

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

Igor Michel

**CONTRIBUIÇÕES DO BIM PARA A COMPATIBILIZAÇÃO
DE PROJETOS**

Porto Alegre
Abril, 2023

Igor Michel

CONTRIBUIÇÕES DO BIM PARA A COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientadora: Lisiane Pedroso Lima

Porto Alegre

Abril, 2023

IGOR MICHEL

CONTRIBUIÇÕES DO BIM PARA A COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora, pela Professora Orientadora e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, abril de 2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Lisiane Pedrosa Lima (UFRGS)

Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientadora

Eng. Marcus Pereira Sterzi (ULBRA)

Me. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Eng. Renan Teixeira Luiz (UNISINOS)

Eng. Civil pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos

Dedico este trabalho a Deus em primeiro lugar e a minha
família.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha sincera gratidão a todos que contribuíram para a realização deste trabalho de conclusão de curso.

Primeiramente, agradeço à minha orientadora por sua paciência e apoio durante todo o processo. Suas críticas construtivas e sugestões foram fundamentais para o sucesso deste trabalho.

Também gostaria de agradecer a todos os professores que me ensinaram ao longo do curso, pois sem o conhecimento adquirido durante esses anos, certamente este trabalho não seria possível.

Não posso deixar de agradecer também aos meus amigos e familiares que me apoiaram incondicionalmente em todos os momentos, seja oferecendo um ombro amigo, uma palavra de encorajamento ou mesmo ajudando com as tarefas cotidianas.

Por fim, gostaria de agradecer a todos os participantes da pesquisa, cujas respostas e contribuições foram fundamentais para o desenvolvimento do trabalho.

Muito obrigado a todos que, de alguma forma, contribuíram para que eu pudesse chegar até aqui. Este trabalho não é apenas meu, mas de todos vocês que me apoiaram ao longo do caminho.

Nós somos o que fazemos repetidamente, a excelência não
é um feito, e sim, um hábito.

Aristóteles

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo compreender como o BIM (*Building Information Modeling*) pode ser utilizado na compatibilização de projetos. Foi realizada uma pesquisa que incluiu revisão tradicional e revisão sistemática de literatura, além de quatro entrevistas com profissionais da área da engenharia civil e da arquitetura. Os resultados obtidos foram satisfatórios, permitindo compreender as boas práticas, diretrizes e a implementação do BIM para o processo de compatibilização de forma eficiente. A pesquisa evidenciou a importância da modelagem em BIM para a identificação de conflitos entre as diferentes disciplinas envolvidas no projeto, a fim de minimizar retrabalhos e melhorar a eficiência do processo. Foram identificadas algumas limitações no uso do BIM na compatibilização de projetos, mas as boas práticas e diretrizes identificadas podem ajudar a superar esses desafios. Portanto, esta pesquisa mostra que o BIM é uma ferramenta fundamental para a compatibilização de projetos, permitindo uma melhor gestão das informações, reduzindo custos e retrabalhos na obra.

Palavras-chave: Compatibilização de projetos. BIM. Coordenação. Clash Detection. Interferências. Coordenação de Projetos. Incompatibilidades.

ABSTRACT

This research aims to understand how BIM (Building Information Modeling) can be used in project compatibility. This research included traditional literature review, systematic literature review, and four interviews with professionals from the civil engineering and architecture fields. The results obtained were satisfactory, allowing the understanding of good practices, guidelines, and the efficient implementation of BIM for the coordination process. The research evidenced the importance of BIM to identify conflicts between the different disciplines involved in the project, in order to minimize rework and improve process efficiency. Some limitations were identified in the use of BIM in project coordination, but the good practices and guidelines identified can help overcome these challenges. Therefore, this research shows that BIM is a fundamental tool for project coordination, allowing better information management and reducing costs and rework on the construction field.

Keywords: Project coordination. BIM. Coordination. Clash detection. Interferences. Project coordination. Incompatibilities.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Interações BIM vs. Tradicional.....	19
Figura 2 – Fluxograma da metodologia adotada no trabalho	31

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Quadro Geral de Documentos Encontrados	34
Quadro 2 – Estudos escolhidos para análise dos resultados	35
Quadro 3 – Correlação dos escritórios com os entrevistados	37
Quadro 4 – Tempo de duração de cada entrevista em minutos	37
Quadro 5 – Categorização em temas dos assuntos abordados na revisão sistemática.	39
Quadro 6 - Identificação da qualidade metodológica	40
Quadro 7 – Resumo do nível de qualidade das metodologias utilizadas nas pesquisas	41
Quadro 8 – Resumo de boas práticas para uma compatibilização de projetos eficiente	44
Quadro 9 – Resumo das barreiras da implementação BIM	45
Quadro 10 – Resumo das diferentes abordagens na implementação BIM	46
Quadro 11 – Resumo das respostas da entrevista	48

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 QUESTÃO DA PESQUISA.....	12
1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA	12
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETO	14
2.1.1 Métodos de Compatibilização	15
2.2. BIM (BUILDING INFORMATION MODELING)	16
2.2.1 Conceito BIM.....	16
2.2.2. Dimensões do BIM	17
2.2.3 Interoperabilidade.....	19
2.2.4 Vantagens da aplicação BIM.....	20
2.3 COMPATIBILIZAÇÃO & BIM	21
2.3.1 Histórico	21
2.3.2 Benefícios da utilização do BIM para compatibilização de projetos	23
2.3.3 Propostas de compatibilização com o uso do BIM	24
3 METODOLOGIA.....	29
3.1. TIPO DA PESQUISA	29
3.2. DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	30
3.3. REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA.....	33
3.4 ENTREVISTAS	36
4 RESULTADOS	39
4.1. RESULTADOS DA REVISÃO SISTEMÁTICA.....	39
4.1.1 Categoria 1 – Metodologia empregada na compatibilização.....	39
4.1.2 Categoria 2 – Boas práticas para compatibilização de projetos.	43
4.1.3 Categoria 3 – Barreiras para implementação de BIM na compatibilização.....	45
4.1.4 Categoria 4 – Implementação da tecnologia BIM	46
4.2 RESULTADOS DAS ENTREVISTAS	48
4.3. CRUZAMENTO DAS EVIDÊNCIAS	53
5 CONCLUSÃO.....	56
6 APÊNDICE 1 – FORMULÁRIO DA ENTREVISTA	59
REFERÊNCIAS	60

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil tem adotado cada vez mais o Building Information Modeling (BIM). De acordo com Silva (2019), o uso do BIM tem crescido rapidamente em todo o mundo, sendo que atualmente é considerado uma das tecnologias mais promissoras para o setor. O BIM permite a integração de informações de diferentes disciplinas e fases do projeto, resultando em maior eficiência e qualidade do processo construtivo, como destacado por Smith (2014). É importante destacar a colaboração, na qual todas as áreas envolvidas podem compartilhar informações e desenvolver projetos com menos problemas. Com essas vantagens, é possível realizar a execução com mais segurança e eficiência (CRESPO; RUSCHEL, 2007).

A compatibilização em BIM é um tema cada vez mais relevante no setor da construção civil no Brasil. Segundo Lopes (2022), a adoção do BIM tem crescido no país devido à redução de retrabalhos e erros no processo dos projetos. No entanto, apesar do potencial de benefícios da compatibilização em BIM, é comum encontrar desafios na sua implementação da tecnologia BIM, conforme apontado por Alves (2019), como por exemplo, custo elevado de implementação, falta de informação sobre o tema e a mudança organizacional da empresa. Além disso, a pesquisa realizada pela Grant Thornton e Sienge aponta que o cenário atual da implementação do BIM no Brasil ainda é bastante heterogêneo, com diferentes níveis de maturidade e adoção (SIENGE; ABDI; GRANT THORNTON, 2022)

Com o avanço do BIM, surgiram diferentes métodos de compatibilização. De acordo com Souza e Figueiredo (2020), existem diversos métodos de compatibilização em BIM, desde os mais simples, como a revisão visual dos modelos 3D para identificar potenciais conflitos, assim como, o compartilhamento do modelo 3D entre as equipes para resolver os conflitos em reuniões.

O processo de compatibilização em BIM apresenta diversos benefícios. Segundo Sena (2012), compatibilizar utilizando uma ferramenta BIM permite a detecção de conflitos antes mesmo do início da construção, o que reduz os custos com retrabalho. Além disso, pode melhorar a comunicação e a colaboração entre os diferentes profissionais envolvidos no projeto, como destacado por Rocha (2021).

Segundo Eastman (2014), embora a compatibilização em BIM apresenta muitos benefícios, a implementação desse processo pode ser desafiadora. Para que a compatibilização seja efetiva, é preciso sair da zona de conforto e interagir com um modelo tridimensional repleto de informações integradas, deixando para trás o modelo 2D. Também segundo o autor, é

importante que a compatibilização seja realizada desde o início do processo do projeto, para que as interferências sejam identificadas antes da construção.

Conforme Sá et al. (2022), a falta de padronização na nomenclatura, convenções e metodologias de compatibilização é uma das principais dificuldades enfrentadas. Outro desafio apontado é a necessidade de integração de ferramentas de software utilizadas pelos diferentes profissionais envolvidos no processo, a fim de garantir a interoperabilidade dos dados. Além disso, o autor afirma que a falta de conhecimento e treinamento adequado por parte dos profissionais pode resultar em erros de compatibilização e em um processo ineficiente.

1.1 QUESTÃO DA PESQUISA

A partir do que foi exposto anteriormente sobre a compatibilização de projetos em BIM, a questão principal que a pesquisa se propõe a responder é.

“Como o BIM é utilizado para a compatibilização de projetos?”

1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Diante da questão apresentada, o objetivo principal deste trabalho é entender como o BIM pode contribuir para melhorar a compatibilização de projetos.

Os objetivos específicos deste trabalho incluem:

- a) Identificar em pesquisas existentes as contribuições relacionadas à compatibilização de projetos utilizando o BIM;
- b) Identificar as boas práticas e dificuldades encontradas na implementação do BIM para a compatibilização de projetos, com base em casos práticos e experiências de profissionais da área da arquitetura e engenharia civil de Porto Alegre.
- c) Comparar as diferentes contribuições provenientes da pesquisa e do ambiente prático.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O primeiro capítulo deste trabalho fornece o contexto do tema da compatibilização de projetos em BIM, destacando sua relevância e importância no mercado atual da construção civil.

O segundo capítulo apresenta uma revisão de literatura abrangente sobre o processo de compatibilização de projetos em BIM, explorando diferentes abordagens metodológicas, bem como a tecnologia BIM em si, suas dimensões e vantagens. Além disso, busca compreender a evolução histórica do processo de compatibilização de projetos com o uso do BIM e examinar os benefícios e meios de aplicação dessa abordagem.

No terceiro capítulo, é apresentado o método de pesquisa adotado, incluindo a estratégia utilizada, o delineamento da pesquisa e a descrição detalhada de como a revisão sistemática de literatura foi conduzida, assim como as entrevistas realizadas.

No quarto capítulo, são apresentados os resultados obtidos e realizada uma análise e cruzamento de todas as evidências encontradas ao longo do trabalho.

Por fim, o quinto capítulo encerra o trabalho com as considerações finais, incluindo as principais conclusões obtidas pelo autor, a avaliação do alcance dos objetivos de pesquisa propostos e sugestões para futuros trabalhos na área.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETO

Distinguir coordenação de compatibilização é de extrema importância (MELHADO, 2005). A coordenação visa uma maior integração entre os envolvidos durante o projeto, tendo como objetivo a melhoria na tomada de decisões e soluções na concepção da obra, basicamente, um gerenciamento das atividades e dos participantes no projeto. Segundo Melhado (2005) a compatibilização parte da sobreposição dos projetos das diferentes disciplinas, buscando encontrar interferências, podendo dessa forma, evidenciar os problemas para que a coordenação consiga agir e solucioná-los. Somado a isso, o autor acrescenta que o processo de compatibilização inicia quando os projetos estiverem concebidos, assim, os erros podem ser verificados antes da execução do empreendimento.

Segundo Monteiro et al. (2017) a compatibilização de projetos é a maneira de identificar conflitos na etapa de execução do projeto, reduzindo retrabalhos, acelerando o processo de produção e evitando gastos desnecessários. A compatibilização pode ser realizada de várias maneiras, sendo a mais comum a sobreposição de desenhos 2D usando ferramentas CAD. De acordo com o estudo CAU (2022), essa tecnologia digital é utilizada por 93,2% dos profissionais e segundo o CCB (2021) 85,0% das empresas, apesar de não corresponder às expectativas pela sua baixa precisão, pois o nível de detalhamentos dos projetos é elevado.

De acordo com Horostecki (2014 apud ALGAYER, 2014, p.50), a compatibilização implica na análise e verificação de todos os passos na produção de uma obra. O autor acrescenta que com a existência de sistemas multidisciplinares em um projeto, desenvolvidos por profissionais de diferentes áreas, há uma maior chance de problemas na construção. Ele afirma também que a compatibilização atua como uma ferramenta que identifica esses problemas, evitando retrabalhos devido a erros de projeto e garantindo o cumprimento de prazos e custos do empreendimento.

A retroalimentação das etapas durante a elaboração de um projeto é permitida pela compatibilização, afirma Callegari (2007), podendo assim, propor soluções e aumentar a eficiência na execução da atividade. Dessa forma, a redução das incertezas irá aumentar durante a elaboração de projetos futuros. O processo de verificação das incompatibilidades entre as disciplinas facilita a qualidade do processo de projetos, pois nessa etapa ocorrem as correções, visando aperfeiçoar o sistema construtivo e de projetos (CALLEGARI, 2007).

2.1.1 Métodos de Compatibilização

A comunicação dos projetistas é essencial diante do aumento da complexidade das informações do projeto e fluxo de dados, afirma Souza (2010). A partir do contexto geral, pode-se dizer que o avanço em ferramentas tecnológicas como os computadores revolucionaram os métodos na produção e desenvolvimento de documentos, sendo hoje indispensáveis na execução de projetos. Logo, nesta etapa do trabalho serão apresentados o método convencional em 2D, a modelagem em 3D e o uso do BIM (SOUZA, 2010).

