% relativa) |
|--|--------------------------|--------------------------|
| Cliente | 3% | - |
| Projeto | 20% | 51% |
| Gerenciamento | 34% | - |
| Execução | 20% | 26% |
| Materiais | 20% | 10% |
| Equipamentos | 1% | - |
| Pós-ocupação | - | 9% |
| Outros | 2% | 4% |
| TOTAL (face aos custos de produção) | 6% | 4% |

Fonte: Hammarlund e Josephson

Os resultados das pesquisas de Motteu e Cnudde (1989 apud MELHADO, 1994) também apontam ligação entre erros de projeto e problemas patológicos. Segundo os autores, a fase de concepção e projeto é a principal origem das patologias, sendo responsáveis por 46% do total das falhas, enquanto apenas 22% dos problemas estão relacionados à fase de execução. Tais resultados estão representados na Gráfico 1.

Gráfico 1 - Origens de problemas patológicos das construções



Fonte: Motteu e Cnudde

Rodriguez (2001), por sua vez, aponta que, em estudos realizados em países europeus, aproximadamente 40% das falhas nas edificações tiveram origem em problemas relacionados ao projeto, e apenas entre 25 e 30% estariam relacionados à execução. Os resultados obtidos nesses estudos estão representados na Tabela 2.

Tabela 2 – Origem das falhas nas edificações

| ORIGEM DA FALHA | % DO TOTAL |
|-----------------|------------|
| Projeto | 40 a 45% |
| Execução | 25 a 30% |
| Materiais | 15 a 20% |
| Uso | 10% |

Fonte: Rodriguez

Apesar dessa importância para os custos, para a qualidade e para o desenvolvimento do empreendimento em geral, os projetos têm sido tratados pelas empresas de construção como uma atividade secundária que é, geralmente, delegada a projetistas independentes, contratados por critérios preponderantemente de preço do serviço, sem levar em conta questões como a qualidade e a integração entre os diversos projetos (ÁVILA, 2011).

Uma das principais características dos projetos contemporâneos de edifícios é que a complexidade crescente dos empreendimentos exige a montagem de equipes de projeto maiores e a mobilização de conhecimentos mais especializados, caracterizando um processo multidisciplinar em que nenhum profissional isoladamente detenha os conhecimentos e qualificações necessários para exercer um controle total sobre a totalidade do processo de projeto. (FABRÍCIO, 2002)

Os autores Adesse e Melhado (2003) afirmam que, de acordo com a Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura – AsBEA, são 32 os possíveis projetos, além da arquitetura, que fazem parte hoje de um projeto de edifício, ainda que não obrigatoriamente façam parte de todos. Entre eles estão os projetos de instalações hidráulicas, elétricas, estrutura, telefonia, incêndio, ar-condicionado, lógica, impermeabilização, alvenarias, fachadas, caixilharia, paisagismo, comunicação visual, decoração de interiores, entre outros, de acordo com a necessidade do empreendimento e as exigências do empreendedor (ADESSE, 2006).

Portanto, é no projeto da edificação em que as principais decisões são tomadas, definindo-se os custos posteriores da execução, e onde os erros devem ser evitados. Dentro desse contexto, a compatibilização de projetos é um processo necessário para a melhora da qualidade e para o aumento da racionalização da obra, buscando solucionar aspectos da falta de eficiência do setor da construção. (GOES, 2011).

3. COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

A compatibilização de projetos, de acordo com Rodríguez (2005), consiste na análise, verificação e correção das interferências físicas entre os diversos projetos de uma edificação. O processo de compatibilização visa a detecção de inconsistências geométricas e interferências entre as diversas disciplinas de projeto, reduzindo, assim, falhas desde o estudo preliminar até a fase de execução da obra. Além disso, este processo busca a otimização da utilização de recursos, como materiais, tempo e mão de obra. (CALLEGARI; BARTH, 2007).

Para Horostecki (2014 apud ALGAYER, 2014), levando em conta os sistemas multidisciplinares presentes em um projeto, que, em sua maioria, são desenvolvidos por profissionais de origens distintas, aumentam-se as chances de problemas construtivos. Portanto, a compatibilização é a ferramenta responsável por identificar os problemas antes do início da construção, evitando retrabalhos e garantindo o cumprimento de prazos e custos preestabelecidos.

