ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Estudo da compatibilização de projetos pelo método tradicional e com uso de BIM

Study of Project compatibility using the traditional method and using BIM

Thallita Barros da Silva
UFAL | Maceió | Brasil | thallita.silva@ctec.ufal.br
Adriana de Oliveira Santos Weber
UFAL | Maceió | Brasil | adrianaos@ctec.ufal.br
Ariana Rosella Cervino
UFAL | Maceió | Brasil | ariana.cervino@ctec.ufal.br
Samira Braga Melo
UFAL | Maceió | Brasil | samira.melo@ctec.ufal.br
Yelli Katerine Oliveira da Silva
UFAL | Maceió | Brasil | yelli.silva@ctec.ufal.br

Resumo

A etapa de projetos permite planejar e orçar as obras. Incompatibilidades entre os projetos são recorrentes e interferem diretamente na execução da obra se não solucionadas previamente. Nota-se o potencial de *Building Information Modeling* para tornar a compatibilização mais ágil e rápida, além de, principalmente, diminuir os conflitos entre projetos através da interoperabilidade. Diante desse contexto, este trabalho objetiva apresentar o processo de compatibilização de projetos pelo método tradicional e utilizando BIM, apresentando as principais incompatibilidades e dificuldades de implementar o BIM para compatibilização. Para tanto, foi realizado um estudo de caso de duas obras adjacentes com execução simultânea. A primeira obra foi compatibilizada pelo método tradicional com sobreposição de desenhos CAD 2D e a segunda obra com uso de BIM. Para esta última, um modelo federado criado para três disciplinas no Revit 2023 foi exportado para o Navisworks Manage 2023. Para fundamentação teórica, fez-se um mapeamento sistemático simplificado da literatura. Dos principais resultados, compatibilizar pelo método tradicional em contraste a aplicar BIM para a mesma atividade atestam o uso de BIM como superior ao método tradicional, destacando-se a economia de pelo menos 50% do tempo empregado e um número de conflitos detectados 41 vezes maior.

Palavras-chave: Compatibilização de Projetos. BIM. Detecção de conflitos. Interoperabilidade. Construção Civil.

Como citar:
SILVA, T.; WEBER, A.; CERVINO, A.; MELO, S.; SILVA, Y. Estudo da compatibilização de projetos pelo método tradicional e com uso de BIM. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

Abstract

The project stage allows you to plan and budget the works. Incompatibilities between projects are recurrent and directly interfere with the execution of the work if not resolved in advance. The potential of Building Information Modeling to make compatibility more agile and faster can be noted, in addition to, mainly, reducing conflicts between projects through interoperability. Given this context, this work aims to present the project compatibility process using the traditional method and using BIM, presenting the main incompatibilities and difficulties in implementing BIM for compatibility. To this end, a case study was carried out of two adjacent works being carried out simultaneously. The first work was made compatible using the traditional method with overlaying 2D CAD drawings and the second work using BIM. For the latter, a federated model created for three disciplines in Revit 2023 was exported to Navisworks Manage 2023. For theoretical foundation, a simplified systematic mapping of the literature was carried out. Of the main results, making compatible using the traditional method in contrast to be applying BIM for the same activity attest to the use of BIM as superior to the traditional method, highlighting the savings of at least 50% of the time spent and a few conflicts detected 41 times higher.

Keywords: Project Compatibility. BIM. Clash Detection. Interoperability. Construction Industry.

1 INTRODUÇÃO

Uma edificação pode englobar projetos de diferentes disciplinas. A quantidade de projetos a ser desenvolvida será determinada pelo porte e complexidade do empreendimento [1]. Comumente, para uma dada obra, tem-se diferentes projetistas trabalhando na elaboração dos projetos de cada disciplina de forma isolada [2]. Como consequência, os projetos passaram a apresentar incompatibilidades, estas somente detectadas no final dos trabalhos dos projetistas ou pior, na execução da obra [3].

Os projetos, antes desenvolvidos somente em formato 2D, o que condicionava o serviço de compatibilização a ser feito de forma manual com projetos impressos ou, mais recentemente, em softwares CAD 2D. No entanto, a representação 2D na compatibilização em projetos de edifícios é limitada e passível de erros [4]. Apesar disso, muitos profissionais continuam aderindo ao modo tradicional, o que é frequentemente justificado pelo custo empregado à implementação de ferramentas mais modernas de modelagem 3D e à capacitação para seu uso. Entretanto, a agilidade dos processos, a capacidade de prevenir problemas na execução e os ganhos na produção compensam os investimentos, como mostram alguns estudos de caso [5]. Além disso, com o advento da tecnologia, os processos de projeto e construção vão de uma representação bidimensional para o esboço de uma realidade de “n” dimensões [6]. Com isso, a necessidade de aderir aos métodos mais modernos é progressiva.