O método convencional de compatibilização inicia-se após o desenvolvimento dos projetos em 2D (bidimensional) das diferentes disciplinas envolvidas no empreendimento, como o projeto estrutural e o hidrossanitário por exemplo, os quais não estão conectados entre si, e a visualização do agrupamento destes é importante para o entendimento da obra. A partir desses projetos em 2D é possível recolher informações para a modelagem e montagem de um modelo 3D, o qual pode ser chamado de maquete virtual (SPERLING, 2002).

O método de compatibilização em 2D parte de um projeto base, que é definido pela coordenação da atividade, podendo ser o de instalações hidrossanitárias, por exemplo, o qual é convertido em bloco e em sequência sobreposto a outro projeto, como por exemplo o elétrico e assim por diante. Pelo fato desse processo omitir algumas informações importantes como cotas de tubulação, conexões de sistemas, é recorrente que haja erros, porém algumas incompatibilidades de sobreposição e interferências são detectadas e corrigidas dessa maneira (SPERLING, 2002).

Gonçalves Junior (2017) destaca que, apesar da técnica ter sido eficaz no passado, ela é insuficiente para analisar interferências com precisão, devido à complexidade e à quantidade de disciplinas e elementos presentes nos projetos de edificação atualmente. Embora seja menos lenta que o método manual, ela ainda é limitada na identificação de interferências na sobreposição de projetos. Além disso, os desenhos são pouco claros para permitir uma verificação minuciosa de seções, plantas e elevações.

Já a modelagem 3D oferece mais detalhes ao desenho pois os elementos podem ser apresentados de forma volumétrica. O AutoCAD permite ambas análises 2D e 3D, porém a modelagem 3D requer mais tempo, pois cada elemento precisa ser modelado individualmente (MIKALDO, 2006).

E por último, o uso da plataforma BIM é uma solução para corrigir a maior parte dos problemas de incompatibilidade em projetos. Ela integra os projetos e os profissionais envolvidos, tendo como base geralmente o projeto de arquitetura. No entanto, o investimento

inicial em relação ao método convencional é mais custoso, pois os softwares que possibilitam a modelagem BIM são mais caros e também é necessário um computador potente para processar gráficos 3D e dados (MIKALDO, 2006).

A utilização da tecnologia BIM na compatibilização de projetos tem muitas vantagens em relação aos métodos tradicionais. O BIM permite a identificação automática de conflitos e fornece informações sobre partes do projeto que precisam de mais detalhes. Assim, a detecção de interferências pode ser realizada a qualquer nível de detalhamento e para várias disciplinas, incluindo estruturas, instalações elétricas e arquitetura (EASTMAN et al., 2008).

O método que será estudado neste trabalho será o BIM. Dessa forma, buscando identificar melhores práticas do uso da tecnologia que possam facilitar e aprimorar a qualidade da compatibilização.

2.2. BIM (BUILDING INFORMATION MODELING)

2.2.1 Conceito BIM

De acordo com uma pesquisa realizada por Xiaolei (2018), ainda não há uma definição uniforme de BIM. Isso se deve às diferentes interpretações das empresas de construção e sua informação a respeito desse conceito. Mesmo com o BIM tendo se popularizado em muitos países há mais de uma década, com o objetivo de melhorar as práticas atuais em projetos de construção, Latiffi et al. (2017) afirma que o conhecimento sobre BIM pode mudar entre as pessoas envolvidas no projeto, dependendo da forma como esse conceito é adotado e interpretado.

Devido a essa falta de compreensão completa, cada agente envolvido coloca em prática uma parte do potencial compreendido do BIM, conforme afirmado por Latiffi et al (2017). Por isso, pode ser útil entender o conceito BIM através de suas definições mais amplas, para que haja uma compreensão mais clara e unificada sobre o assunto.

De acordo com Latiffi et al. (2017), a literatura caracteriza o BIM em cinco aspectos: desempenho, processo, produtividade, tecnologia e design. O estudo de Latiffi et al. (2017) destaca duas categorias das citadas anteriormente: tecnologia e processo. O BIM como processo está ligado ao aperfeiçoamento das atividades da construção e da gestão de informações do projeto, através do desenvolvimento de um modelo 3D por parte dos envolvidos na construção. Já o BIM como tecnologia é relacionado ao uso de softwares e modelos 3D como forma de comunicação de informações nos projetos de construção.

Para Charles M. Eastman, um dos precursores da tecnologia CAD, o BIM é uma abordagem filosófica de trabalho que engloba engenheiros, construtores e arquitetos no desenvolvimento de um modelo virtual acurado. Esse modelo virtual é uma fonte de informações detalhadas, incluindo informações topológicas e dados para cálculo de energia, orçamento, previsão de materiais e atividades durante o ciclo da construção (EASTMAN, 2008).

A definição de BIM para Succar (2009) é como um conjunto de tecnologias, processos e políticas que dão origem a uma metodologia capaz de analisar e gerenciar dados de um projeto de construção, ao longo de todo ciclo de vida do empreendimento, ou seja, inicia-se na concepção do projeto até a execução de toda a edificação.

O BIM é uma metodologia auxiliada por uma tecnologia que comporta o compartilhamento e o armazenamento das informações do projeto de forma integrada e digital. Desta forma, torna possível a atualização e a modificação do projeto por qualquer uma das partes envolvidas na execução do mesmo (BORTOLOTTI, 2014).

Tendo em vista o BIM como tecnologia e processo, este pode melhorar as práticas em projetos através do desenvolvimento de informações do projeto em modelos 3D, dessa forma, tornando-se um processo que acontece através do uso da tecnologia, contribuindo assim para a eficácia na entrega de projetos, desde sua concepção até a execução e manutenção (LATIFFI et al., 2017). Contudo, se a eficiência do BIM como processo é resultado do uso da tecnologia, então ele pode ser entendido como processo e tecnologia ao mesmo tempo.

2.2.2. Dimensões do BIM

A modelagem do projeto permite a classificação do BIM em diferentes níveis de informação, conhecidos como dimensões do BIM. Essas dimensões refletem o volume de informações e recursos presentes no modelo, além do seu uso durante o planejamento e a execução do projeto (MIRANDA; SALVI, 2019). Atualmente, o BIM se divide em 10 dimensões. Nesta pesquisa serão abordadas das dimensões 3D até 7D.

A terceira dimensão abrange a criação de modelos tridimensionais, que ainda podem resultar em projetos bidimensionais de forma mais direta (MATOS; MIRANDA, 2015). No entanto, de acordo com a CBIC (2016), nem todo modelo tridimensional inclui a modelagem da informação na construção, porém com a utilização do BIM, necessariamente serão três dimensões.

Para implementar a metodologia BIM, o software deve possibilitar a organização dos dados, agindo como um gerenciador de banco de dados. Desta maneira, qualquer mudança feita no modelo, seja um documento, relatório ou tabela, acarretará na atualização automática das outras partes integradas (CBIC, 2016).

A quarta dimensão abrange o planejamento, contemplando o cronograma e o tempo de execução do empreendimento. Usar essa dimensão torna mais fácil visualizar a sequência e atividades programadas para a equipe de trabalho, reduzindo atrasos na execução do empreendimento (PITAKE; PATIL, 2013). Somado a isso, Eastman et al. (2014) afirmam que a dimensão 4D aperfeiçoa a troca de informações e a logística da construção, além de melhorar o gerenciamento, permitindo avaliar o que foi elaborado.

A quinta dimensão envolve a integração do custo do projeto, calculado a partir do modelo em 3D, de acordo com o cronograma e a estrutura 4D, permitindo acompanhar os gastos em todas as etapas da construção. Para isso, o orçamento é elaborado por meio de programas que integram o BIM, com base em quantidades de materiais e medidas obtidas por meio do modelo BIM (EASTMAN et al., 2014).

A sexta dimensão do BIM se concentra na sustentabilidade da construção. Ela não se limita apenas à modelagem, mas inclui também uma verificação da eficiência sustentável ao longo de todos os processos construtivos da obra (YUNG; WANG, 2014). Ainda, com o uso das outras dimensões, é possível quantificar os materiais, organizar o canteiro de obras e armazenar corretamente os insumos, o que leva a uma possibilitaria redução no desperdício (UGREEN, 2018). Assim, pode-se abordar, ainda que de forma indireta, temas como consumo de materiais, gases do efeito estufa, água e energia, que são impactos da construção civil no meio ambiente.

A sétima dimensão cobre o ciclo de vida da obra, gerencia todas as informações relacionadas a projeto e manutenção após a execução do empreendimento (SILVA, HUPPES, PEDROZO, 2018). De acordo com a NR-12 (2010), uma manutenção bem executada deve obedecer a cinco passos: inspeção, limpeza, medidas preventivas, correções e substituições. Assim, a organização proporcionada pelo BIM torna mais fácil lidar com problemas relacionados à obra, que seriam desafiadores de gerenciar sem a utilização deste método.

A escolha da dimensão 3D do BIM como foco para a pesquisa está em conformidade com estudos recentes, como o de Eastman et al. (2017), o qual indica que a maioria dos conflitos entre as disciplinas de um projeto de construção ocorrem no espaço tridimensional. A dimensão 3D também é fundamental para o processo de *clash detection* (identificação de conflitos), conforme destacado por Sena (2021), pois permite a visualização dos elementos do

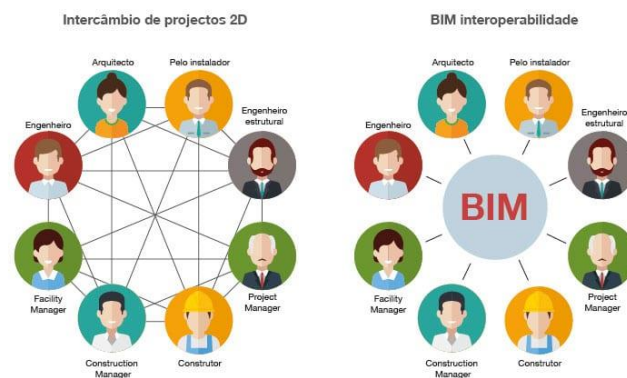
projeto em três eixos, facilitando a detecção de conflitos e análise de soluções. Embora as dimensões 4D e 5D possam ajudar a compatibilizar os projetos de forma mais precisa e integrada, a dimensão 3D é a que engloba mais as necessidades do processo de compatibilização de projetos, pois é nela que a maioria dos conflitos é identificada e resolvida, como apontado por Menezes (2019).

2.2.3 Interoperabilidade

Interoperabilidade pode ser definida como a habilidade de sistemas e organizações diferentes trabalharem juntos para garantir uma troca efetiva e eficiente de informações entre pessoas, organizações e sistemas computacionais (SILVA, 2019).

No contexto BIM, a interoperabilidade é vista como a comunicação de informações entre diferentes sistemas e softwares para alcançar aumento de produtividade, automação, diminuição de perdas e desenvolvimento nos projetos de engenharia (BONTEMPO, 2017). Acrescentando a ideia anterior a interoperabilidade visa chegar a um produto, resultado da comunicação entre os usuários de forma simultânea e entre diversos meios como mostra a figura 1 (AZEVEDO, 2015; CBIC, 2016).

Figura 1 – Interações BIM vs. Tradicional



Fonte: ACCA software (2017)

A interoperabilidade tem como objetivo deixar o processo de criação de padrões mais prático e fácil, o que possibilita a troca de dados entre diferentes tipos de sistemas e aplicativos,

mantendo as informações de forma íntegra. As necessidades de um projeto de edificação não são supridas por uma única solução quando o projeto é desenvolvido por diferentes aplicativos (CHECCUCCI et al., 2011). A interoperabilidade nada mais é que a capacidade que um ou mais sistemas possuem em trocar dados e utilizá-los em seguida. (BENSON, 2012).

Levando em consideração os autores acima, a interoperabilidade é a capacidade de sistemas e organizações diferentes trabalharem juntas para garantir a troca de informações de forma eficiente. No contexto BIM, a interoperabilidade permite a comunicação de informações entre diferentes sistemas e softwares para aumentar a produtividade, automação e desenvolvimento nos projetos de engenharia. O objetivo é tornar o processo de criação de padrões mais fácil e permitir a troca de dados entre diferentes tipos de sistemas e aplicativos, mantendo as informações íntegras. A interoperabilidade é uma ferramenta importante para suprir as necessidades de um projeto de edificação e utilizar dados e trocá-lo de maneira eficiente.

2.2.4 Vantagens da aplicação BIM

A tecnologia BIM tem sido amplamente utilizada para melhorar o processo do projeto na indústria da construção. De acordo com Campestrini (2015), o uso do BIM permite uma gestão mais eficiente da informação, além de fornecer uma visualização mais precisa e completa do projeto. Estas vantagens permitem uma identificação mais precoce de erros e conflitos, o que contribui para uma melhoria significativa no andamento e qualidade do projeto.

O BIM também é conhecido por melhorar a colaboração entre as equipes envolvidas em um projeto. Araújo et al. (2011) destacam que o uso do BIM possibilita a gestão simplificada de um projeto complexo que envolve diversos profissionais e tecnologias, pois a ferramenta promove a colaboração eficiente entre as partes envolvidas. Além disso, segundo os autores, uma melhor gestão é possível porque o BIM armazena e organiza todos os dados e informações relacionados ao projeto em um único local, o que permite que todas as equipes acessem as informações necessárias com mais facilidade e rapidez. Esta facilidade de acesso a informações e capacidade de compartilhar dados em tempo real, resulta em uma comunicação mais clara entre as equipes, melhorando a coordenação e colaboração entre elas (ARAÚJO et al., 2011).

Além de ajudar no processo do projeto e na colaboração da equipe, o BIM também é conhecido por melhorar a segurança na construção. O BIM permite uma melhor gestão da informação, o que contribui para identificar potenciais riscos e perigos na construção. Além disso, o BIM fornece um modelo digital preciso do projeto, o que permite uma análise detalhada

de potenciais problemas de segurança antes da construção começar, o que ajuda a prevenir acidentes e tornar mais seguro o local da construção (ALBERT; HALLOWELL, 2012; KIM; CHO, 2015 b; SHANG; SHEN, 2016; TEO et al., 2016).