De acordo com Melhado (2005) a compatibilização deve ser feita depois dos projetos já finalizados, como uma revisão geral, de modo que se possa detectar possíveis erros. Já para Rodriguez e Heineck (2003), a compatibilização deve ocorrer ao final de cada etapa de projeto, ou seja, estudo preliminar, anteprojeto, projetos legais e projetos executivos, visando uma integração das soluções e a verificação de suas interferências geométricas. Segundo Rodriguez (2005 apud GOES, 2011), entre os fatores relacionados aos aumentos dos custos pela falta de compatibilização dos projetos, então os seguintes:

- a) Superdimensionamento ou subdimensionamento dos sistemas;
- b) Atrasos e retrabalhos devido a interferências entre os projetos, ou por falta ou incorreção de informações;
- c) Baixa produtividade devido ao emprego de componentes não padronizados;
- d) Desperdício de recursos materiais e de mão de obra devido à falta de construtibilidade;
- e) Desperdício de recursos materiais e de mão de obra para a operação e a manutenção.

As técnicas de compatibilização são ferramentas que visam facilitar o trabalho do profissional responsável por esse serviço. Atualmente, a Tecnologia da Informação oferece recursos capazes de auxiliar nessa tarefa (NASCIMENTO, 2013).

Entretanto, apesar dos avanços tecnológicos na área, muitos profissionais da construção ainda utilizam a leitura de folhas bidimensionais sobrepostas, ou a sobreposição de layers (camadas) em sistemas computacionais de desenho, como o AutoCAD. (GOES, 2011).

Para que o processo de compatibilização no CAD 2D seja eficaz, é importante que haja uma

padronização gráfica dos projetos (layers, tipos de linha, cores, escalas etc.), porém, tendo em vista que grande parte dos projetos são elaborados por profissionais diversos, de origens e segmentos distintos, esses seguem a padronização de cada projetista, dificultando o trabalho de compatibilização (BORGES, 2019).

4. TECNOLOGIA BIM (BUILDING INFORMATION MODELING)

A definição do National BIM Standard - NBIMS (2007), do National Institute for Building Sciences - NIBS, dos EUA, o BIM, ou Modelagem da Informação da Construção, é a representação digital das características físicas e funcionais dos edifícios, que passa por todo ciclo de vida da obra, utilizando o recurso de informação compartilhada. O sistema BIM é mais do que um modelo para visualização do espaço projetado, é um o modelo digital composto por um banco de dados que permite agregar informações para diversas finalidades, além de aumento de produtividade e racionalização do processo. Também é comumente conhecido como Modelo Paramétrico da Construção Virtual (TSE; WONG; WONG, 2005).

Nascimento (2015) o descreve como um sistema criado para reunir todos os elementos relacionados à elaboração de um projeto, admitindo organizar, em um mesmo arquivo eletrônico, um banco de dados contendo todas as informações necessárias. Tais dados podem ser acessadas por todos os projetistas envolvidos.

A diferença entre um modelo BIM e um modelo 3D convencional é que este último é apenas uma representação tridimensional geométrica do edifício, enquanto um BIM é organizado como um protótipo do prédio, em termos de pisos do edifício, espaços, paredes, portas, janelas, entre outros elementos, e uma vasta gama de informações associadas a cada um desses componentes, através de relações paramétricas.

O modelo BIM pode normalmente ser visto em 3D, mas o modelo também inclui informações usadas por outros aplicativos de análise, tais como estimativa de custos, simulação de consumo de energia, iluminação natural, etc. (GENERAL SERVICES ADMINISTRATION, 2007a apud GOES, 2011, p. 45).

Goes (2011) acredita que os sistemas de tecnologia BIM podem ser considerados uma evolução dos sistemas CAD. Isso porque são capazes de integrar ao modelo tridimensional informações de todas as etapas de um empreendimento de construção.

Apesar de ambos os sistemas possibilitarem a geração de desenhos bidimensionais a partir dos modelos tridimensionais, o sistema BIM permite a geração automática de plantas e vistas

completas com simbologias bidimensionais, além de permitir também a edição manual (EASTMAN et al., 2008), enquanto o sistema CAD 2D/3D (tridimensional) ainda carece da inserção manual de algumas representações (FERREIRA, 2007).