Nessa conjuntura, tem-se a Modelagem da Informação da Construção (BIM), cuja utilização no Brasil foi estabelecida pelo Decreto 10.306/2020, de 2 de abril de 2020, “na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia, realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do BIM - Estratégia BIM BR, instituída pelo Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019”, trazendo tal necessidade de atualização também no setor privado e permitindo o desenvolvimento dos projetos de forma mais completa, inteligente e ágil. Dentre muitas de suas vantagens, o BIM surge como ferramenta

capaz de superar as dificuldades do método tradicional de compatibilização, pois permite automatizar processos e trabalhar com interoperabilidade.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo apresentar um comparativo da prática de compatibilização, analisando como a metodologia BIM se sobressai ao método tradicional de sobreposição de projetos em 2D, através de estudo de caso.

2 REFENCIAL TEÓRICO

Esta seção apresenta o referencial teórico do trabalho, abordando definições e conceitos relacionados a compatibilização e BIM.

2.1 COMPATIBIIZAÇÃO DE PROJETOS

A compatibilidade fora definida como atributo do projeto cujos componentes dos sistemas ocupam espaços que não conflitam entre si [7]. Nisto, os interesses individuais dos projetistas são ajustados às demandas do processo como um todo. A prática da compatibilização deve ocorrer no contexto da coordenação de projetos [5].

A compatibilização permite a identificação de conflitos entre os diversos projetos. A classificação de conflitos é apresentada na literatura de algumas formas, mas comumente se baseia no grau de impacto da incompatibilidade encontrada ou se refere ao atraso potencial do processo da construção relacionado ao conflito [5].

Há desafios no processo da compatibilização, possuindo os métodos tradicionais dificuldades maiores, principalmente se tratando do tempo necessário para detecção dos conflitos ainda durante a fase de projetos [8].

2.2 MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

A Modelagem da Informação da Construção – BIM– é uma abordagem para o projeto, a construção e o gerenciamento de instalações. Com a tecnologia, um modelo virtual preciso de uma edificação é construído de forma digital [9].

A centralização de dados em um modelo com informações e parâmetros atribuídos se torna a principal característica positiva do uso de BIM, em que, ao invés de várias documentações especializadas contendo projetos de arquitetura e outros, bem como listas de quantidades e estimativas de custos, tem-se um modelo único 3D com um banco de dados contendo todas as informações acima [10]. Nos últimos anos, o BIM surge como uma solução atraente para problemas como erros e retrabalhos nas fases de pré-construção e construção [11].

Percebe-se barreiras que dificultam a implementação da metodologia na indústria, devido à necessidade de mudança organizacional, dentre outros investimentos, como os preços altos de *hardware* e *software* [10]. A exemplo, o estudo de conduzido no Cazaquistão, mostra que empresas de pequeno porte do Cazaquistão estão mais interessadas em adotar a tecnologia BIM [8]; na China, até 2017 o uso do BIM para edifícios residenciais não ganhou ampla aceitação [12]. Ou seja, o custo de

implementação bloqueia principalmente os pequenos escritórios de projetos a adotarem a mudança mais rapidamente [10].

As barreiras para implementação do BIM podem ser entendidas sob duas perspectivas: a dos usuários BIM e a dos não usuários [13]. Para o empreiteiro – ou construtor –, avançar em maturidade BIM depende diretamente do mercado de projetos, precisando reformular o modelo contratual habitual. O conhecimento das obrigações contratuais de todas as partes envolvidas é importante para garantir o fluxo de trabalho em BIM, no qual a comunicação eficaz é imprescindível, evitando problemas maiores como reclamações e quebra de contratos [14].

Estudos da situação do BIM em diversos lugares, como África do Sul e Paquistão, os quais apontam uma resistência de funcionários seniores quanto à mudança das práticas de projeto, pautada na crença de que a prática tradicional está atendendo bem à demanda [15]. Simultaneamente, nas Filipinas, as universidades e faculdades não ofereciam educação baseada em BIM, e as construtoras e proprietários também não se engajaram ainda para aderir ao BIM [15]. Essa realidade se repete em diversos outros países, como o Brasil, em que os esforços para inserção do BIM no ambiente acadêmico ainda percorrem seus primeiros passos.