O BIM é uma metodologia que permite a criação e o gerenciamento colaborativo de modelos digitais que representam todas as informações relevantes de um edifício ou infraestrutura, desde o projeto até a operação. O modelo federado BIM é a agregação de múltiplos modelos BIM criados por diferentes disciplinas envolvidas em um projeto, permitindo a colaboração em tempo real e a coordenação eficiente de todos os aspectos do ciclo de vida de uma construção (LOWE & MUNCEY, 2009)

Uma das principais vantagens do modelo federado BIM é a melhoria da coordenação e comunicação entre os diferentes participantes do projeto de construção. Ao integrar os modelos BIM de diferentes disciplinas, como arquitetura, estrutura, instalações e construção, em um único modelo federado, é possível detectar e resolver conflitos e inconsistências de forma antecipada, evitando erros e retrabalho durante a execução da obra. Além disso, o modelo federado BIM permite uma visão holística do projeto, possibilitando uma tomada de decisão mais informada e estratégica em todas as fases do ciclo de vida da construção, desde o planejamento até a manutenção. Outra vantagem é a melhoria da eficiência e produtividade do processo de construção, uma vez que o modelo federado BIM permite a identificação e correção de problemas antes da execução, reduzindo custos, atrasos e desperdícios de recursos (LOWE & MUNCEY, 2009).

A compatibilização em BIM será beneficiada por essas vantagens citadas anteriormente. Principalmente pela capacidade do BIM identificar com antecedência erros e conflitos no projeto e aprimorar a gestão da informação e comunicação entre a equipe envolvida, permitindo uma compatibilização mais precisa e eficiente.

2.3 COMPATIBILIZAÇÃO & BIM

2.3.1 Histórico

O histórico da utilização do BIM para compatibilização de projetos demonstra a evolução constante da tecnologia para tornar o processo mais eficiente e preciso, resultando em um melhor planejamento e execução do projeto. Desde os primeiros usos, como na construção do Aeroporto de Denver em 1995 (EASTMAN et al., 2011), o BIM tem se consolidado como uma ferramenta essencial para a compatibilização de projetos. Em 2003, o governo dos Estados

Unidos promoveu a adoção do BIM para projetos de infraestrutura, resultando em um aumento significativo na sua utilização (FIESP, 2016). Mais recentemente, a aplicação de tecnologias como realidade virtual e aumentada tem sido investigada para aprimorar ainda mais a eficiência da compatibilização com BIM (OLIVEIRA; CUPERSCHMID, 2019). Diante disso, fica evidente que a utilização do BIM para compatibilização de projetos é uma tendência crescente no setor da construção civil, visando o aperfeiçoamento constante de processos e a garantia de qualidade e segurança no empreendimento.

Com o avanço do uso do BIM, pesquisadores têm investigado novas técnicas e metodologias para aprimorar a compatibilização de projetos. Um estudo realizado por Miettinen et al. (2019) propôs a utilização de uma abordagem automatizada para a compatibilização, baseada em regras e restrições. Essa abordagem permitiu a identificação e correção de conflitos de forma mais rápida e eficiente, otimizando o tempo e recursos do processo. Além disso, Fonseca (2021) destaca a importância da colaboração e da comunicação entre as equipes envolvidas no projeto, especialmente durante a fase de compatibilização. Segundo o autor, a integração de tecnologias de comunicação, como mensagens instantâneas e videoconferências, podem ajudar a aprimorar a coordenação entre as disciplinas e, conseqüentemente, reduzir os conflitos durante o processo de compatibilização.

Outro aspecto importante a ser destacado é a utilização do BIM para a compatibilização de projetos em larga escala, como em projetos de infraestrutura. Segundo Pinto (2016), o uso do BIM em projetos de pontes tem sido amplamente difundido, permitindo a identificação de problemas e conflitos de forma mais precisa e eficiente. Além disso, a utilização do BIM também tem se mostrado vantajosa na gestão de grandes volumes de dados em projetos de infraestrutura, como destacado por Chen et al. (2016). Os autores ressaltam a importância da organização e da padronização dos dados no BIM para garantir uma gestão eficiente e um processo de compatibilização mais preciso.

No contexto brasileiro, a compatibilização de projetos com o uso do BIM tem ganhado destaque nos últimos anos. De acordo com Maritan (2018), a utilização do BIM pode potencialmente reduzir os custos e melhorar a qualidade do projeto. Além disso, o autor também destaca que a compatibilização de projetos com o BIM pode minimizar conflitos e retrabalhos durante a execução da obra, resultando em maior eficiência e produtividade.

No âmbito da construção de edificações hospitalares, Mendonça et al. (2019) destacam a importância da utilização do BIM para a compatibilização de projetos. Segundo os autores, a utilização do BIM pode permitir a integração entre as disciplinas envolvidas no projeto, como a arquitetura, a engenharia e a instalação hospitalar. A compatibilização com o BIM pode

auxiliar na redução de conflitos e na identificação de problemas com antecedência, contribuindo para a melhoria da qualidade do projeto e a redução de custos com retrabalhos. Além disso, os autores mostram que o BIM também pode auxiliar na gestão da manutenção do hospital após a sua construção, resultando em uma maior eficiência e segurança para os usuários da edificação.

Com a crescente adoção do BIM para a compatibilização de projetos no Brasil, também surgiram iniciativas para a criação de padrões e diretrizes para a utilização da tecnologia. De acordo com a FIESP (2016), a criação de normas técnicas específicas para o uso do BIM na construção civil brasileira tem como objetivo estabelecer critérios claros para a geração, compartilhamento e gestão de informações nos projetos. Entre as normas destaca-se a NBR 15965, que trata da modelagem de informações da construção (BIM).

Além disso, a utilização do BIM para a compatibilização de projetos tem trazido benefícios significativos para a indústria da construção civil. Segundo Santos et al. (2022), a aplicação do BIM tem contribuído para a redução de erros e conflitos em projetos, o que pode gerar economia de recursos e tempo. Ainda de acordo com os autores, o BIM também pode auxiliar na tomada de decisões, no gerenciamento e controle de custos e prazos de execução, bem como na identificação de possíveis falhas antes mesmo do início das obras.

Por fim, é importante destacar que a adoção do BIM para a compatibilização de projetos tem mostrado um diferencial competitivo no mercado de construção civil. Segundo Pereira (2021), empresas que utilizam o BIM conseguem entregar projetos com maior eficiência e qualidade, o que pode gerar vantagens em relação aos concorrentes. Ainda de acordo com o autor, o uso do BIM pode ser um fator decisivo na escolha de empresas em licitações e concorrências públicas, uma vez que a tecnologia está sendo cada vez mais exigida pelos órgãos públicos na contratação de obras e serviços.

2.3.2 Benefícios da utilização do BIM para compatibilização de projetos

De acordo com Souza et al. (2009), a utilização do BIM também tem impactos positivos na qualidade da construção. Isso ocorre porque o modelo virtual é capaz de integrar informações detalhadas sobre volumetria, estimativa de custos, quantificação e equipamentos utilizados, facilitando a escolha dos melhores recursos e garantindo a eficiência do processo construtivo. Além disso, segundo o autor, a utilização do BIM permite uma maior colaboração e comunicação entre as equipes de projeto, reduzindo os erros e retrabalhos.

Outro benefício do uso do BIM para a compatibilização de projetos é a possibilidade de gerenciamento da informação ao longo de todo o ciclo de vida do empreendimento. Conforme destacado por Karsulovic et al. (2015), o BIM permite o armazenamento e compartilhamento de dados precisos e atualizados, facilitando a gestão da obra e a tomada de decisão em todas as fases do projeto. Isso inclui desde a concepção até a operação e manutenção do edifício, garantindo a sustentabilidade e durabilidade do empreendimento.

É importante ressaltar que a utilização do BIM para a compatibilização de projetos apresenta vantagens em relação aos métodos convencionais, como o de sobreposição dos projetos de diferentes disciplinas. Segundo Souza (2017), o método tradicional pode levar a erros e atrasos na construção, uma vez que não permite a análise integrada dos projetos. Já o BIM, por sua vez, permite uma visualização em 3D dos diferentes modelos e a detecção antecipada de possíveis conflitos entre as disciplinas envolvidas, contribuindo para a otimização do processo construtivo (EASTMAN et al, 2014).

Outra vantagem do uso do BIM para a compatibilização de projetos é a possibilidade de uma maior precisão e detalhamento nas especificações técnicas do empreendimento. De acordo com Pascual et al. (2019), o BIM permite a integração de informações sobre todos os aspectos do projeto, desde a estrutura até a instalação elétrica e hidráulica, proporcionando uma visão ampla e detalhada do empreendimento. Isso contribui para a redução de erros e retrabalhos, além de permitir uma melhor comunicação e colaboração entre as equipes de projeto.

A utilização do BIM para a compatibilização de projetos está se tornando uma exigência cada vez mais comum em editais de licitação e contratos de obras públicas. De acordo com Moura et al. (2017), a adoção do BIM para a compatibilização de projetos pode contribuir para o atendimento de requisitos legais e regulamentares, além de ser um diferencial competitivo na disputa por contratos de obras públicas. Com isso, a utilização do BIM pode contribuir para a melhoria da gestão pública e para o desenvolvimento da indústria da construção civil como um todo.

2.3.3 Propostas de compatibilização com o uso do BIM

A compatibilização de projetos é uma das fases mais importantes do processo de construção de uma edificação. É nessa fase que são identificadas e resolvidas as interferências entre as disciplinas envolvidas no projeto. O uso do BIM para a compatibilização de projetos exige que alguns requisitos sejam seguidos a fim de alcançar um melhor resultado. Segundo Rosa (2018), alguns desses requisitos são:

- É importante estabelecer claramente as etapas a serem realizadas, bem como os resultados que devem ser alcançados em cada etapa, tanto para o cliente quanto para todos os projetistas envolvidos. Isso inclui a definição de momentos para revisar e validar as expectativas do cliente em relação aos resultados alcançados e cada etapa, bem como a obtenção de feedback regular sobre sua satisfação e necessidades.

- As definições iniciais da arquitetura devem ser desenvolvidas em conjunto com as definições iniciais das engenharias para evitar retrabalho futuro ou até mesmo inviabilidade do projeto. A integração das definições iniciais permite uma visão holística do projeto, levando em consideração os aspectos técnicos, funcionais, estéticos e econômicos. Dessa forma é possível identificar potenciais conflitos ou problemas técnicos antes que eles se tornem críticos, evitando retrabalho futuro ou até mesmo inviabilidade do projeto.

- A comunicação deve ser constante entre os projetistas e cliente, bem como consultar os responsáveis pela execução e fornecedores são fundamentais. A comunicação deve ser realizada através de reuniões, relatórios de progresso, atualização de documentos e outros meios apropriados como softwares.

- Utilizar softwares de BIM compatíveis para permitir a troca de informações entre as diferentes disciplinas. Essa tecnologia também permite a visualização e simulação de diferentes cenários, possibilitando uma análise mais detalhada e precisa do projeto como um todo.

- É importante padronizar toda e qualquer documentação para que seja possível agrupar facilmente todos os documentos relacionados a um cliente ou a documentos similares. Essa padronização pode ser realizada através de um código único para cada cliente e um código ou palavra-chave para cada tipo de documento. Um "arquivo legenda" atualizado regularmente pode ser elaborado para identificar o código de cada cliente e o código ou palavra-chave de cada tipo de documento.

- A compatibilização deve ocorrer ao longo de todo o processo, utilizando um modelo único que pode ser atualizado com mais informações conforme o processo avança, permitindo que o design e a compatibilização ocorram simultaneamente. Dessa forma é possível identificar possíveis conflitos, incompatibilidades ou interferências entre as disciplinas de forma antecipada, permitindo correções e ajustes antes da fase de execução.

- É necessário acompanhar constantemente a execução do projeto, coletando dados que possam ser utilizados para melhorar o processo, além de formalizar esses dados para facilitar sua consulta. O acompanhamento da execução do projeto permite identificar problemas ou desvios em relação ao planejamento inicial. Esses problemas podem ser relacionados a prazos, recursos, qualidade ou outras questões relevantes para o sucesso do projeto. Ao coletar

dados sobre a execução, é possível identificar rapidamente esses problemas e tomar ações corretivas de forma oportuna, evitando que eles se tornem maiores e mais complexos.

Já para Ferreira et al. (2022), existem algumas boas práticas que podem ser utilizadas para garantir o sucesso da compatibilização de projetos com o BIM, tais como o estabelecimento de um sistema de gerenciamento de informações, a utilização de modelos paramétricos, a realização de simulações e análises de desempenho e a realização de testes de protótipo.

Martins et al. (2016) propõem algumas práticas específicas para a utilização do BIM na compatibilização de projetos, como a utilização de protocolos BIM para a troca de informações entre as disciplinas envolvidas, o estabelecimento de regras para a modelagem e a codificação dos objetos utilizados nos modelos, a utilização de softwares que permitem a criação de relatórios de interferências e a gestão dos conflitos, além do estabelecimento de um processo de revisão dos modelos para garantir que as informações estejam atualizadas e corretas.

Existem diversas metodologias para a compatibilização de projetos com o uso do BIM somado às boas práticas mencionadas. Uma das mais utilizadas é a identificação de incompatibilidades de projeto através da visualização 3D, uma abordagem que visa detectar potenciais conflitos entre os diferentes elementos do projeto antes mesmo do início da construção. Para isso, os modelos 3D dos diferentes componentes da edificação são integrados em um único modelo, permitindo a visualização de todos os elementos em conjunto. Com essa metodologia, é possível detectar incompatibilidades precocemente e corrigi-las ainda na fase de projeto, evitando retrabalhos, atrasos e custos adicionais na fase de construção. A visualização 3D proporcionada pelo BIM permite que as incompatibilidades sejam identificadas de forma mais clara e precisa, favorecendo uma análise mais completa e efetiva (PINTO, 2019).