O conceito BIM tem como primeiro exemplo um protótipo publicado por Charles M. “Chuck” Eastman, no Carnegie-Mellon University, em 1975. Esse trabalho inclui noções BIM, hoje rotineiras, como: estimativas de custos ou quantidades de materiais podendo ser facilmente geradas, um único banco de dados integrado para análises visuais e quantitativas, qualquer mudança realizada no projeto gera atualização dos demais dados e desenhos, entre outros (EASTMAN et al., 2008).

O termo BIM propriamente dito foi criado pela Autodesk em meados dos anos 1990, para promover o seu novo software, o Revit, introduzido em 2002 após a empresa adquiri-lo de uma start-up. Este foi considerado como a evolução mais recente dos métodos de desenho utilizados pela construção civil (COSTA, 2013).

As atuais ferramentas de projeto arquitetônico BIM surgiram dos recursos de modelagem paramétrica baseada em objetos desenvolvidos para projeto de sistemas mecânicos (EASTMAN et al., 2008).

Em sistemas BIM, os componentes do edifício são objetos digitais codificados que descrevem e representam os componentes do edifício da vida real. Por exemplo, um objeto parede é um objeto com propriedades de paredes e age como uma.

Isto quer dizer que este objeto é representado por dimensões como comprimento, largura e altura como também possui seus atributos parametrizáveis como materiais, finalidade, especificações, fabricante e preço, e permite a inserção de componentes como janelas e portas (CRESPO; RUSCHEL, 2007, p. 2). Kowaltowski (2011) define o termo paramétrico como um conjunto de propriedades cujos valores determinam as características ou o comportamento de um objeto qualquer.

Cada elemento construtivo tem características próprias, e o sistema entende o elemento como ele é e não apenas como um objeto geométrico. O objeto identificado pelo sistema comporta-se como se fosse um elemento real, podendo receber outros objetos ou recusá-los por incompatibilidades diversas (AYRES FILHO; SCHEER, 2007).

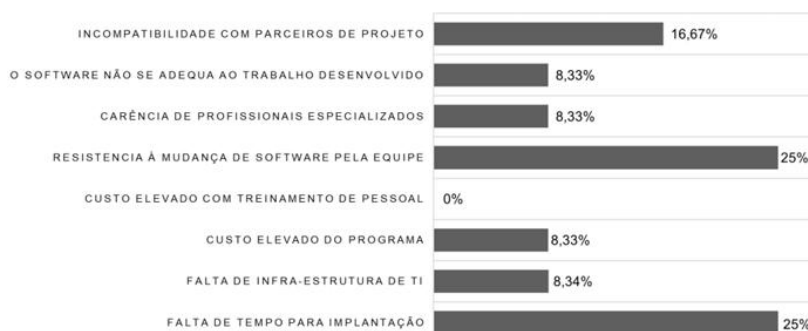
Depois de gerado o objeto parametrizado, as representações bidimensionais são geradas automaticamente. Quando o objeto é modificado, os desenhos finais (planta, vista, corte, perspectiva etc.) também o são. As modificações geradas em cada elemento modificam diretamente o modelo, fazendo com que o sistema detecte que o 3D modelo foi modificado e atualize as

informações de todas as outras instâncias integrantes do projeto. Por exemplo, ao se mudar as dimensões de uma porta na planta-baixa, as informações contidas nos quadros de esquadrias já são atualizadas com os novos valores (AYRES FILHO, 2009).

Paralelamente, o BIM trabalha de maneira que o desenho é automaticamente ajustado quando se modifica o valor de um elemento. Isso torna o modelo interativo e permite que o arquiteto explore alternativas diversificadas, possibilitando a visualização de diferentes soluções e auxiliando a tomada de decisão (OLIVEIRA; FABRÍCIO, 2009).

Souza et al. (2009) realizou uma pesquisa acerca das dificuldades para implantação do BIM no Brasil. Nela foram abordados os motivos pelo qual esse processo é dificultado, de acordo com empresas do setor. Os resultados são apresentados no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Dificuldades para implantação do BIM



Fonte: Souza et al.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desenvolvimento da modelagem tridimensional e a compatibilização por meio de softwares BIM foram feitos como forma de analisar possíveis interferências que não tenham sido verificadas no método de compatibilização inicialmente utilizado. Foram feitas, separadamente, a modelagem tridimensional dos projetos de arquitetura, estrutural, instalações hidráulicas e instalações sanitárias, utilizando o software Revit 2021, da Autodesk.