As principais barreiras para implementação do BIM são [15]: licenças caras de software BIM e custo de hardware; b) alto custo de treinamento de pessoal; financiamento e orçamento do projeto limitados; falta de profissionais qualificados e capacitados para manusear ou operar ferramentas e softwares BIM; e, custos caros de serviços baseados em pessoas.

Das sugestões encontradas na literatura como medida para acelerar os avanços em BIM, nota-se que no Brasil tem se concretizado [16], sugerindo que o governo ou os clientes insiram o BIM como condição para o firmamento de seus contratos, por meio de legislação e fiscalização. No âmbito governamental, a legislação nacional parte do Decreto nº 10306 de 2 de abril de 2020, que levou o Governo Federal à criação da Estratégia Nacional de Disseminação do BIM – Estratégia BIM BR, cuja finalidade é “promover um ambiente adequado ao investimento em BIM e sua difusão no país”. A Estratégia pretende, dentre seus objetivos, incentivar a concorrência no mercado por meio de padrões neutros de interoperabilidade BIM.

De acordo com o Manual de Boas Práticas em BIM [17], a função de compatibilização é um papel que cabe a todos os envolvidos no desenvolvimento de um projeto em BIM, sendo necessária, porém, a verificação interdisciplinar sistemática por um profissional responsável, e o processo deverá produzir relatórios de interferências e distribuir as necessidades de revisões pela equipe.

Nesse contexto, a tecnologia BIM facilita o trabalho simultâneo das diversas disciplinas de projeto envolvidas em um empreendimento. Possuir modelos 3D coordenados permitirá gerenciar melhor o controle de modificações que venham a ser feitas, o que resulta na diminuição do tempo de projeto e reduz seus erros [9]. Nisto, entende-se que a colaboração antecipada é um benefício do BIM na fase de pré-construção para o proprietário.

3 MÉTODO DE PESQUISA

O método de pesquisa adotado foi o estudo de caso de um empreendimento definido. Baseando-se nesse método, a pesquisa desenvolveu-se nas seguintes etapas: preparação teórico metodológica, seleção do caso, coleta e análise de dados.

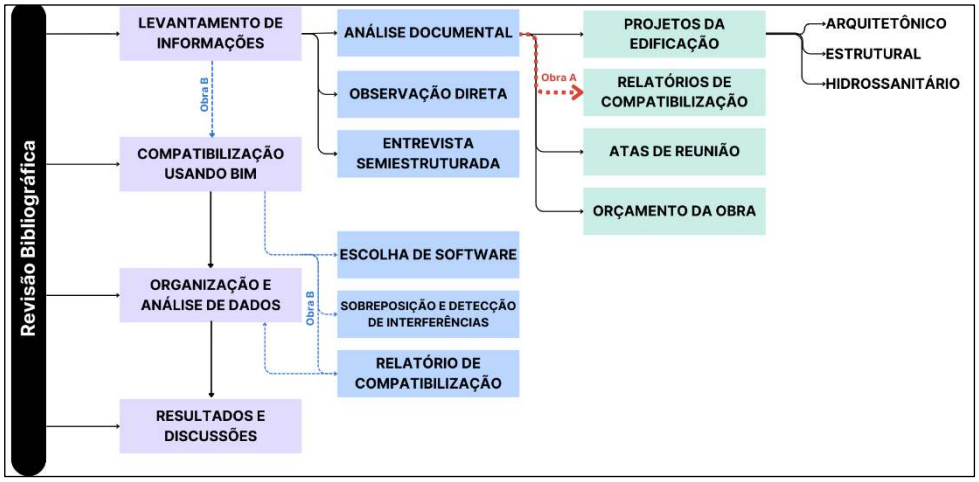
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO CASO

O caso estudado foi o processo de compatibilização de projetos de duas obras. A primeira obra (Obra A) é um hotel na categoria *All Inclusive Resort*. A segunda obra (Obra B) trata-se de um condomínio residencial. Diante disso, o estudo deu-se por meio da análise dos projetos: arquitetônico, estrutural e hidrossanitário de cada obra, assim como dos documentos técnicos associados à obra.