Além da visualização 3D, existem outras metodologias para a compatibilização de projetos com o uso do BIM. Uma delas é a compatibilização híbrida que é um processo que combina a análise de interferências visualmente por meio de um modelo 3D BIM com a utilização de um software de *Clash Detection* que avalia as interferências automaticamente. O processo começa com a criação do modelo 3D BIM, que é desenvolvido em conjunto por todas as disciplinas envolvidas no projeto. A partir desse modelo são realizadas as análises de interferências visualmente, onde a equipe verifica manualmente as possíveis colisões entre os elementos do projeto. Esse processo é importante para identificar interferências que não são facilmente detectadas pelo software de *Clash Detection* (PINTO, 2019).

Segundo Pinto (2019) a utilização da compatibilização híbrida colabora para uma compatibilização de projetos mais eficiente, pois permite a identificação mais precisa das interferências, reduzindo a possibilidade de erros e retrabalhos. A combinação das duas metodologias ajuda a melhorar o processo de compatibilização, garantindo a qualidade do projeto e a satisfação do cliente.

Já a modelagem paramétrica é uma importante ferramenta para a compatibilização de projetos em BIM, pois permite que os elementos do modelo sejam ajustados de forma mais rápida e precisa do que seria possível com a modelagem tradicional. Além disso, como os elementos são criados a partir de parâmetros predefinidos, é mais fácil garantir a consistência do modelo em todas as suas partes, o que ajuda a evitar inconsistências e erros de compatibilização (COUTINHO et al., 2021).

Para executar a modelagem paramétrica, é necessário definir os parâmetros para cada elemento, que podem incluir dimensões, materiais e outras propriedades. Esses parâmetros são usados para controlar a geometria do modelo, permitindo que os elementos sejam ajustados de forma automática e precisa em resposta a alterações no modelo (COUTINHO et al., 2021).

Com a modelagem paramétrica, também é possível realizar análises de interferências mais precisas, uma vez que as alterações feitas em um elemento do modelo são automaticamente transmitidas para todos os elementos relacionados. Isso ajuda a garantir que as alterações feitas em um elemento não afetem negativamente outros elementos do modelo, reduzindo a necessidade de retrabalho e economizando tempo e recursos (COUTINHO et al., 2021).

Somado às boas práticas e metodologias, diversas propostas têm sido feitas para o aprimoramento do uso do BIM na compatibilização de projetos. Uma das mais relevantes é a utilização de tecnologias de realidade aumentada e virtual para a visualização do modelo. Segundo Azevedo (2019), a utilização dessas tecnologias permite que as diferentes disciplinas envolvidas no projeto visualizem o modelo em tempo real e em diferentes escalas, facilitando a identificação de interferências e melhorando a comunicação entre as equipes.

No Brasil, diversas propostas têm sido feitas para o aprimoramento do uso do BIM na compatibilização de projetos. Uma das propostas é a utilização de tecnologias de escaneamento 3D para a criação de modelos as-built, permitindo que as interferências sejam identificadas e resolvidas antes da construção. A utilização de escaneamento 3D aumenta a precisão do modelo e reduz o tempo de identificação de interferências (ALMEIDA, 2016).

Levando em consideração as ideias apresentadas, a compatibilização de projetos com a utilização do BIM é um aspecto crítico para garantir o sucesso do processo de construção de

edificações. A adoção de boas práticas como a definição clara das responsabilidades de cada disciplina, estabelecimento de cronogramas, uso de softwares compatíveis, reuniões de compatibilização e documentação gerada durante a fase, são essenciais para garantir um resultado satisfatório. Além disso, a escolha da metodologia adequada, como a compatibilização híbrida e a visualização de interferências 3D, pode otimizar o processo e torná-lo mais eficiente.

Em suma, pelas referências analisadas é possível entender que a compatibilização de projetos com o uso do BIM é essencial para melhorar o processo de construção de edificações. A adoção de boas práticas e a escolha da metodologia adequada são fundamentais para garantir o sucesso do processo. Espera-se que, com o avanço da tecnologia e a maior disseminação do BIM, a compatibilização de projetos se torne ainda mais eficiente e acessível, permitindo a construção de edificações cada vez mais seguras, eficientes e sustentáveis.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo de metodologia é descrito todo o processo para a realização da pesquisa, incluindo a coleta de dados, etapas da pesquisa e análise dos dados.

3.1. TIPO DA PESQUISA

Essa pesquisa, quanto aos seus objetivos, conforme Gil (2002), pode ser enquadrada como exploratória e descritiva. Segundo o autor, a pesquisa exploratória tem como objetivo principal a investigação de um tema ainda pouco conhecido ou compreendido, visando obter uma maior familiaridade com o problema estudado. Esse tipo de pesquisa é caracterizado pela flexibilidade de seu planejamento, permitindo que sejam considerados diversos aspectos do fenômeno em questão (GIL, 2002). Para Marconi e Lakatos (2001), a pesquisa exploratória envolve a coleta de dados de diferentes fontes, como revisão bibliográfica, entrevistas com especialistas e observação direta. Os autores acrescentam que esse processo permite a identificação de novas informações, padrões e possíveis hipóteses para estudos posteriores, contribuindo para o desenvolvimento da pesquisa científica como um todo.

Para esta pesquisa foi adotado o estudo de caso exploratório como estratégia de pesquisa. O estudo de caso é uma técnica de pesquisa que permite a análise aprofundada de um caso específico, sendo útil para investigar fenômenos complexos e multifacetados em seu contexto real (YIN, 2015). Ainda segundo o autor, o estudo de caso se caracteriza pela coleta de dados de múltiplas evidências, como entrevistas com as pessoas envolvidas no caso, análise de documentos e registros, observação direta do fenômeno em estudo, entre outros. Essa abordagem permite uma compreensão mais completa do fenômeno, identificando suas características, dinâmicas e processos.

Para se caracterizar um estudo de caso exploratório, conforme Yin (2015) é comum utilizar uma série de perguntas abertas, que permitem ao pesquisador obter informações detalhadas sobre o caso em estudo. Além disso, alguns tipos comuns de perguntas utilizadas incluem "como", "por que", "quando", "onde" e "quem". Além disso, é importante que as perguntas sejam estruturadas de forma a permitir que o pesquisador obtenha uma compreensão mais completa do fenômeno em estudo, considerando aspectos como contextos históricos, sociais e culturais (YIN, 2015). O autor complementa que as perguntas devem ser elaboradas com base nos objetivos da pesquisa, buscando identificar as principais questões a serem investigadas e os aspectos relevantes do caso em estudo.

Segundo Yin (2015) existem três princípios fundamentais para a condução de um estudo de caso: o uso de múltiplas evidências, a criação de uma base de dados e a manutenção de uma cadeia de evidências.

O primeiro princípio, o uso de múltiplas evidências, refere-se à necessidade de se coletar dados a partir de diversas fontes, como entrevistas, documentos e registros. Isso permite que o pesquisador tenha uma visão mais completa e abrangente do caso em estudo, identificando suas particularidades e nuances (YIN, 2015).

O segundo princípio, a criação de uma base de dados, consiste em organizar os dados coletados em um sistema estruturado e acessível. Isso permite que o pesquisador possa analisar e comparar os dados de maneira mais eficiente, além de possibilitar futuras pesquisas sobre o mesmo tema (YIN, 2015).

O terceiro princípio, a manutenção de uma cadeia de evidências, refere-se à importância de se registrar todas as etapas do processo de pesquisa, desde a coleta até a análise dos dados. Isso garante a transparência e a credibilidade do estudo, permitindo que outras pessoas possam revisar e validar as conclusões apresentadas (YIN, 2015).

Em resumo, o estudo de caso exploratório é uma técnica de pesquisa adequada para a investigação de fenômenos complexos e multifacetados a que esse estudo se propõe. A adoção dos três princípios de Yin - o uso de múltiplas evidências, a criação de uma base de dados e a manutenção de uma cadeia de evidências - garante a qualidade e a confiabilidade da pesquisa, permitindo que os resultados obtidos sejam interpretados dentro do contexto em que foram coletados (YIN, 2015), os quais foram usados nessa pesquisa.

3.2. DELINEAMENTO DA PESQUISA

O delineamento da pesquisa é apresentado conforme a Figura 2, em que as etapas não foram executadas de forma sequencial. Em algumas situações houve a necessidade de repetir etapas anteriores, como a busca por novos artigos e documentos acadêmicos através da revisão sistemática como a análise dos dados. Além da coleta e a análise das informações recebidas através do formulário, que chegavam em dias diferentes.

Figura 2 – Fluxograma da metodologia adotada no trabalho



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Inicialmente, para a compreensão do tema da compatibilização de projetos com uso do BIM, foram realizadas simultaneamente uma revisão tradicional da literatura e uma revisão sistemática de literatura.

A revisão tradicional de literatura foi realizada para coletar informações sobre o uso do BIM na compatibilização de projetos. Foram buscadas referências em artigos científicos, livros, teses, dissertações e outras fontes relevantes para a área. Essa revisão teve como objetivo identificar as principais informações já disponíveis sobre o tema, destacando as contribuições de estudos anteriores e possíveis lacunas no conhecimento atual, dessa forma, colaborando com o referencial teórico como um todo.

Já a revisão sistemática de literatura foi realizada com o objetivo de fornecer uma avaliação objetiva das evidências disponíveis, com o intuito de embasar a tomada de decisão informada pelos profissionais envolvidos no tema estudado. Essa revisão envolveu a definição de critérios claros de seleção de estudos, a busca sistemática em diferentes bases de dados, a triagem dos estudos identificados, a extração dos dados relevantes e a análise dos resultados. Esses critérios são explanados com mais detalhes no item 3.3.

Em seguida, buscou-se compreender a relação do BIM com a compatibilização de projetos através das informações coletadas. Essa etapa permitiu identificar as principais ferramentas BIM utilizadas no processo de compatibilização, bem como as metodologias e boas práticas que permitem uma melhor eficiência e colaboração da equipe envolvida.

Durante o processo de pesquisa, além da revisão de literatura, foram realizadas quatro entrevistas com arquitetos e engenheiros para compreender como é executado na prática o processo de compatibilização utilizando o BIM. Essas entrevistas foram valiosas para entender como diferentes escritórios e empresas se organizam e executam o processo de compatibilização, dessa forma, permitindo informações complementares às adquiridas na

literatura. Com isso, foi possível obter uma visão mais completa sobre o tema e aprofundar a compreensão da relação entre BIM e compatibilização de projetos. O processo de como foram realizadas as entrevistas e caracterização das empresas são apresentadas no item 3.4.

A coleta de dados foi baseada na triangulação das informações adquiridas. A utilização de diversas fontes de evidências foi essencial para a obtenção de um panorama mais abrangente e focado sobre a interação entre BIM e compatibilização de projetos, além de permitir uma avaliação da coerência e complementaridade das informações coletadas. Vale ressaltar que a triangulação dos dados é uma técnica fundamental para garantir a validade e a confiabilidade dos resultados de uma pesquisa, já que permite verificar a consistência dos dados a partir de diferentes perspectivas e fontes de informação. Isso é importante porque, ao utilizar apenas uma fonte de dados, pode haver vieses ou limitações que podem comprometer a análise e conclusões da pesquisa. Com a triangulação, é possível obter uma maior certeza sobre os resultados obtidos, contribuindo para a qualidade da pesquisa (DENZIN, 2005).

A análise dos resultados da pesquisa foi realizada em etapas e de forma sistemática. Inicialmente, foi feita uma análise descritiva dos dados coletados, que consistiu em identificar e descrever as principais informações obtidas com a revisão sistemática e com as entrevistas. Essa etapa permitiu a identificação das técnicas e ferramentas mais utilizadas para a compatibilização de projetos em BIM, bem como as suas vantagens e desvantagens.

Em seguida, foram realizadas análises de conteúdo, que consistiram na identificação e categorização dos dados coletados. As entrevistas foram transcritas e analisadas de forma a entender como os escritórios e empresas compatibilizam seus projetos. A partir da análise de conteúdo, foi possível obter uma visão mais aprofundada sobre a utilização e aplicabilidade de métodos e boas práticas, além da comunicação entre a equipe durante o processo de compatibilização de projetos.

Para complementar a análise, foi realizada uma análise cruzada, que consistiu em comparar as informações obtidas na revisão sistemática com aquelas obtidas nas entrevistas. Essa etapa permitiu a identificação de pontos de convergência e divergência entre a literatura com os resultados da entrevista.

Por fim, as considerações finais foram apresentadas, as quais consistiram em concluir os resultados obtidos nas análises anteriores, visando responder à questão de pesquisa e validar as hipóteses formuladas. Essa etapa permitiu chegar a conclusões relevantes sobre boas práticas, desafios, vantagens, sequência executiva da compatibilização de projetos em BIM, bem como a identificação de futuras pesquisas que possam agregar ao tema.

3.3. REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

A pesquisa em questão tem como uma das fontes de evidência a revisão sistemática, que é uma síntese rigorosa da literatura existente sobre um tema específico, utilizando métodos sistemáticos e transparentes. De acordo com Kitchenham (2007), a revisão sistemática é um método de pesquisa que permite identificar, avaliar e sintetizar todas as evidências disponíveis sobre uma questão de pesquisa, com o objetivo de responder a uma pergunta bem formulada. Segundo Donato et al. (2019), a revisão sistemática envolve várias etapas, como a formulação da pergunta de pesquisa, a busca sistemática e criteriosa da literatura, a seleção dos estudos relevantes, a avaliação da qualidade dos estudos incluídos e a síntese dos resultados. Além disso, Gonzaga (2011) destaca que a revisão sistemática pode ser utilizada em diversas áreas do conhecimento, como na saúde, na educação, na psicologia, entre outras. Em resumo, a revisão sistemática é uma abordagem rigorosa e transparente para sintetizar as evidências disponíveis sobre um tema de pesquisa específico, permitindo uma tomada de decisão mais informada e fundamentada.

Inicialmente, foi formulada a pergunta que norteou todo o estudo: "Como o BIM é utilizado para a compatibilização de projetos?". Essa pergunta foi escolhida com o objetivo de entender, com base na literatura, as contribuições do BIM na compatibilização de projetos que é uma fase crucial da construção civil, ou seja, como o BIM auxilia no processo.