Posteriormente foram gerados relatórios de conflitos entre as citadas disciplinas, com o auxílio do software Navisworks Manage 2022.

Durante o desenvolvimento do presente trabalho, o empreendimento do estudo de caso em questão se encontrava em fase de execução, já tendo sido, portanto, compatibilizado.

5.1. Descrição do empreendimento

O empreendimento possui pavimentos térreo, cobertura, além de 7 pavimentos tipo, com área total de 243,54m² cada, que são a base para o presente estudo. Cada pavimento tipo possui 4 apartamentos, conforme mostra a Figura 2.

Figura 2 – Esquema em planta do pavimento tipo



Fonte: Elaborado pelos autores

5.2. Desenvolvimento do estudo

Foi subdividido em três fases, conforme mostra o Quadro 1.

Quadro 1 – Fases do desenvolvimento do estudo de caso

| FASES DO ESTUDO DE CASO |
|--|
| Primeira Fase |
| Modelagem 3D – Revit 2021 |
| Segunda Fase |
| Relatório de Conflitos – Navisworks 2022 |
| Terceira Fase |
| Análise e classificação das interferências físicas encontradas |

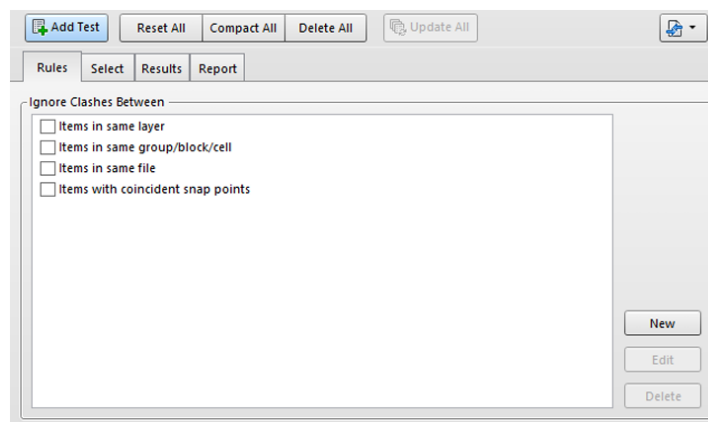
Fonte: Elaborado pelos autores

A primeira fase consistiu na modelagem tridimensional dos projetos de arquitetura, estrutura, instalações hidráulicas e instalações sanitárias. A segunda envolveu a exportação dos arquivos rvt. para o software Navisworks para que fossem gerados os relatórios de conflitos, comparando duas disciplinas entre si em cada um. A terceira do estudo de caso consiste na verificação dos conflitos encontrados e classificação dos mesmos.

5.3. Detecção de conflitos

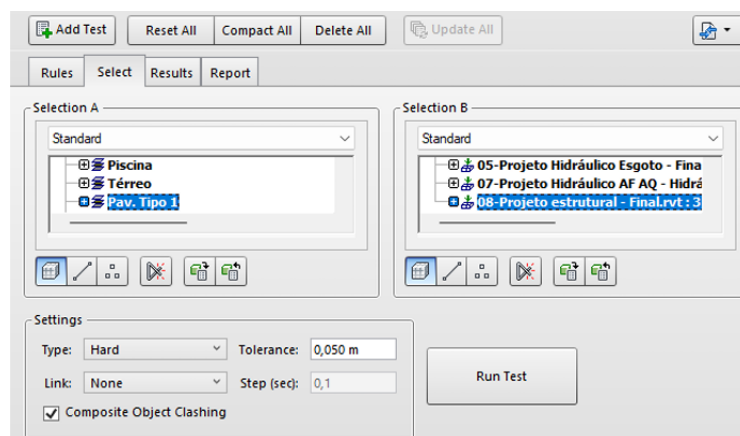
Após finalizar a modelagem tridimensional das disciplinas do projeto, de acordo com os projetos fornecidos em dwg., é possível realizar a detecção de interferências entre elas, duas disciplinas por vez. Esse processo deve ser realizando, iniciando a abertura do projeto de arquitetura no Revit e vinculando os demais arquivos rvt. desenvolvidos, do projeto estrutural, hidráulico de AF e AQ e hidráulico sanitário. Após esse passo, foi realiza-se a exportação do arquivo para o Navisworks, diretamente do Revit. Para que os relatórios de conflito sejam gerados, sendo necessária adoção de alguns parâmetros e configurações que são disponibilizados pelo software. Para todos os relatórios utilizada-se a mesma configuração, conforme mostra a Figura 3, para a aba "Rules", e a Figura 4, para a aba "Select".