3.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA

A pesquisa foi dividida em etapas, considerando as particularidades de cada obra, entretanto com algumas fases em comum. O processo pode ser observado no fluxograma ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Etapas da pesquisa



Fonte: os autores

Para a produção do trabalho, realizou-se inicialmente um mapeamento sistemático da literatura simplificado (MS), que engloba fases como: Planejamento, Condução e Publicação dos Resultados. A partir deste, sete artigos foram utilizados para construção do referencial teórico, assim como o livro “Manual de BIM; um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores” e as Normas Técnicas vigentes disponíveis.

O levantamento de informações deu-se por meio da análise dos projetos das duas obras, com auxílio de um *software* online de gerenciamento de projetos. O *Construmanager,* plataforma utilizada*,* organiza e disponibiliza a versão mais recente do projeto disponibilizado. Além disso, foi feito um levantamento e controle de dados relevantes encontrados nos demais documentos acessados, como relatórios de compatibilização e orçamento analítico da obra. Ademais, foram realizadas entrevistas semiestruturadas por meio de um questionário impresso, seguindo um roteiro prévio,

aplicado aos coordenadores de projeto e ao arquiteto proprietário da obra, abordando as dificuldades de implementação do BIM e principais causas da incompatibilidade de projetos.

3.3 COMPATIBILIZAÇÃO TRADICIONAL E PELO MÉTODO BIM

O processo envolveu a criação de recortes do desenho 2D, demais ajustes e vinculação no Revit para a visualização em 3D. As incompatibilidades foram identificadas e registradas a partir da sobreposição das plantas, para assim serem documentadas nos relatórios.

A compatibilização dos projetos do condomínio (Obra B) foi executada pelo *software* Navisworks Manage que, semelhante a programas do *Autodesk,* é indicado também para sequenciamento de construção e criação de animações no planejamento de obras. Além disso, possibilita realizar uma verificação automática para detecção de interferências entre os projetos, neste caso foram detectadas as interferências entre os projetos arquitetônico, estrutural e hidrossanitário. Por fim, os dados coletados foram filtrados e organizados para possibilitar o início das análises.

A apresentação dos resultados dar-se-á por meio do produto da compatibilização entre as obras usando BIM, assim como o comparativo desse processo com o método tradicional utilizado no Hotel. Disciplinas, limitações, dificuldades, vantagens ou desvantagens de cada método e o esforço empregado para ler informações foram aspectos considerados para a discussão. O Quadro 1, fruto de revisão bibliográfica, apresenta todas as classificações de classes conflitos e suas respectivas descrições utilizadas para determinar as incompatibilidades dos projetos.

Quadro 1: Classificações de conflitos usada na pesquisa

Classes de Conflito	Descrição
Por Disciplina	
Arquitetônico X Estrutural	Conflitos entre elementos dos projetos arquitetônico e estrutural.
Arquitetônico X Hidrossanitário	Conflitos entre elementos dos projetos arquitetônico e hidrossanitário.
Estrutural X Hidrossanitário	Conflitos entre elementos dos projetos estrutural e hidrossanitário.
Tipo de Colisão	
Leve	Ocorre na falta de espaço livre necessário e suficiente para um elemento ser instalado.
Pesada	Ocorre na interferência direta entre 2 ou mais componentes físicos.
Tecnológica ou funcional	Ocorre em definição construtiva que não atende às condições existentes (mão de obra e tempo de execução demandados etc.) ou que não atenderá o funcionamento ao longo do tempo.
Grau de Impacto	
Baixo	Gera impacto mínimo e pode ser facilmente resolvido em campo.
Médio	Gera perda de produtividade ou interrupção dos serviços; leva a médio impacto no custo e cronograma.

Alto	Gera retrabalho; leva a custos excessivos e atrasos no cronograma, precisa de atenção imediata.
Estágio de Detecção	
Ideal	Detectado e resolvido antes do início da instalação.
As built	Detectado após o empreiteiro ter concluído o trabalho, levando o projetista a reconduzir o projeto (*as built*).
Tardio	Detectado após o empreiteiro ter concluído o trabalho e o cliente precisa esperar os consertos.