Para esta pesquisa, optou-se pela utilização de bases de dados eletrônicas relevantes na área de construção civil e tecnologia da informação, como Scopus, Capes e Google Acadêmico devido à sua ampla cobertura de periódicos e conferências científicas em diversas áreas do conhecimento. Além disso, foram realizadas buscas em outras fontes relevantes, como teses e dissertações. A escolha das palavras-chave utilizadas na busca também foi criteriosa, levando em consideração os termos mais relevantes para a pergunta de pesquisa, como "compatibilização de projetos", "BIM", "coordenação de projetos", "clash avoidance", "clash detection", "gestão de projetos", "project management", "Barreiras" e "Incompatibilidades". Essas palavras-chave foram combinadas de diferentes formas, utilizando operadores booleanos como o "AND", para aumentar a sensibilidade da busca e garantir que todos os estudos relevantes fossem identificados. Dessa forma, as combinações de palavras utilizadas foram: "Clash Detection AND BIM"; "Clash Avoidance AND BIM"; "BIM AND Compatibility"; "Compatibilização de projetos AND BIM"; "Coordenação de projetos AND BIM"; "Gestão de projetos AND BIM"; "Project Management AND BIM AND Clash Detection"; "Barreiras AND

BIM”; “Incompatibilidades AND BIM”. Além da utilização de filtros como a data de publicação, trabalhos mais citados, e o acesso aberto para que as pesquisas pudessem ser lidas.

A seleção dos estudos foi feita em duas etapas: triagem inicial e triagem parcial. Na triagem inicial, foram realizadas leituras dos títulos e resumos dos estudos identificados na estratégia de busca, a fim de identificar aqueles que não atendiam aos critérios de inclusão e exclusão estabelecidos. Os critérios de inclusão para esta pesquisa são: (i) estudos que abordem o uso do BIM na compatibilização de projetos na construção civil; (ii) estudos que tenham acesso aberto; (iii) estudos publicados a partir de 2012; (iv) estudos mais citados. Os critérios de exclusão são: (i) estudos que não abordem o tema proposto; (ii) estudos de acesso fechado; (iii) estudos duplicados. Abaixo o quadro 1 mostra um resumo da documentação total encontrada para cada combinação de palavra-chave e base de dados e a quantidade geral de documentos escolhidos para cada base de dados após a triagem inicial.

Quadro 1 – Quadro Geral de Documentos Encontrados

Base de Dados	Combinação Palavras-chave	Quantidade de documentos encontrados	Total Docs
CAPEL	1-Clash Detection AND BIM; 2- Clash Avoidance AND BIM; 3-BIM AND compability;	"Clash Detection AND BIM"- 95 doc. "Clash Avoidance AND BIM" - 5 doc. "BIM AND compability" - 93 doc. "Compatibilização de projetos AND BIM" - 8 doc. "Coordenação de projetos AND BIM" - 5 doc "Gestão de projetos AND BIM" - 64 doc "Project Management AND BIM AND Clash Detection"- 31 doc. "Barreiras AND BIM" - 5 doc. "Incompatibilidades AND BIM"- 5 doc	19
SCOPUS	4- Compatibilização de projetos AND BIM; 5-Coordenação de projetos AND BIM; 6-Gestão de projetos AND BIM; 7- Project Management AND BIM AND Clash Detection; 8- Barreiras AND BIM;	"Clash Detection AND"- 59 doc. "Clash Avoidance AND BIM" - 2 doc. "BIM AND compability" - 41 doc. "Compatibilização de projetos AND BIM" - 0 doc. "Coordenação de projetos AND BIM" - 0 doc "Gestão de projetos AND BIM" -0 doc "Project Management AND BIM AND Clash Detection"- 60 doc. "Barreiras AND BIM" - 0 doc. "Incompatibilidades AND BIM"- 1 doc	6
GOOGLE ACADÊMICO	9- Incompatibilidades AND BIM;	"Clash Detection AND BIM"- 460 doc "Clash Avoidance AND BIM" - 405 doc. "BIM AND compability AND Interferences" - 554 doc. "Compatibilização de projetos AND BIM" -22 doc. "Coordenação de projetos AND BIM" - 67 doc. "Gestão de projetos AND BIM"- 147 "Project Management AND BIM AND Clash Detection"- 480 doc. "Barreiras AND BIM" - 89 doc. "Incompatibilidades AND BIM"- 18 doc	46

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

O quadro 1 permite visualizar rapidamente o número total de documentos encontrados para cada combinação de palavras-chave e base de dados, bem como a quantidade de

documentos escolhidos após a triagem inicial em cada uma das bases de dados pesquisadas. Essa organização facilita a análise dos resultados e permite identificar as bases de dados que mais contribuíram para a documentação escolhida.

Já na triagem parcial, foram feitas leituras parciais dos estudos selecionados na triagem inicial, revisando os resultados e considerações finais de cada pesquisa selecionada a fim de confirmar a aderência aos critérios de inclusão e exclusão. O quadro 2 abaixo apresenta os doze estudos escolhidos após a triagem parcial.

Quadro 2 – Estudos escolhidos para análise dos resultados

Títulos escolhidos	Autores	Ano de publicação
A aplicação da metodologia BIM para a compatibilização de projetos	Thiago Silva de Sena	2012
Uso do BIM para compatibilização de projetos: Barreiras e oportunidades em uma empresa construtora.	Daniel Capistrano Sarinho Paiva	2016
Aplicação de metodologia BIM na compatibilização de projetos e na documentação de obra: Estudo de caso sobre Obra em águas Claras/DF.	Mário Augusto Soares de Souza	2017
Diretrizes para a prática do processo de projeto com ênfase na compatibilização	Ramon de Souza Rosa	2018
Avaliação da compatibilização de projetos com a utilização do BIM: Estudo de caso do prédio de matemática e física da UEMA	Jorge Vital da Silva Matos Junior	2019
A plataforma BIM na compatibilização de projetos de arquitetura e estrutura: Estudos de caso.	Pedro Fiuza Dias Pinto	2019
Comparativo entre metodologia tradicional 2D e BIM na detecção de incompatibilidades de projetos	Pedro Henrique de Oliveira	2019
Estudo comparativo de compatibilização e verificação de inconformidades: em sistema de projeção bidimensional (2D) e na modelagem tridimensional (3D) utilizando a tecnologia BIM	Júlia Moreira Almeida	2020
Compatibilização de projetos em BIM	Lucena Danielly Gomes e Luciano M. Caixeta	2020
A transição do processo de projeto CAD para a implementação do BIM em uma incorporadora	Diego Willian de Witte e Bruno Gomes Neves	2021
Contribution of BIM in the projects compatibility of different specialties encompass by civil construction	Caroline Tedesco Jovanovichs e Elie Chahdan Mounzer	2022
Deteção de incompatibilidades de projetos entre metodologia convencional 2D e BIM: Um estudo comparativo	Ana Carolina Fernandes Maciel; Dogmar Antonio de Souza Junior; Pedro Henrique Oliveira	2022

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

O quadro 2 apresenta o título, autores e ano de publicação dos estudos selecionados, e está estruturado em ordem cronológica.

A análise dos resultados consistiu em extrair dados relevantes para a pergunta da pesquisa, bem como a identificação de padrões e tendências nos resultados. De forma a garantir

uma apresentação mais visual das informações foram criadas tabelas a fim de resumir o conteúdo principal. Os resultados foram interpretados, avaliando suas limitações e aplicações. Isso envolveu uma avaliação crítica da qualidade metodológica dos estudos, além da identificação de lacunas na literatura sobre o tema de compatibilização de projetos em BIM.

3.4 ENTREVISTAS

A realização das entrevistas buscou entender como o BIM é utilizado na compatibilização de projetos em alguns escritórios de Porto Alegre. Foi adotada uma abordagem qualitativa, que permitiu uma compreensão mais aprofundada das percepções e opiniões dos profissionais entrevistados. O objetivo das entrevistas foi identificar as principais vantagens, desafios, métodos e boas práticas, como foi o processo da implementação do BIM na empresa/escritório, bem como entender como a empresa lida com problemas durante o desenvolvimento da compatibilização.

Foram realizadas quatro entrevistas com engenheiros e arquitetos de quatro escritórios diferentes, selecionados com base na sua experiência profissional em projetos de edificação e a utilização de BIM na compatibilização de projetos. A escolha desses profissionais foi com base em sua expertise e relevância para o tema de pesquisa. Foram considerados profissionais que possuíam conhecimento ou experiência prática em questão, contribuindo com informações valiosas e relevantes para a pesquisa. A determinação de quatro entrevistados foi considerando o prazo de entrega e objetivos do estudo. O contato desses profissionais foi adquirido por meio de professores da área e indicações dos próprios entrevistados.

A primeira entrevistada foi a arquiteta Ana, que trabalha no escritório 1, e sua função é desenvolver projetos arquitetônicos. O escritório de pequeno porte com foco em projetos residenciais, projetos de interiores e corporativos e atua há cerca de cinco anos no mercado. O segundo entrevistado foi o arquiteto João, que trabalha no escritório 2 de grande porte com projetos em diversas áreas, como projetos de instalação elétrica e hidráulica, PPCI (Plano de Prevenção e Proteção Contra Incêndio), compatibilização de projetos, entre outros. Sua função na empresa é a de coordenar e desenvolver projetos arquitetônicos. Este escritório presta serviços de consultoria e desenvolvimento de projetos há mais de 40 anos de mercado. O terceiro entrevistado foi o arquiteto Rafael, que atua no escritório 3, um escritório especializado em projetos de manutenção e ampliações, presta serviço de gestão utilizando a plataforma BIM, além de incorporações. Seu escritório possui 15 anos de mercado. Rafael tem como função a gestão dos funcionários, coordenação e sequenciamento das atividades. Por fim, a quarta

entrevista foi realizada com o engenheiro civil Pedro, que trabalha no escritório 4, que atua há mais de 40 anos no mercado. Esse escritório basicamente realiza todas as etapas de uma obra civil. São empreendimentos de grande porte com foco em projetos para o mercado imobiliário, incluindo aprovação de projeto legal, projetos arquitetônicos, coordenação de projetistas complementares, participação do desenvolvimento e da execução da edificação. Pedro tem como função o gerenciamento das atividades em BIM dentro da empresa. O quadro 3 abaixo apresenta a identificação de cada escritório com o respectivo entrevistado.

Quadro 3 – Correlação dos escritórios com os entrevistados

Entrevistados	Identificação
Ana	Escritório 1
João	Escritório 2
Rafael	Escritório 3
Pedro	Escritório 4

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

As entrevistas foram realizadas por videochamada em um período de uma semana, entre os dias 07 e 14 de março de 2023. Cada entrevista teve uma duração média de 44 minutos, sendo gravadas com a permissão dos entrevistados e transcritas posteriormente para análise dos dados. Abaixo o quadro 4 mostra o tempo de duração de cada entrevista. Para garantir a privacidade e confidencialidade dos participantes, foram utilizadas ferramentas seguras de videochamada, além do uso de nomes fictícios para os entrevistados, assegurando o sigilo de suas identidades. A escolha da videochamada como forma de realizar as entrevistas permitiu a obtenção de informações sem que fosse necessário um deslocamento físico, facilitando a condução da pesquisa.

Quadro 4 – Tempo de duração de cada entrevista em minutos

Entrevista	Tempo de duração (min)
Ana	33
João	50
Rafael	53
Pedro	40

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Após a realização das entrevistas, os dados foram transcritos e analisados. A análise consistiu na identificação de temas e padrões nas respostas dos participantes, que foram agrupados em categorias e subcategorias. A análise permitiu uma compreensão mais aprofundada das percepções e opiniões dos participantes em relação à utilização de BIM na compatibilização de projetos na prática. O formulário da entrevista está anexado à pesquisa como apêndice.

4 RESULTADOS

4.1. RESULTADOS DA REVISÃO SISTEMÁTICA

A fim de organizar e analisar os resultados de forma mais eficiente, os documentos foram separados em diferentes categorias e temas. Foram analisadas quatro categorias: 1) metodologia empregada na compatibilização; 2) boas práticas para compatibilização de projetos; 3) barreiras para a implementação de BIM na compatibilização; 4) implementação da tecnologia BIM. Essa categorização permitiu identificar tendências e padrões comuns entre os estudos selecionados, além de permitir uma análise mais aprofundada dos resultados, conforme o quadro 5 abaixo.

Quadro 5 – Categorização em temas dos assuntos abordados na revisão sistemática.

Categoria	Temas
1	Metodologia empregada na compatibilização
2	Boas práticas para a compatibilização de projetos
3	Barreiras para a implementação BIM na compatibilização
4	Implementação da tecnologia BIM.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A primeira categoria, "Metodologia empregada", abrangeu os métodos de compatibilização e ferramentas de software utilizadas. A segunda categoria, "Boas práticas para compatibilização de projetos", incluiu temas como padronização de modelos BIM, qualidade da informação, comunicação e colaboração e gerenciamento de conflitos. A terceira categoria, "Barreiras para a implementação de BIM na compatibilização", tratou de temas como falta de capacitação técnica, falta de padronização de modelos BIM, resistência à mudança e custo da implementação do BIM. Por fim, a quarta categoria, "Implementação da tecnologia BIM", abrange tópicos como vantagens e desvantagens da tecnologia BIM e nível de maturidade da implementação BIM.

4.1.1 Categoria 1 – Metodologia empregada na compatibilização

Inicialmente a categoria que será apresentada fala sobre as diferentes metodologias empregadas para realizar a compatibilização entre os projetos. Nessa categoria, nove estudos foram analisados, nos quais foram descritas diferentes abordagens, sendo as mais destacadas a CAD, BIM e Híbrida.

Apenas para esta categoria foram criados critérios, para classificar a qualidade das metodologias de compatibilização em Alta, Média ou Baixa. Os critérios incluíram a eficiência na identificação de interferências e recorrência de retrabalhos em cada método de compatibilização de projetos. O quadro 6 abaixo mostra a classificação do nível da qualidade metodológica com os critérios mencionados anteriormente.

Quadro 6 - Identificação da qualidade metodológica

Nível de qualidade	Critérios
Alto	1 - Metodologia permitiu identificar mais de 90% das interferências 2 - Poucos retrabalhos
Médio	1 - Metodologia permitiu identificar entre 70% a 90% das interferências 2 - Eventuais retrabalhos
Baixo	1 - Metodologia permitiu identificar menos que 70% das interferências 2 - Muitos retrabalhos

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Cada artigo e pesquisa foi classificado em relação aos critérios Alto, Médio ou Baixo como descritos anteriormente. Dessa forma, foi possível identificar um padrão no tipo da metodologia utilizada com a qualidade alcançada no processo de compatibilização.