Figura 3 – Configurações da aba “Rules” em Navisworks



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 4 - Configurações da aba “Select” em Navisworks

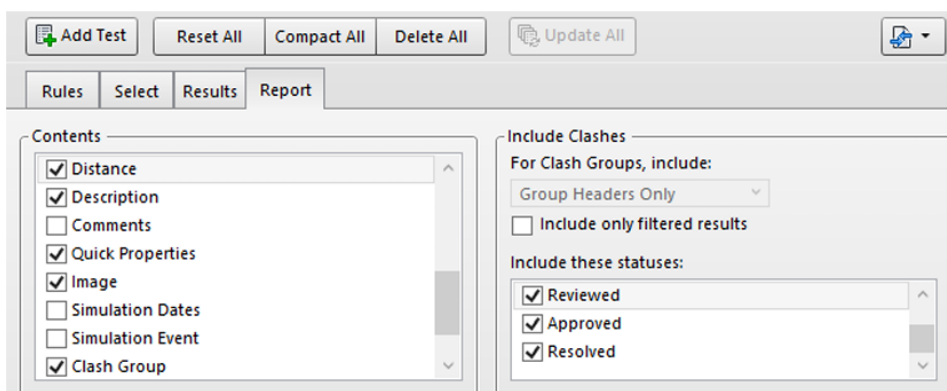


Fonte: Elaborado pelos autores

Conforme mostra a Figura 4, foi adotada uma tolerância (“tolerance”) de 5 centímetros. Essa configuração é responsável por determinar a precisão da análise de interferências. Além disso, foi definida uma tolerância de 5 centímetros, pois considerou-se que interferências com distâncias inferiores a essa não apresentam grandes riscos a obra e podem ser resolvidas in loco facilmente. Esta configuração pode variar conforme a necessidade e o interesse de quem realiza a análise. A seleção dos pavimentos na aba “Select” será abordada posteriormente.

Para gerar os relatórios, o software permite definir quais informações estarão presentes, selecionando-as na aba "Report", conforme mostra a Figura 5. Para o presente estudo, foram selecionados os seguintes itens: Summary (Sumário); item ID 48 (Identidade do item); Distance (Distância); Description (Descrição); Image (Imagem); Clash Group (Grupo de conflito); Quick Properties (Propriedades rápidas).

Figura 5 – Configurações na aba “Report” no Navisworks



Fonte: Elaborado pelos autores

A Figura 6 mostra o total de conflitos encontrados em cada relatório, antes da análise e classificação dessas interferências.

Figura 6 – Total de conflitos em cada relatório

| Name | Status | Clashes | New | Active | Reviewed | Approved | Resolved |
|-----------|--------|---------|-----|--------|----------|----------|----------|
| HID X EST | Done | 28 | 0 | 28 | 0 | 0 | 0 |
| ARQ X HID | Done | 56 | 0 | 56 | 0 | 0 | 0 |
| ARQ X EST | Done | 197 | 0 | 197 | 0 | 0 | 0 |

Fonte: Elaborado pelos autores

5.3.1. Relatório de Conflitos 1 (HID X EST)

Os conflitos envolvendo vigas e pilares são seriamente prejudiciais para a obra, sendo de extrema importância serem revistos ainda na fase de projeto. Esses tipos de interferências representam 12 dos 28 conflitos identificados pelo relatório gerado a partir da metodologia BIM, conforme mostra a Figura 7. Portanto, para o 50 empreendimento em questão, no qual a compatibilização foi feita apenas por sobreposição, tais problemas serão vistos apenas durante a fase de execução, podendo ocasionar custos extras e atraso no andamento da obra.