Fonte: Adaptado de [5]; [10]; [18; [19]; [20]; [21]

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo o histórico de projetos realizados pela empresa, a porcentagem de projetos modelados com tecnologia BIM é de apenas 33%, enquanto os demais foram entregues em desenhos CAD 2D. Apesar da empresa possuir licenças de uso de *softwares* da *Autodesk* com essa metodologia, as dificuldades da sua aplicação se manifestam principalmente na falta de profissionais qualificados na região, esse fator é uma das principais barreiras para implementação do BIM [15].

4.1 COMPATIBILIZAÇÃO PELO MÉTODO TRADICIONAL – OBRA A

O número de incompatibilidades totais identificadas por esse método foi de 81 conflitos, como apresenta a Tabela 1. Em relação às disciplinas, as que mais apresentaram conflitos entre si foram as de arquitetura (ARQ) e instalações hidrossanitárias (HDS), com 39 resultados. Quanto ao tipo de colisão, ocorreram 44 colisões pesadas, sendo a maior recorrência entre elementos de forros e tubulações. Ademais, grau de impacto foi baixa, uma vez que as intercorrências puderam ser facilmente resolvidas em campo. Por fim, quanto ao estágio de detecção dos conflitos, 95% foram considerados ideais, já que puderam ser detectados e resolvidos antes do início da instalação.

Tabela 1: Resultados da compatibilização tradicional na Obra A

Relatórios	Conflitos	Disciplinas	Tipo de Colisão			Grau de Impacto			Estágio de Detecção		
			Leve	Pesada	Tec. ou funcional	Baixo	Médio	Alto	Ideal	*As built*	Tardio
1	15	ARQ X HDS	9	6	0	13	2	0	15	0	0
2	4	ARQ X STR	0	4	0	0	4	0	4	0	0
3	1	ARQ X STR	1	0	0	0	0	1	1	0	0
4	1	ARQ X STR	1	0	0	0	1	0	1	0	0
5	17	ARQ X HDS	6	10	1	16	1	0	16	1	0
6	13	ARQ X STR	1	7	5	5	6	2	11	2	0
7	4	HDS X STR	1	2	1	2	1	1	4	0	0
8	12	HDS X STR	1	10	1	8	1	3	12	0	0
9	4	ARQ X STR	0	2	2	1	1	2	4	0	0
10	3	ARQ X STR	0	3	0	1	1	1	2	0	1

11	7	ARQ X HDS	5	0	2	5	2	0	7	0	0
Totais	81	-	25	44	12	51	20	10	77	3	1

Fonte: o autor.

Dado que os conflitos entre forro e tubulação foram os mais presentes, esses foram observados em alguns locais da obra, nos quais o projeto arquitetônico apresentou uma altura para o forro insuficiente para a passagem de tubulações. A solução desse problema seria adotar um forro mais baixo. Contudo, como exemplo, o local mais crítico dessas colisões foi discutido em reuniões de coordenação, e tratava-se do salão de um restaurante cuja altura do pé direito disponível já era baixa. Dessa forma, como a arquitetura não admitia o rebaixamento do forro, precisou-se adotar falsos pilares em alguns pontos do salão do restaurante. Essa medida trouxe consequências na estética dos vãos livres do espaço.

Outro exemplo de conflito ocorrido entre arquitetura e tubulações foi o caso das varandas do 1º pavimento da obra. As varandas não possuíam forro na parte inferior do seu piso. Contudo, devido a necessidade de drenagem desses ambientes, as tubulações ficariam expostas em razão dessa ausência. A solução adotada novamente foi a criação de pilares falsos nos pontos de descida dessas tubulações de modo a ocultá-las.

Entre as dificuldades do uso do método tradicional em desenhos 2D, o principal fator observado esteve na interpretação da representação gráfica. Ferreira e Santos (2007) indica que uma das características que podem gerar problemas de análise é a omissão de elementos. Por exemplo, a falta de cortes e isométricos no projeto hidrossanitário da Obra A dificultou analisar questões de altura com outros projetos na busca pelos conflitos. Devido as omissões, foi necessário interromper o processo para ir em busca de informações ou até fazer modelagens em Revit para simulações. Portanto, a quantidade considerável de tempo e dedicação no processo apresenta um ponto negativo, uma vez que vários dias de trabalho foram necessários até concluir as análises dos desenhos de todos os pavimentos em todas as disciplinas confrontadas.

No entanto, uma vantagem apresentada pelo método é a familiaridade do mercado com as ferramentas CAD 2D, uma vez que é conhecida por boa parte dos profissionais da indústria da AEC, dispondo de uma mão de obra capacitada para as empresas.