O quadro 7 sintetiza as informações sobre as metodologias adotadas nas pesquisas selecionadas considerando o nível de qualidade descrito anteriormente.

Quadro 7 – Resumo do nível de qualidade das metodologias utilizadas nas pesquisas

Título	Autor	Pesquisa	Metodologia	Software utilizado	Nível de qualidade
Aplicação da metodologia BIM na compatibilização de projetos e na documentação de obra: Estudo de caso sobre obra em Águas Claras/F	Mario Augusto Soares de Souza	Estudo de caso	CAD	AutoCAD	Baixo
Uso do BIM para compatibilização de projetos: Barreiras e oportunidades em uma empresa construtora	Daniel Capistrano Sarinho Paiva	Estudo de caso	CAD	AutoCAD	Baixo
Comparativo entre metodologia tradicional 2D e BIM na detecção de incompatibilidades de projetos	Pedro Henrique de Oliveira	Estudo de caso	CAD	REVIT, Naviswork, AutoCAD	Baixo
			BIM		Médio
Compatibilização de Projetos em BIM	Lucena Danielly Gomes	Estudo de caso	BIM	REVIT, Naviswork	Médio
A transição do processo de projeto CAD para a implementação do BIM em uma incorporadora	Diego Willian de Witte ; Bruno Gomes Neves	Estudo de caso	BIM	AutoCad e ArquiCAD	Médio
Avaliação da compatibilização de projetos com a utilização do BIM: Estudo de caso do prédio de matemática e física da UEMA	Jorge Vital da Silva Matoss Junior	Estudo de caso	Híbrida	AutoCAD e REVIT	Alto
A plataforma BIM na compatibilização de projetos de arquitetura e estrutura: Estudo de caso.	Pedro Praia Fiuza Dias Pinto	Estudo de caso	Híbrida	REVIT, Naviswork, AutoCAD	Alto
A aplicação da metodologia BIM para a compatibilização de projetos	Thiago Silva Sena	Estudo de caso	Híbrida	REVIT, Naviswork	Alto
Contribution of BIM in the projects compatibility of different specialities encompass by civil construction	Carolina Tedesco Jovanovichs ; Elie Chahdan Mounzer	Estudo de caso	Híbrida	REVIT e AutoCAD	Alto

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Durante a revisão sistemática realizada, foram identificados nove estudos que atenderam aos critérios de inclusão. Dentre estes, quatro estudos foram classificados como de alta qualidade, três como de média qualidade e três como de baixa qualidade. Dos estudos classificados com o nível de qualidade Alto, todos adotaram metodologia híbrida, envolvendo o uso de diferentes plataformas de modelagem e simulação. Já os estudos classificados com o nível de qualidade Médio, geralmente utilizam o BIM como principal tecnologia. Por outro lado, dois dos estudos classificados como de baixa qualidade utilizaram somente AutoCAD como ferramenta de modelagem, tendo muitos retrabalhos no processo.

A metodologia CAD utilizada em três dos estudos, é apresentada nas pesquisas através de um estudo de caso e entrevistas, essa metodologia consiste em realizar a compatibilização entre projetos a partir da sobreposição de desenhos em 2D, sem a utilização de modelos tridimensionais.

Souza (2017) e Paiva (2016) focam em problemas identificados na compatibilização de projetos através de metodologias CAD e práticas adotadas por empresas construtoras, respectivamente. Já Oliveira (2019) apresenta um estudo de caso comparando a metodologia CAD 2D com a metodologia BIM para compatibilização de projetos.

Os resultados apresentados pelos três autores indicam que a compatibilização de projetos ainda é um desafio na indústria da construção civil. A falta de comunicação entre projetistas, a documentação confusa e a não consideração das medidas corretas são problemas

que afetam a compatibilização de projetos através da metodologia CAD, conforme identificado por Souza (2017). Além disso, a falta de um procedimento padrão documentado para a compatibilização de projetos, bem como a sua realização tardia na fase de construção, também são apontados como problemas por Paiva (2016).

O estudo de caso de Oliveira (2019) aponta para a eficiência da metodologia BIM na detecção de interferências em projetos, em comparação com a metodologia CAD 2D. Entretanto, Oliveira também destaca que o tempo gasto para o aprendizado dos softwares e a modelagem dos projetos pode ser um fator dificultador para a adesão da metodologia por parte do mercado de AEC.

Portanto, uma análise mais integrada dos resultados apresentados pelos autores sugere que é necessário haver uma mudança de mentalidade em relação à compatibilização de projetos, com a adoção de metodologias mais eficientes e aprimoramento da comunicação entre os projetistas. A falta de um procedimento padrão documentado para a compatibilização de projetos (PAIVA, 2016) é um problema que deve ser enfrentado e solucionado para garantir a eficiência do processo. Ainda, é importante destacar que a compatibilização deve ser realizada desde a fase de projeto, e não apenas na fase de construção, como apontado pelos entrevistados (PAIVA, 2016).

Já a metodologia BIM, a qual foi utilizada em três das pesquisas selecionadas, consiste na utilização de modelos tridimensionais para a identificação de interferências entre diferentes disciplinas, além da identificação de interferências através do *clash detection* de forma automática.

Os três estudos analisados apresentam como objetivo principal a compatibilização de projetos em BIM. Todos utilizaram softwares específicos para cada disciplina, como ArchiCAD, QiBuilder, Revit, Navisworks, entre outros, e destacaram a importância da utilização de um modelo federado para a integração dos projetos.

Os estudos apresentam um foco comum na compatibilização de projetos em BIM e destacam a importância da utilização de modelos federados para essa finalidade. Witte et al. (2021) e Oliveira (2019) descrevem a utilização de softwares específicos para cada disciplina, enquanto Gomes (2020) apresenta um processo mais padronizado, com a troca de arquivos entre softwares e a utilização da ferramenta *Clash Detective* para a detecção de interferências.

Witte et al. (2021) destacam as inconsistências encontradas durante o processo de compatibilização, especialmente em relação às interferências geométricas e às definições que não seguiam parâmetros normativos. Oliveira (2019) e Gomes (2020) não mencionam problemas específicos encontrados durante a compatibilização, mas recomendam que sejam

realizadas análises de compatibilidade durante o processo de desenvolvimento dos modelos para evitar erros e retrabalho.

Enquanto Oliveira (2019) utiliza arquivos distintos para cada disciplina, a revisão bibliográfica tradicional recomenda o uso de um único arquivo integrado para facilitar a compatibilização. Além disso, Witte et al. (2021) e Gomes (2020) destacam a importância de treinamento adequado para a execução eficiente da compatibilização.

Em geral, os três estudos convergem na importância da utilização de modelos federados para a verificação de colisões entre os sistemas construtivos e na necessidade de se seguir procedimentos adequados para garantir a precisão e evitar erros e retrabalhos. A utilização da ferramenta *Clash Detective* é apontada como uma ferramenta eficaz, porém necessita cuidados na verificação das interferências geradas pelo relatório, o qual pode entregar resultados não condizentes com a realidade.

Por fim, a metodologia Híbrida, utilizada em quatro dos estudos, consiste na junção da técnica de compatibilização 2D para modelos tridimensionais com a análise automática das interferências, utilizando a tecnologia BIM.

Todas as pesquisas analisadas apontam que a metodologia híbrida pode reduzir os custos e prazos de execução da obra, minimizando retrabalhos e evitando problemas que possam comprometer a qualidade final da edificação. Além disso, a metodologia pode aumentar a precisão e a qualidade dos projetos, facilitando a comunicação entre os diversos profissionais envolvidos no processo de construção.

Junior (2019) enfatiza que é fundamental que os profissionais envolvidos conheçam a tecnologia BIM e saibam utilizá-la adequadamente para obter os melhores resultados. Pinto (2019) ressalta a importância da conferência visual e do conhecimento das normas e legislações aplicáveis, uma vez que nem todas as incompatibilidades podem ser detectadas automaticamente.

Sena (2012) enfatiza a importância da técnica 2D de checagem das interferência pela visualização de modelos tridimensionais, enquanto que Mounzer et al. (2022) destacam a importância de definir parâmetros específicos antes de realizar a compatibilização para obter um relatório mais compacto e facilmente analisável.

4.1.2 Categoria 2 – Boas práticas para compatibilização de projetos.

A segunda categoria aborda as melhores práticas a serem adotadas para se obter resultados mais eficientes na compatibilização de projetos em BIM. Foram identificadas cinco

pesquisas que tratam desse tema. O quadro 8 apresenta uma compilação dos estudos selecionados e um resumo das boas práticas sugeridas em cada um deles.

Quadro 8 – Resumo de boas práticas para uma compatibilização de projetos eficiente

Título	Autor	Boas práticas
Diretrizes para a prática do processo de projeto com ênfase na compatibilização	Ramon de Souza Rosa	1-Constante comunicação entre os projetistas e clientes 2-Padronização dos documentos e de sua organização 3- Compatibilização em tempo real a partir de um modelo federado 4- Solução das interferências graves por meio de reuniões. 5- Acompanhamento constante da execução e formalização dos dados.
A plataforma BIM na compatibilização de projetos de arquitetura e estrutura: Estudos de caso.	Pedro Praia Fiuza Dias Pinto	1- Utilização de um modelo federado 2-Categorizar o nível de importância de cada interferência detectada pelo Clash Detective
Uso do Bim para compatibilização de projetos: Barreiras e oportunidades em uma empresa construtora	Daniel Capistrano Sarinho Paiva	1- Manter uma comunicação ativa entre os envolvidos o projeto 2- Padronizar documentos para compatibilização 3- Plano de treinamento da equipe para o uso do BIM
A transição do processo de projeto CAD para a implementação do BIM em uma incorporadora	Diego William de Witte e Bruno gomes Neves	1- Utilização de um modelo federado 2- Definição de um protocolo de envio de arquivos somente pela nuvem 3- Boa comunicação entre todos os envolvidos no projeto 4- Adoção de uma plataforma de gestão de controle de dados (Common Data Environment)
Comparativo entre metodologia tradicional 2D e BIM na detecção de incompatibilidades de projetos	Pedro Henrique de Oliveira	1- Utilização de um modelo federado 2- Padronizar documentos para compatibilização

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

As pesquisas selecionadas apresentam algumas boas práticas similares no que se refere à compatibilização de projetos em BIM. A maioria das pesquisas destacou a importância da utilização de um modelo federado para realizar a compatibilização dos projetos, permitindo que todos os projetistas tenham acesso a uma única fonte de informação, o que facilita a detecção de interferências e a realização de alterações no projeto. Além disso, todas as pesquisas destacam a importância da comunicação constante entre os envolvidos no projeto, seja entre os projetistas e o cliente, seja entre a equipe envolvida no projeto.

Outra boa prática identificada é a padronização dos documentos para a compatibilização dos projetos, que é destacada em três das cinco pesquisas selecionadas. Essa prática é essencial para garantir que todos os envolvidos estejam trabalhando com as mesmas informações e que os documentos estejam organizados de forma adequada para a realização da compatibilização.

A adoção de uma plataforma de gestão de controle de dados, como é sugerido pela pesquisa de Witte et al. (2021), também é uma boa prática importante. Essa plataforma permite que os dados sejam organizados e gerenciados de forma mais eficiente, facilitando a tomada de decisões e a solução de problemas.

A pesquisa de Pinto (2019) destaca a importância de categorizar o nível de importância de cada interferência detectada pelo Clash Detective. Essa prática pode ajudar a priorizar a resolução das interferências mais críticas, o que pode economizar tempo e recursos.

Finalmente, a pesquisa de Paiva (2016) destaca a importância do treinamento da equipe para o uso do BIM. Essa prática pode garantir que todos os envolvidos no projeto estejam familiarizados com as ferramentas e técnicas de BIM, o que pode aumentar a eficiência do processo de compatibilização.

Em geral, as boas práticas identificadas nas pesquisas selecionadas estão alinhadas com a literatura existente sobre o tema. A comunicação constante, a utilização de um modelo federado, a padronização dos documentos, a adoção de uma plataforma de gestão de controle de dados e o treinamento da equipe são boas práticas comuns que são recomendadas em diversos estudos sobre a compatibilização de projetos.

4.1.3 Categoria 3 – Barreiras para implementação de BIM na compatibilização.

A terceira categoria aborda sobre as barreiras e dificuldades no processo de compatibilização em BIM, os motivos pelos quais a implementação do BIM ainda não está totalmente difundida nos escritórios de arquitetura e engenharia. Nesta categoria foram identificados três estudos que contribuem para o tema. O quadro 9 mostra um resumo das principais dificuldades.

Quadro 9 – Resumo das barreiras da implementação BIM

Título	Autor	Barreiras
Avaliação da compatibilização de projetos com a utilização do BIM: Estudo de caso do prédio de matemática e física da UEMA	Jorge Vital da Silva Matos Junior	1- Não há um número de profissionais suficientemente capacitados em BIM 2- Preferências do mercado por soluções rápidas e baratas 3- Alto custo no investimento do software BIM 4- A não compreensão e valorização da tecnologia BIM
A plataforma BIM na compatibilização de projetos de arquitetura e estrutura: Estudos de caso.	Pedro Fiuza Dias Pinto	1- Investir tempo de treinamento e investimento financeiro 2- Relutância de alguns colaboradores de se adaptarem a nova tecnologia 3- Dificuldade na substituição da tecnologia tradicional para a BIM
Uso do Bim para compatibilização de projetos: Barreiras e oportunidades em uma empresa construtora	Daniel Capistrano Sarinho Paiva	1- Alto custo inicial do software e do processo de implementação 2- Falta de profissionais capacitados 3- Falta de interesse por funcionários mais antigos 4- Não valorização do processo de compatibilização em BIM

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

As três pesquisas abordam as barreiras enfrentadas para a implementação do BIM no mercado de arquitetura e engenharia, e apresentam semelhanças e diferenças em relação aos obstáculos encontrados.