Figura 7 – Conflitos resolvidos e ativos HID X EST

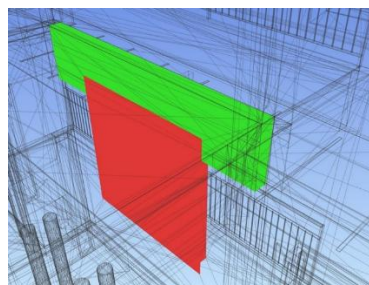
| Name | Status | Clashes | New | Active | Reviewed | Approved | Resolved |
|-----------|--------|---------|-----|--------|----------|----------|----------|
| HID X EST | Old | 28 | 0 | 12 | 0 | 0 | 16 |
| ARQ X HID | Done | 56 | 0 | 56 | 0 | 0 | 0 |
| ARQ X EST | Done | 197 | 0 | 197 | 0 | 0 | 0 |

Fonte: Elaborado pelos autores

5.3.2. Relatório de Conflitos 2 (ARQ X EST)

Optou-se por essa classificação pois estas interferências não representam grandes riscos à execução do empreendimento e são comumente previstos na fase de projetos. No entanto, vale ressaltar que esses conflitos devem ser analisados, principalmente para o caso de usar um software, como o próprio Navisworks, para calcular o orçamento da obra. Nesse caso, o orçamento pode não ser fiel a realidade. Além desses, foram detectados 8 conflitos entre vigas e janelas. Diferente dos anteriores, esses podem ser extremamente prejudiciais ao desenvolvimento da obra, podendo ocasionar em retrabalho, atrasos e custos extras.

Figura 8 - Exemplo de conflito janela x viga



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 9 - Conflitos resolvidos e ativos ARQ X EST

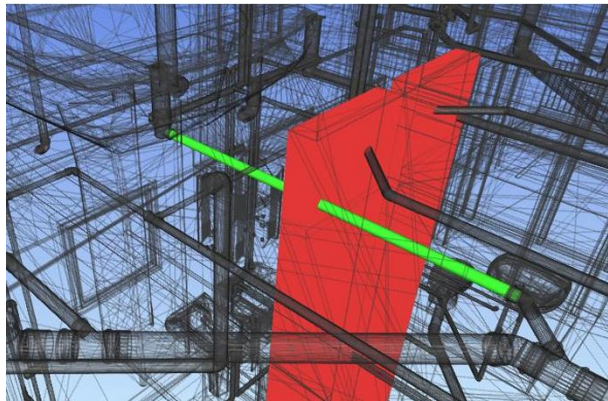
| Name | Status | Clashes | New | Active | Reviewed | Approved | Resolved |
|-----------|--------|---------|-----|--------|----------|----------|----------|
| HID X EST | Old | 28 | 0 | 12 | 0 | 0 | 16 |
| ARQ X HID | Done | 56 | 0 | 0 | 0 | 38 | 18 |
| ARQ X EST | Done | 197 | 0 | 8 | 0 | 0 | 189 |

Fonte: Elaborado pelos autores

5.3.3. Relatório de Conflitos 3 (ARQ X HID)

Os conflitos encontrados no Relatório envolvendo as disciplinas de arquitetura e instalações hidráulicas representam apenas tubulações que cortam paredes e pisos, conforme exemplificado pelas Figuras 10 e 11, respectivamente. Esse tipo de conflito não possui relevância significativa para a obra, assim como constatado na análise do Relatório.

Figura 10 – Exemplo de conflito tubulação x parede



Fonte: Elaborado pelos autores

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após o desenvolvimento deste artigo, foi possível verificar a compatibilização bidimensional de um projeto já em execução e compará-la com o método de compatibilização utilizando softwares BIM. Apesar dos projetos disponibilizados em dwg. Mesmo os projetos já estando compatibilizados pela metodologia tradicional, foram encontradas 281 interferências físicas nos relatórios de conflitos gerados. Entretanto, apesar do alto número, apenas 20 foram consideradas como preocupantes para a execução do projeto, e as demais foram classificadas com

“Resolvidas”, pois entendeu-se que são conflitos mais facilmente solucionáveis no local da obra.