4.2 COMPATIBILIZAÇÃO USANDO O BIM – OBRA B

Nesse método foram utilizados testes de detecção de conflitos do *Navisworks Manage* 2023, pela ferramenta "*Clash Detective*", identificando 3321 incompatibilidades, como apresenta a Tabela 2. Em relação às disciplinas, as que apresentaram mais conflitos entre si foram as de estruturas (STR) e instalações hidrossanitárias (HDS), com 3029 *clashes*. Quanto ao tipo de colisão, todas foram pesadas, com a maioria dos conflitos de grau de impacto baixo. Já no estágio de detecção, para 59 dos *clashes* encontrados, já havia solução em obra, no entanto, 4 foram detectados de modo tardio, gerando um atraso significativo na entrega final da obra. Apesar disso, os detectados em estágio inicial representam 98,10% do total, confirmando o processo de compatibilização prévia como positivo. Ademais, para analisar os testes, foi necessário

estabelecer regras de uma detecção estratégica, selecionando elementos mais prováveis de conflitar entre si, dado que, caso contrário, haveria muitos resultados falso-positivo, mostrando choque em duas geometrias que não constituem uma incompatibilidade.

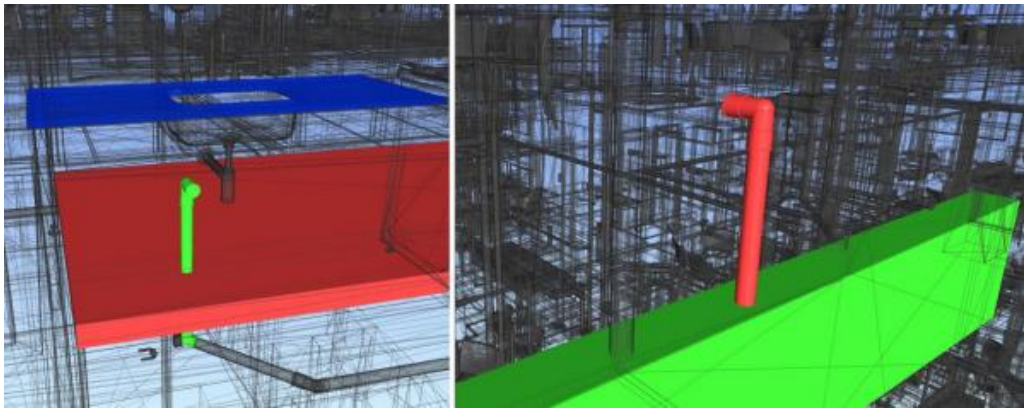
Tabela 2: Resultados da compatibilização com BIM na Obra B

Estilo	Conflitos	Disciplinas	Grau de impacto			Estágio de Detecção		
			Baixo	Médio	Alto	Ideal	*As built*	Tardio
1	92	ARQ X STR	88	0	4	88	0	4
2	200	ARQ X HDS	152	48	0	200	0	0
3	3029	STR X HDS	2788	241	0	2970	59	0
Totais	3321	-	3028	289	4	3258	59	4

Fonte: o autor.

No tocante aos confrontos entre os projetos estrutural e hidrossanitário, cujos resultados ultrapassam 91% dos resultados gerais, observa-se que a maioria ocorre pela não previsão de furos nas peças estruturais para as tubulações. Entretanto, alguns pontos precisariam de mais atenção para ser resolvidos, tendo em vista que se deve alterar o trajeto das tubulações, contornando elementos estruturais e elevando os custos de instalação. A Figura 2 contempla exemplos dessas duas constatações. À esquerda, tubo supostamente conflitando com a laje (furo não previsto) e à direita, tubulação de esgoto que realiza a coleta do lavatório pela parede precisaria atravessar uma viga – tecnicamente inviável.

Figura 2: *Clashes* entre os projetos estrutural e hidrossanitário



Fonte: o autor

Das dificuldades encontradas, o obstáculo inicial foi inserir os arquivos dos projetos para então iniciar a compatibilização, pois houve episódios de lentidão extrema e travamento do computador antes de conseguir sintonizar todos os arquivos e gerar a compactação. Isso comprova que o uso do BIM requer investimento em bons hardwares para um trabalho fluido de modelagem, impedindo pequenos escritórios de projetos na adoção do BIM em suas práticas, dado ao alto investimento [14]; [15].