A pesquisa de Junior (2019) destaca a falta de profissionais capacitados em BIM como uma das principais barreiras. Esse resultado é semelhante ao encontrado na pesquisa de Paiva

(2016), que aponta a falta de profissionais capacitados como um dos principais obstáculos. Além disso, ambas as pesquisas destacam o alto custo no investimento do software BIM como um fator limitante.

Já a pesquisa de Pinto (2019) destaca a relutância de alguns colaboradores em se adaptarem à nova tecnologia e a dificuldade na substituição da tecnologia tradicional para a BIM como as principais barreiras. Isso se deve tanto à falta de conhecimento na tecnologia como ao medo de mudanças em suas rotinas de trabalho.

Os documentos analisados na revisão tradicional de literatura corroboram com os resultados encontrados nas pesquisas, evidenciando a falta de profissionais capacitados como uma das principais barreiras para a implementação do BIM, assim como o alto custo envolvido no processo.

4.1.4 Categoria 4 – Implementação da tecnologia BIM

A quarta categoria trata sobre a implementação da tecnologia BIM, medidas para que o conhecimento e uso da mesma seja ampliado. Dessa forma, trazendo cada vez mais adesão nas empresas que trabalham com o desenvolvimento de projetos. Nessa categoria foram identificadas três pesquisas. O quadro 10 mostra uma síntese das ações que podem ser aplicadas para implementação do uso do BIM.

Quadro 10 – Resumo das diferentes abordagens na implementação BIM.

Título	Autor	Implementação BIM
A plataforma BIM na compatibilização de projetos de arquitetura e estrutura: Estudos de caso	Pedro Fiuza Dias Pinto	<ol style="list-style-type: none"> 1- Elaboração do Termo de referência para Desenvolvimento de Projetos com o uso da Modelagem de Informação da Construção (BIM) 2- Ampliar o processo de normatização e regulamentação do uso da plataforma BIM 3- Esforços governamentais para capacitação e estruturação do setor público na utilização do BIM 4- Estimular o desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias relacionadas ao BIM
Uso do BIM para compatibilização de projetos: Barreiras e Oportunidades em uma empresa construtora.	Daniel Capistrano Sarinho Paiva	<ol style="list-style-type: none"> 1- Primeiro nível da implementação BIM: Aplicar a modelagem baseada em objetos 2- Segundo nível: Aplicar modelo baseado em colaboração 3- Terceiro Nível: Integração baseada em rede 4- Quarto nível: Desenvolvimento integrado de projetos
A transição do processo de projeto CAD para a implementação do BIM em uma incorporadora	Diego William de Witte e Bruno Gomes Neves	<ol style="list-style-type: none"> 1- Utilização de um projeto piloto para servir de referência 2- Criação de um Plano de Execução BIM (PEB) 3- Criação de um Plano de implantação BIM (PIB)

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

As três pesquisas mencionam a implementação do BIM em empresas de engenharia e arquitetura, mas cada uma enfoca diferentes aspectos desse processo. A pesquisa de Pinto (2019) destaca a importância da normatização e regulamentação do uso da plataforma BIM, a capacitação do setor público e a aplicação de novas tecnologias. Já a pesquisa de Paiva (2016) apresenta quatro estágios de implementação BIM: modelagem baseada em objetos, modelo baseado em colaboração, integração baseada em rede e desenvolvimento integrado de projetos. Por fim, a pesquisa de Witte et al. (2021) aborda a utilização de um projeto piloto como referência, a criação de um Plano de Execução BIM e um Plano de Implantação BIM.

A pesquisa de Pinto (2019) aborda aspectos importantes relacionados à regulação e normatização do uso do BIM, que podem ser úteis para orientar as empresas quanto às boas práticas e procedimentos a serem seguidos na implementação do BIM. O autor destaca também que a implementação do BIM pode trazer benefícios para o setor público, como a redução de prazos e custos em licitações e contratações públicas.

Já a pesquisa de Paiva (2016) apresenta quatro estágios de implementação do BIM que podem ser utilizados como uma espécie de roteiro para a adoção da metodologia em empresas de engenharia e arquitetura. O primeiro estágio, modelagem baseada em objetos, pode ser um ponto de partida para que as empresas comecem a se familiarizar com a plataforma BIM e as suas possibilidades. Os estágios seguintes, modelo baseado em colaboração, integração baseada em rede e desenvolvimento integrado de projetos, permitem um maior nível de integração entre as equipes envolvidas e a possibilidade de se obter benefícios como a simulação 4D e 5D, o que pode levar a reduções significativas de custos e a melhoria da qualidade do projeto.

As medidas propostas na pesquisa de Witte et al. (2021) podem ser úteis para empresas que estão começando a implementar o BIM. A utilização de um projeto piloto como referência pode ajudar a empresa a entender melhor os benefícios do BIM e como essa metodologia pode ser aplicada em seus projetos. Já a criação de um Plano de Execução BIM (PEB) e um Plano de Implantação BIM (PIB) fornecem orientações claras sobre como a metodologia deve ser implementada e como as equipes envolvidas no projeto devem trabalhar juntas para obter os melhores resultados e com isso poder avaliar o processo da implementação.

As pesquisas mencionadas neste texto fornecem orientações valiosas para empresas que desejam implementar o BIM em seus projetos. Cada uma aborda aspectos diferentes, desde a importância da regulação e normatização do uso da plataforma, passando pelos estágios de implementação, até as medidas específicas para a implantação do BIM. Adotar essas medidas pode trazer benefícios significativos, como a redução de custos e prazos, além da melhoria da

qualidade do projeto. É importante que as empresas avaliem cuidadosamente essas orientações e adaptem-nas à sua realidade, a fim de obter o máximo benefício da implementação do BIM.

4.2 RESULTADOS DAS ENTREVISTAS

As respostas fornecidas pelos participantes das entrevistas foram resumidas em ideias-chaves no quadro 11 abaixo, permitindo uma análise comparativa das opiniões dos entrevistados. Essas informações colaboraram para o avanço do conhecimento sobre o processo de compatibilização em BIM na indústria da construção civil.

Quadro 11 – Resumo das respostas da entrevista

Perguntas	Ana	João	Rafael	Pedro
Escritório ?	Escritório 1	Escritório 2	Escritório 3	Escritório 4
O que é a compatibilização de projetos para você?	Interferências geométricas e conflitos de acessibilidade e gestão	Incompatibilidades geométricas, de acessibilidades, gerenciamento e documentação	compatibilização funcional e a geométrica	Integração das necessidades do usuário com o produto
O quão importante você considera o processo de compatibilização?	Melhora do bom andamento do projeto	Evitar retrabalhos.	Garante padronização e qualidade no resultado final.	Redução de problemas que acontecem no canteiro de obras.
Descreva com suas palavras como a empresa realiza todo o processo de compatibilização?	Realiza após o anteprojeto estar aprovado. São conferidas as interferências de forma visual através dos modelos 3D. Além da identificação automática através do software Tekla	Se inicia no anteprojeto. A partir do PEB são dadas as diretrizes da execução do processo. a compatibilização é realizada de forma visual com o uso de um modelo federado. No projeto executivo é utilizada a ferramenta de clash detection do Naviswork.	Analisamos os documentos enviados pelo cliente, verificando a qualidade das informações e se estão de acordo com a realidade. Depois, importamos os documentos para o software e a partir daí começa o processo de compatibilização.	Os projetistas das diferentes disciplinas enviam os projetos em BIM, possibilitando gerar um modelo federado e realizar a compatibilização, dessa forma, são criados relatórios.

Quantas pessoas trabalham no processo de compatibilização?	4 pessoas	Em média 5 pessoas	Em média 5 a 6 pessoas	Entre 4 a 5 pessoas.
Como é a comunicação entre a equipe para realizar a compatibilização?	Por uma planilha no Excel.	Através de reuniões semanais e também pelo uso de plataformas como o BIMcollab	Pelo software Tekla.	Através do ConstrufLOW.
Quais são os principais desafios enfrentados pela sua empresa no processo de compatibilização?	A falta de conhecimento em BIM. Não ter um método definido, uma sequência de processos efetiva e padronizada.	A falta de capacitação dos envolvidos no processo de compatibilização	As falhas na coordenação do projeto. Não entender o escopo da coordenação e compatibilização.	Pouca clareza e definição do produto final e mudanças no cronograma.
Acontecem muitos retrabalhos no processo?	Informações não previstas nos projetos, aditivos e mudanças de layout no projeto executivo.	Mudanças de layout durante o projeto executivo e por falta de comunicação	Podem acontecer por falta de coordenação, mas isso varia muito de projeto para projeto	Acontecem principalmente por mudanças de projetos que alteram o layout
Vocês utilizam alguma plataforma BIM?	Sim	Sim	Sim, desde 2011	Sim
Com quais softwares vocês trabalham?	ArchiCAD	Revit	ArchiCAD e Tekla	Revit, Naviswork, Bimcollab e o ConstrufLOW
Explique como foi o processo de implementação da tecnologia BIM na empresa?	Não houve um processo de implementação. O escritório atua com BIM desde o início.	Primeira etapa: Convencer a diretoria Segunda etapa: Contratação de uma consultoria especializada em BIM. Terceira etapa: Contratação do BIM manager	Comecei a estudar o ArchiCAD no ano de 2011. Mostrei o software para os meus sócios e aderimos a ideia de só fazermos projetos em BIM	Contratamos empresa que trabalhava com o BIM. Depois, houve uma mudança na equipe para profissionais que já sabiam trabalhar com BIM
Quais foram as principais mudanças de cultura organizacional para a implementação do BIM?	X	Respeito dos processos pelos colaboradores, a hierarquia e as mudanças na organização da empresa.	A decisão de mudar de ferramentas de trabalho e aprender um novo software, começando por projetos pequenos e evoluindo	Muita comunicação e troca de informações entre a equipe

<p>Vocês adotam boas práticas no uso do BIM que agreguem no resultado final da compatibilização?</p>	<p>Comunicação ativa e constante entre a equipe. Fazer uma boa coordenação do processo de compatibilização</p>	<p>Padronização do projeto, desenvolvimento de um PEB, manter uma comunicação em tempo real com todos os envolvidos no projeto através de softwares BIM.</p>	<p>Padronização da documentação e objetos do projeto, centralização das informações dos projetos e uma comunicação ativa entre a equipe</p>	<p>Cronograma de projeto, sequenciamento das atividades, além de uma boa padronização das nomenclaturas e arquivo.</p>
<p>Quais são as principais vantagens que a sua empresa identifica no uso do BIM para o processo de compatibilização?</p>	<p>A visualização 3D, estruturação e centralização das informações do projeto</p>	<p>Visualização 3D, checagem de interferências automáticas, interoperabilidade e parametrização dos objetos</p>	<p>A visualização, vendo o modelo tridimensional, além da identificação automática das interferências</p>	<p>A transparência, visualização 3D das interferências, unificação de todos os projetos em um modelo único com agilidade e rapidez.</p>

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A análise das respostas das entrevistas revela que todos os entrevistados consideram o processo de compatibilização importante, cada um com sua perspectiva. A maioria dos entrevistados trabalha em empresas que possuem mais de 15 anos de experiência no mercado, o que pode indicar uma maior maturidade em relação à utilização da tecnologia BIM.

Em relação à compreensão do que é a compatibilização de projetos, há diferenças significativas entre as respostas dos entrevistados. Ana acredita que a compatibilização deve considerar problemas de acessibilidade, como a posição de dutos de gases medicinais. Já João entende a compatibilização como um processo de verificação de incompatibilidades geométricas, de acessibilidade, de gerenciamento e da documentação do projeto. Rafael define o termo entre compatibilização funcional e geométrica, e acredita que a compatibilização não é apenas uma questão de ferramentas de detecção de conflitos automáticas, mas também de coordenação e padronização das informações. Pedro entende a compatibilização como uma integração de necessidades e atributos do usuário com a avaliação da construtora em relação à custo-benefício, qualidade e planejamento. Enquanto Ana e João se concentram em questões de verificação de erros e incompatibilidades, Rafael e Pedro destacam a importância da coordenação dos projetos e da padronização e direcionamento da equipe.

Sobre o processo de compatibilização, Ana e Rafael relatam que a compatibilização é realizada após a aprovação do anteprojeto, e também, em conjunto com o projeto executivo. Ana realiza a compatibilização de forma empírica e visual para projetos de interiores e utiliza o Archicad para interferências em edificações multifamiliares. Rafael considera que a compatibilização não é apenas uma questão de ferramentas de detecção de conflitos automáticas, mas também de coordenação e padronização de informações. João e Pedro relatam que o uso da tecnologia BIM e a compatibilização de projetos melhoram o fluxo de trabalho e o cronograma, reduzindo problemas que seriam encontrados no canteiro de obra. No geral, os entrevistados apresentam diferentes pontos de vista sobre a importância da compatibilização para a execução de projetos de construção, destacando a relevância da tecnologia e do planejamento na melhora do processo construtivo.

Quando perguntados sobre a comunicação entre a equipe durante a o desenvolvimento do processo de compatibilização, Ana menciona o uso de uma planilha de Excel com funções macros, onde é possível inserir imagens das interferências de cada disciplina e categorizá-las. Além disso, é possível saber se os projetistas estão trabalhando em uma revisão atualizada e fazer o gerenciamento das atividades que devem ser executadas pelos responsáveis de cada disciplina. Depois de finalizadas as correções, os projetistas precisam preencher a planilha dando um retorno para a equipe. Já João afirma que a comunicação é realizada através de reuniões semanais junto de plataformas como o BimCollab para uma melhor integração da equipe. Rafael destacou que a comunicação é realizada através do Tekla, onde é centralizada a informação e troca de responsabilidades relacionadas com as soluções das interferências do projeto. Pedro afirma que a comunicação é realizada através do Construflow, onde são apontadas as interferências e revisões do projeto, além do e possibilitar o retorno das análises por cada projetista envolvido no processo.