Todos os conflitos considerados relevantes envolveram elementos estruturais, mais especificamente vigas, conflitando tanto com tubulações quanto com elementos arquitetônicos. Por outro lado, ao comparar as disciplinas de arquitetura e hidráulica, nenhuma interferência relevante foi encontrada. Com esta pesquisa pode-se identificar o enorme potencial das ferramentas BIM a fim de reduzir retrabalhos e tempo de execução do projeto e da obra.

A facilidade ao desenvolver os projetos em BIM conta com a facilidade de se fazer alterações em todas as vistas simultaneamente, de forma automática, o que diminui significativamente o tempo necessário para revisão dos conflitos, além do tempo de desenvolvimento do projeto em si. Apesar de haver necessidade de treinamento da equipe para a adoção dessa metodologia nas empresas, o tempo e os custos investidos serão facilmente compensados no decorrer do desenvolvimento de projetos.

Um ponto negativo observado foi a inadequação das ferramentas com as normas brasileiras, além de possuir poucas famílias de acordo com os materiais encontrados no Brasil. A produção de famílias e componentes correspondentes ao mercado brasileiro demandaria mais tempo ao projetista, entretanto, diversas marcas estão começando a disponibilizar seus elementos para download para serem inseridos nos softwares BIM, o que solucionaria o problema.

As ferramentas BIM não devem ser utilizadas apenas como uma representação gráfica tridimensional, mas como um meio de integrar as diferentes disciplinas e fornecer uma visão ampla do projeto como um todo, desde o desenvolvimento das plantas, até a orçamentação e gerenciamento da obra. Portanto, quando utilizadas aproveitando todo seu potencial, podem oferecer diversos benefícios aos projetos e às empresas.

REFERÊNCIAS

- ADESSE, Eliane. A importância do coordenador do projeto na gestão da construção: A visão do empreendedor. Dissertação (Pós-Graduação). PROARQ/FAU/UFRJ- Rio de Janeiro, 2006.
- ADESSE, Eliane; MELHADO, Silvio Burrattino. Coordenação de Projetos Externa em Empresas Construtoras de Pequeno e Médio Portes. Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção. 2003.
- AGOPYAN, Vahan. Números do desperdício. (Depoimento). Revista Técnica. São Paulo, 2001.
- ALGAYER, Thiago. Compatibilização de projetos na construção civil: Um estudo do panorama atual e das interferências entre os principais tipos de projetos. Monografia (Graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INCORPORAÇÕES IMOBILIÁRIAS (ABRAINC). PIB da Construção tem alta de 6,9% em 2022 e puxa crescimento da economia. 2023. Disponível em: . Acesso em: 29 outubro 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA - AsBEA. Manual de escopo de projetos e serviços de Arquitetura e Urbanismo. 3.ed. São Paulo, 2019. ÁVILA, Vinícius Martins. Compatibilização de projetos na construção civil: estudo de caso em um edifício residencial multifamiliar. Minas Gerais, 2011.
- AYRES FILHO, Cervantes. Acesso ao Modelo Integrado do Edifício. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2009.
- AYRES FILHO, Cervantes; SCHEER, Sérgio. Diferentes abordagens do uso do CAD no processo de projeto arquitetônico. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, Curitiba, 2007.
- BORGES, Evair da Silva. Compatibilização de projetos: um estudo de caso utilizando ferramentas de modelagem 3D. 2019.
- CALLEGARI, Simara; BARTH, Fernando. Análise comparativa da compatibilização de projetos em três estudos de caso. CONGRESSO NACIONAL CONSTRUÇÃO. Universidade de Coimbra. Portugal, Coimbra, 2007. Disponível em: . Acesso em: 10 maio 2023.
- COSTA, Eveline Nunes. Avaliação da metodologia BIM para a compatibilização de projetos. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2013.
- CRESPO, Cláudia Campos; RUSCHEL, Regina Coeli. Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto. III Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil. Porto Alegre, 2007.
- DUARTE, Técia Maria Pereira; SALGADO, Mônica Santos. O Projeto Executivo de Arquitetura como Ferramenta para o Controle da Qualidade na Obra. Rio de Janeiro, 2002.

EASTMAN, Chuck. et al. A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2008.