No entanto, a principal vantagem experimentada no processo em relação ao método tradicional foi a velocidade de produção, com uma economia de pelo menos 50% do tempo empregado na compatibilização, encontrando incompatibilidades com menor esforço de atenção e menor bagagem de conhecimento técnico exigida. Além disso, a visualização da geometria espacial dos elementos do modelo explanou seus aspectos

positivos à medida que proporcionou algumas detecções antes mesmo de utilizar a ferramenta automatizada de choques.

4.3 SÍNTESE DOS RESULTADOS

Conforme apresentado nas Tabelas 1 e 2, a Obra B apresentou um número de conflitos bastante significativo se comparado ao da Obra A. Na compatibilização utilizando BIM, o número total de conflitos detectados (3321 clashes) equivale a 41 vezes ao encontrado na compatibilização tradicional (81 clashes). Tal fato ocorreu, principalmente, pois foram utilizados três modelos diferentes de BIM, criados independentes e sem padronização, além de erros de modelagem que geraram muitos resultados falso-positivos para a Obra B. Por outro lado, as limitações de visualizações gráficas existentes no método tradicional, podem ter levado a não ser possível identificar conflitos na Obra A, uma vez que o processo tradicional exige atenção e raciocínio para detectar todo e qualquer conflito.

Apesar dos resultados elevados, a compatibilização de projetos com o BIM possibilitou uma economia de tempo em 50% em relação ao método tradicional 2D. Em posse de um computador com melhores especificações como um bom hardware, o processo poderia ter sido ainda mais rápido.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação do processo de compatibilização, utilizando-se dos dois métodos abordados neste trabalho, permitiram o alcance dos objetivos propostos, possibilitando uma comprovação prática da preeminência da metodologia BIM sobre o uso do método tradicional de sobreposição 2D para detecção de conflitos entre projetos.

Foram constatadas algumas intercorrências no fluxo de desenvolvimento desses projetos, as quais interferem no processo de compatibilização. A primeira e mais recorrente se trata de alterações nos projetos arquitetônicos, possibilitada pela liberdade e autonomia do arquiteto enquanto proprietário da construtora, visto que, ao identificar pontos de melhorias, funcionais ou estéticas, a arquitetura determinava mudanças mesmo com a obra já em andamento, o que implica em atrasos na execução e ainda na necessidade de alterações de projetos de outras disciplinas, como projeto estrutural e os de instalações em geral

Pode-se observar uma redução de pelo menos 50% para compatibilizar usando o BIM. Além da economia de tempo, percebeu-se na prática que a redução da necessidade de conhecimento técnico do indivíduo que está realizando a compatibilização permite que a tarefa seja realizada mesmo por pessoas menos capacitadas, o que é positivo para equipes que não tenham membros com bom grau de competência técnica para buscar os conflitos com o olhar crítico sem ajuda de automações. No caso, como a equipe de coordenação costuma estar sobrecarregada e a contratação de mão de obra qualificada tem sido uma dificuldade, um treinamento básico de ferramentas de detecção de conflito BIM para a equipe permitiria que até mesmo estagiários dessem

início ao processo de compatibilização realizando a detecção inicial dos conflitos antes de o coordenador de projetos possuir disponibilidade de tempo para passar o pente fino.

REFERÊNCIAS

[1] HERRERA, RF; MOURGUES, C.; ALARCON, LF; PELLICER, E. Comparing Team Interactions in Traditional and BIM-Lean Design Management. **Buildings** 2021, 11, 447.

[2] MELHADO, S. B. et al. Coordenação de projetos de edificações**.** São Paulo. **O Nome da Rosa,** 2005.

[3] GTBIM: GRUPO TÉCNICO BIM – ASBEA. **Guia AsBEA Boas Práticas em BIM** – Fascículo 2: Fluxo de Projetos em BIM: Planejamento e Execução. São Paulo, agosto de 2015.

[4] FERREIRA, R. C.; SANTOS, E. T. CARACTERÍSTICAS DA REPRESENTAÇÃO 2D E SUAS LIMITAÇÕES PARA A COMPATIBILIZAÇÃO ESPACIAL. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, *[S. l.]*, v. 2, n. 2, p. 36-51, 2007. DOI: 10.4237/gtp.v2i2.39. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/50918>. Acesso em: 12 abr. 2023.

[5] CHAHROUR, R.; HAFEEZ, MA; AHMAD, AM; SULIEMAN, HI; DAWOOD, H.; RODRÍGUEZ-TREJO, S.; DAWOOD, N. Cost-benefit analysis of BIM-enabled design clash detection & resolution. **Constr. Gerenciar Econ.** 39, p. 55–72, 2021.

[6] ADDOR, M. R.; CASTANHO, M. D. A.; CAMBIAGHI, H.; DELATORRE, J. P. M.; NARDELLI, E. S.; OLIVEIRA, A. L. Colocando o "i" no BIM. **Revista Arq. Urb.**, São Paulo, n. 4, p. 104-115, 2010. Disponível em: <https://www.usjt.br/arq.urb/numero_04/arqurb4_06_miriam.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2023.

[7] MACIEL, A. C. F., SOUZA JUNIOR, D. A., & OLIVEIRA, P. H. Detecção de incompatibilidades de projetos entre metodologia convencional 2D E BIM: um estudo comparativo. **Revista de Gestão e Projetos (GeP),** 2022. 97-116.

[8] AKPONEWARE, A.O.; ADAMU, Z.A. Clash Detection or Clash Avoidance? An Investigation into Coordination Problems in 3D BIM. **Buildings** 2017, 7, 75. Disponível em: < https://www.mdpi.com/2075-5309/7/3/75>. Acesso em: 03 ago. 2023.

[9] EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **Manual de BIM. Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores.** Porto Alegre: Bookman, 2014. 483p.

[10] CZMOCH, I.; PEKALA, A. Traditional Design versus BIM Based Design. **Elsevier,** Poland, 91, 2014, p. 210-215.

[11] ALMASHJARY, B.; ZOLKAFLI, U. K.; RAZAK, A. S. A. Establishing key factors towards implementing integrated building information modeling (bim) in aec industry: Malaysia study. **Journal of Building performance.** V. 11, p. 116-127, 2020.

[12] JIA, J.; SUN, J.; WANG, Z.; XU, T. The construction of BIM application value system for residential buildings' design stage in China based on traditional DBB mode. International high-performance built environment conference, Amsterdam, **Procedia Engineering**, 2017. 180, p. 851 – 858.

[13] EADIE, R., ODEYINKA, H., BROWNE, M., MCKEOWN, C., & YOHANIS, M. (2014). Building Information Modelling Adoption: An Analysis of the Barriers to Implementation. **Journal of Engineering and Architecture,** 2014, vol. 2, no. 1, pp. 77–101.

[14] BARQAWI, M.; CHONG, H.; JONESCU, E. "A Review of Employer-Caused Delay Factors in Traditional and Building Information Modeling (BIM)-Enabled Projects: Research Framework". **Advances in Civil Engineering,** London, vol. 2021, p. 24, 2021.

[15] FAMADICO, J. J. Building Information Modeling in the Architecture and Construction Industry**. Advances in Technology Innovation**. 2023. Vol. 8, nº 2, p. 121-135.

[16] GARTOUMI, K. I.; ABOUSSALEH, M.; ZAKI, S. (2021). Building Information Modelling in Morocco: **Quo Vadis.** 2021. p. 479-483.

[17] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA - AsBEA. **Guia AsBEA Boas Práticas em BIM** – Fascículo 1: Estruturação do Escritório de Projeto Para a Implantação do BIM. São Paulo, 2013.

[18] HAN, N.; YUE, Z.F.; LU, Y.F. Detecção de colisão de tubos e dutos de instalações de construção com base na tecnologia BIM, em Pesquisa de materiais avançados. **Trans Tech Publ.,** 2012, pp. 312–317.

[19] RILEY, D. R. et al. Métricas de custo-benefício para coordenação de projetos de sistemas mecânicos, elétricos e hidráulicos em edifícios de vários andares. **Journal of Construction Engineering and Management,** 131(8), pp. 877–889, 2005.

[20] STAUB-FRENCH, S.; KHANZODE, A. (2007) 'Modelagem 3D e 4D para coordenação de projeto e construção: problemas e lições aprendidas'. **Journal of Information Technology in Construction (ITcon),** 12(26), pp. 381– 407, 2007.

[21] WANG, L. Knowledge formalization and reuse in BIM-based mechanical, electrical and plumbing design coordination in new construction projects using data mining techniques. Tese. Texas, agosto 2014. Disponível em: <https://repositories.lib.utexas.edu/handle/2152/28692>. Acesso em: 20 jul. 2023.