FABRÍCIO, Márcio Minto. Projeto Simultâneo na Construção de Edifícios. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

FERREIRA, Rita Cristina. O uso do CAD 3D na compatibilização espacial em projetos de produção de vedações verticais em edificações. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

FERREIRA, Rita Cristina; SANTOS, Eduardo Toletto. A percepção de interferências espaciais através de desenhos 2D e modelos 3D por profissionais de projetos de edifícios. Workshop Nacional de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios. UFPR. Paraná, 2007.

FERREIRA, Sérgio Leal. Da engenharia simultânea ao modelo de informações de construção (BIM): contribuição das ferramentas ao processo de projeto e produção e vice-versa. São Paulo, 2007.

GOES, Renata Heloisa de Tonissi e Buschinelli de. Compatibilização de projetos com a utilização de ferramentas BIM. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. São Paulo, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Contas Nacionais Trimestrais: Indicadores de Volume e Valores Correntes - 4º tri/ 2022. 2023. Disponível em: . Acesso em: 29 outubro 2023. ITO, Armando Luis Yoshio. Gestão da informação no processo de projeto de arquitetura: estudo de caso. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná. Paraná, 2007.

KOWALTOWSKI, Doris C. C. K. et al. O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

MELHADO, Silvio Burrattino. Coordenação de projetos de edificações. São Paulo, 2005.

MELHADO, Silvio Burrattino. Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção. São Paulo, 1994.

NASCIMENTO, José Marcos do. A importância da compatibilização de projetos como fator de redução de custos na construção civil. Goiás, 2013.

NASCIMENTO, Rafael Lucas. Compatibilização de Projetos de Edificações. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2015.

NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES - NIBS. National Building Information Modeling Standards – NBIMS, Version 1, Part 1: overview, principles and methodologies. Washington, 2007.

OLIVEIRA, Marina Rodrigues; FABRÍCIO, Márcio Minto. Modelos físicos e virtuais como ferramentas do ensino de projeto de arquitetura: relato de uma vivência. SIGraDi. São Paulo, 2009.

PENTILLÄ, Hannu. The State of the Art of Finnish Building Product Modeling Methodology. Helsinki University of Technology. Finland, 2005.

RODRIGUEZ, Marco Antônio Arancibia. Coordenação de projetos em edificações. Centro Universitário de Jaraguá do Sul. SC, 2001.

RODRÍGUEZ, Marco Antonio Arancibia; HEINECK, Luiz Fernando Mählmann. A construtibilidade no processo de projeto de edificações. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 3., 2003, São Carlos. Anais eletrônicos... São Carlos: SIBRAGEQ, 2003. Disponível em: . Acesso em: 2 janeiro 2023.

SANTIAGO, José Renato Sátiro Júnior. O Desenvolvimento de uma metodologia para gestão do conhecimento e uma empresa de Construção Civil. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO A MICRO E PEQUENA EMPRESA- MINAS GERAIS- SEBRAE-MG. Perfil Setorial da Construção Civil. Minas Gerais, 2005. Disponível em: . Acesso em 25 março 2023.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS PEQUENAS E MICRO EMPRESAS DO PARANÁ – SEBRAE. SINDUSCON/PR. Diretrizes Gerais para Compatibilização de Projetos. Paraná, 1995.

SOUZA, Livia Laubmeyer Alves de; AMORIM, Sérgio Roberto Leusin; LYRIO, Arnaldo de Magalhães. Impactos do uso do BIM em escritórios de arquitetura: oportunidades no mercado imobiliário. São Carlos, 2009.

SOUZA, Roberto de. A Questão é: Podemos ter Qualidade no Canteiro de Obras?. Revista Técnica. São Paulo, 1997.

TAVARES JUNIOR, Wandemberg. Desenvolvimento de um modelo para compatibilização das interfaces entre especialidades do projeto de edificações em empresas construtoras de pequeno porte. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, 2001.

TOLEDO, Raquel de; ABREU, Aline F. de; JUNGLES, Antonio E. A difusão de inovações tecnológicas na indústria da Construção Civil. Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ENTAC. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ANTAC. Bahia, 2000.

TSE, Tao-chiu. Kenny; WONG, Kam-din Andy; WONG, Kwan-wah Francis. The utilization of building information models in nD modeling: A study of data interfacing and adoption barriers. 2005. Disponível em: . Acesso em: 6 junho 2023.