Quanto aos principais desafios enfrentados pelas empresas no processo de compatibilização, Ana apontou a dificuldade de analisar projetos em 2D, além de não ter um método definido para o processo de compatibilização e falhas na comunicação e integração da equipe. João menciona a falta de capacitação dos envolvidos no processo de compatibilização. Já Rafael cita a falta de coordenação dos projetos, a falta de entendimento sobre o processo de compatibilização em BIM, além dos envolvidos não entenderem o escopo da coordenação de projetos. Por sua vez, Pedro destacou a pouca clareza e definição do produto final, as mudanças frequentes no cronograma do projeto, o pouco conhecimento dos profissionais com o BIM, além dos altos custos dos softwares BIM e a falta de padronização da documentação e dos elementos.

A partir das respostas dos entrevistados, pode-se perceber que todos utilizam o BIM para a execução da compatibilização de projetos e todos os entrevistados afirmaram que a implementação do BIM foi bem-sucedida, mesmo com algumas resistências iniciais. Ana, por exemplo, afirmou que o escritório sempre utilizou o BIM e Rafael destacou que, na época da implementação, o escritório não estava desenvolvendo grandes projetos, o que facilitou a mudança de processo de execução dos projetos.

Já João relatou que a implementação do BIM em sua empresa foi um processo dividido em três etapas: convencer a diretoria e projetistas sobre a importância e efetividade da tecnologia; a contratação de uma consultoria para a implementação e adaptação do BIM na arquitetura com o desenvolvimento de projetos pilotos; e a contratação de um BIM Manager, uma pessoa responsável pela gestão de processos para aplicar o BIM nas demais disciplinas do projeto.

Rafael mencionou que a implementação do BIM em seu escritório não foi um grande problema, pois não havia grandes projetos em andamento, facilitando, desta forma, a implementação. Pedro destacou a contratação de uma empresa que trabalhava apenas com projetos em BIM para que seu escritório pudesse ter contato com modelos tridimensionais e com a tecnologia, conforme foram chegando novos projetos, sua empresa optou por contratar a maioria dos projetistas que soubessem utilizar o BIM.

Quanto às mudanças de cultura organizacional, as respostas foram diferentes entre os entrevistados Ana afirmou que não houve mudanças, pois o escritório já iniciou as atividades utilizando o BIM. João destacou a importância de respeitar os processos e hierarquias, além de investir na capacitação técnica, sendo necessário revisar o PEB (Plano de Execução BIM) para manter o processo organizado. Rafael e Pedro destacaram a importância da comunicação ativa entre a equipe e a padronização de documentação e objetos do modelo. Pode-se concluir que a adoção do BIM para a compatibilização de projetos exige investimento financeiro e de tempo para que as empresas possam se adaptar às novas formas de projetar.

Sobre as boas práticas adotadas no uso do BIM que agregam ao resultado final da compatibilização, Ana destacou a comunicação ativa e constante entre a equipe e a coordenação do processo de compatibilização. João ressaltou a importância da padronização do início ao fim do projeto, do desenvolvimento de um PEB para evitar perda de informações e melhorar a comunicação entre a equipe, buscando preferencialmente uma comunicação em tempo real com todos os envolvidos no projeto. Rafael destacou a importância de uma boa coordenação, padronização de documentação e objetos do modelo e centralização das informações. Pedro destacou a necessidade de um bom cronograma de projeto e sequenciamento das atividades e

validação de modelos, além da padronização de nomenclaturas de arquivos em pastas para melhorar a gestão e organização dos projetos.

4.3. CRUZAMENTO DAS EVIDÊNCIAS

Através da revisão sistemática foi possível identificar três diferentes métodos de compatibilização de projetos: CAD, BIM e Híbrido. Atualmente, a metodologia CAD para a compatibilização é pouco utilizada e apresenta resultados ineficientes, além de gerar documentações confusas e retrabalhos. Com base nas entrevistas foi constatado que nenhum dos entrevistados utiliza essa metodologia para compatibilização de seus projetos, variando entre as metodologias BIM e Híbrida.

Ana, por exemplo, utiliza a metodologia BIM em seu escritório, que é realizada de forma visual, por meio de modelos tridimensionais criados no software Archicad. Vale destacar que a revisão sistemática de literatura aponta que a metodologia BIM é um processo de compatibilização de projetos que utiliza tanto a visualização tridimensional das interferências quanto a detecção automática, mas sem a preocupação de desenvolver as duas abordagens ao mesmo tempo (WITTE et al., 2021).

João, Rafael e Pedro utilizam a metodologia híbrida em seus escritórios, que permite obter resultados superiores no processo de compatibilização de projetos em comparação com outras metodologias. Isso ocorre porque a metodologia híbrida combina análise visual e automatizada das interferências, o que possibilita uma identificação mais precisa e eficiente da relevância dos conflitos encontrados.

Tanto a revisão sistemática quanto as respostas dos entrevistados apontam para algumas boas práticas similares no processo de compatibilização em BIM, tais como a padronização dos documentos, a comunicação constante, a centralização das informações e o treinamento da equipe.

Ambas as evidências destacam a importância de um modelo federado para a compatibilização de projetos, permitindo que todos os envolvidos tenham acesso a uma única fonte de informação, com isso, facilitando a detecção de interferências e a realização de alterações no projeto. A utilização de plataformas de gestão de controle de dados também é mencionada como uma boa prática, tanto na revisão sistemática quanto nas entrevistas.

Além disso, as respostas dos entrevistados destacam outras boas práticas, como a padronização do início ao fim do projeto, a definição de modelos em pastas, o desenvolvimento de um PEB, o uso de softwares específicos para a centralização de informações, a validação de

modelos e a padronização de nomenclaturas de arquivos, famílias e objetos dentro do modelo. Em geral, pode-se dizer que as boas práticas identificadas na revisão sistemática e nas respostas estão alinhadas.

A comparação das duas fontes de evidências mostram, também, algumas semelhanças e diferenças quanto aos desafios da compatibilização. Ambas destacam a falta de capacitação dos profissionais no processo de compatibilização de projetos em BIM como uma das principais barreiras. A falta de conhecimento na tecnologia é uma das principais razões pelas quais muitos profissionais ainda não estão usando o BIM. Além disso, as evidências comentam sobre o alto custo dos softwares BIM como um fator limitante.

Pinto (2019) e o entrevistado João destacam a relutância de alguns colaboradores em se adaptarem à nova tecnologia e a dificuldade na substituição da tecnologia tradicional para a BIM como uma das principais barreiras. Isso se deve muito pelo medo de mudanças em suas rotinas de trabalho.

As entrevistas apresentam outros desafios e obstáculos que não foram mencionados na revisão sistemática. A falta de um método definido do processo de compatibilização é uma das principais causas de retrabalhos. Além disso, a má comunicação e integração da equipe também foram citadas como grandes desafios.

Portanto, as entrevistas forneceram uma visão mais detalhada das barreiras e desafios específicos que os profissionais enfrentam no processo de compatibilização de projetos em BIM, enquanto a revisão sistemática apresenta uma visão mais ampla e geral sobre o tema. Talvez isso também ocorra porque os artigos analisados não tinham o foco específico em analisar a influência do BIM na compatibilização de projetos, o que foi totalmente direcionado nas entrevistas.

Quanto ao processo de implementação do BIM em empresas de engenharia e arquitetura, a revisão sistemática aborda desde a regulação e normatização do uso da plataforma BIM até as medidas específicas para a implantação do BIM, como a utilização de projetos pilotos e a criação de planos de execução. As pesquisas fornecem orientações valiosas para empresas que desejam implementar o BIM em seus projetos, destacando os benefícios da redução de custos e prazos, além da melhoria da qualidade do projeto. João e Rafael concordam com essa afirmação, visto que algumas aplicações de boas práticas e gestão de equipe vieram de estudos acadêmicos.

Por outro lado, as entrevistas com João, Ana e Rafael apresentam uma perspectiva mais específica, mostrando como a implementação do BIM ocorreu em suas empresas e quais foram as etapas do processo. Em comum, é possível notar que houve a necessidade de convencer a

diretoria e projetistas sobre a importância e efetividade dessa prática, bem como a realização de projetos pilotos para adaptação à nova metodologia.

Enquanto João destaca a contratação de consultoria e de um BIM manager para a implementação do BIM em diferentes disciplinas do projeto, Ana e Rafael incluem projetos em BIM no escopo dos seus serviços a fim de incentivar a implementação de forma mais acelerada, introduzindo a tecnologia de forma gradual no seu ambiente de trabalho. As entrevistas mostram a importância da gestão de processos para a implementação bem-sucedida do BIM em empresas de engenharia e arquitetura.

5 CONCLUSÃO

A compatibilização de projetos em BIM é um tema de grande relevância para a indústria da construção civil, visto que permite uma coordenação mais eficiente e colaborativa entre os profissionais envolvidos no processo construtivo. Neste estudo, foi realizada uma revisão sistemática de literatura e entrevistas com profissionais da área para analisar como o BIM foi e está sendo utilizado na compatibilização de projetos.

A pesquisa foi satisfatória ao proporcionar uma compreensão aprofundada de como o BIM pode contribuir para melhorar a compatibilização de projetos. Através da revisão sistemática de literatura e análise de diversos estudos e trabalhos relacionados ao tema, foi possível identificar as boas práticas e dificuldades na implementação do BIM para a compatibilização de projetos. Essa análise permitiu obter uma visão clara das possibilidades e limitações dessa tecnologia, contribuindo para o desenvolvimento de práticas mais efetivas no uso do BIM para a compatibilização de projetos na indústria da construção.

Com base na revisão sistemática e nas entrevistas, fica claro que o BIM deve ser utilizado para a compatibilização de projetos na área da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), por meio da utilização de modelos tridimensionais para identificar interferências entre disciplinas. A metodologia Híbrida tem sido apontada como a alternativa mais eficiente para a compatibilização de projetos, uma vez que combina a detecção de interferências por meio da visualização e da automação das ferramentas BIM, permitindo melhores resultados em comparação com a metodologia CAD e BIM.

A partir das diferentes metodologias CAD, BIM e Híbrida apresentadas pelos estudos anteriores é possível concluir que unificar as técnicas de compatibilização 2D, na qual as interferências são identificadas através visualização de um modelo tridimensional, junto das ferramentas de identificação automática das incompatibilidades disponíveis pelo BIM traz melhores resultados em comparação às outras metodologias aplicadas. A adoção dessa abordagem permite uma melhora significativa na qualidade e precisão da identificação de interferências entre projetos, evitando retrabalhos desnecessários e reduzindo o tempo e o custo de execução da obra.

A partir deste trabalho pode-se perceber diferentes ferramentas usadas pelos profissionais. Enquanto a revisão sistemática se concentrou principalmente em três softwares específicos - Naviswork, ArchiCAD e Revit - as entrevistas revelaram a utilização de outras ferramentas, como Tekla, ConstrufLOW e Bimcollab, para a realização da compatibilização e comunicação entre as equipes envolvidas no processo construtivo.

Essa variedade de ferramentas indica que não há uma solução única para a compatibilização de projetos e que diferentes ferramentas podem ser mais adequadas para diferentes tipos de projetos ou equipes. Além disso, também destaca a importância da adaptação às necessidades específicas do projeto e às preferências dos profissionais envolvidos.

A investigação de pesquisas existentes e a realização de uma revisão bibliográfica abrangente permitiram compreender as informações disponíveis sobre a compatibilização de projetos utilizando o BIM de uma forma mais geral. Esse conhecimento possibilitou um melhor direcionamento para as entrevistas. A identificação de boas práticas e dificuldades na implementação do BIM, por meio da análise de casos práticos e experiências de profissionais da área por meio de entrevistas, contribuiu para o conhecimento e a compreensão sobre a utilização do BIM na compatibilização de projetos segundo a experiência do dia a dia. Essa fonte de evidência trouxe informações complementares e possibilitou aprofundar alguns temas apresentados superficialmente na literatura

A revisão sistemática de literatura destaca a importância da utilização de um modelo federado para a compatibilização de projetos, bem como a comunicação constante entre os envolvidos, a padronização dos documentos, a adoção de uma plataforma de gestão de controle de dados e o treinamento da equipe para o uso do BIM. Somado a isso, a aplicação de boas práticas como a comunicação ativa, padronização do início ao fim do projeto, desenvolvimento de um PEB e a centralização das informações garante que a equipe trabalhe de forma coordenada, evitando erros e retrabalhos.

As entrevistas revelaram que a maioria dos entrevistados considera a compatibilização de projetos importante e que todos eles utilizam o BIM para a execução das compatibilizações. A adoção do BIM exige investimento financeiro e de tempo para que as empresas possam se adaptar às novas formas de projetar. Os principais desafios enfrentados pelas empresas no processo de compatibilização incluem a falta de capacitação dos envolvidos, falta de coordenação dos projetos, pouco conhecimento com o BIM e um sequenciamento das atividades pouco definidas.

Dessa forma, é importante que as empresas invistam em capacitação para os responsáveis e para toda a equipe envolvida no processo de compatibilização, visando garantir que todos saibam utilizar a tecnologia BIM e possam aproveitar ao máximo seus benefícios. É necessário também que haja uma coordenação adequada dos projetos, bem como a padronização do processo de compatibilização para evitar problemas e custos adicionais no canteiro de obra. Por fim, a normatização e regulamentação do uso da plataforma BIM, bem

como a capacitação do setor público e a aplicação de novas tecnologias, são fundamentais para a ampliação da utilização do BIM no mercado de arquitetura e engenharia.

Como resultado, este trabalho contribuiu para a ampliação do conhecimento sobre o uso do BIM na compatibilização de projetos e pode ser utilizado como base para futuras pesquisas e práticas nessa área

Para que se avance na área de compatibilização de projetos utilizando o BIM, é necessário realizar estudos mais aprofundados em novas metodologias de compatibilização, assim como, identificar um sequenciamento de atividades que resulte no desenvolvimento de projetos sem tantos conflitos entre as disciplinas. Também é importante investigar a adoção do BIM em projetos de diferentes escalas e complexidades, além de analisar os impactos da normatização e regulamentação do uso da plataforma BIM no mercado de arquitetura e engenharia.

Uma sugestão de estudos futuros poderia ser a integração de novas tecnologias com a compatibilização de projetos, como o uso da realidade aumentada ou realidade virtual que possam permitir uma compatibilização mais simples, rápida e efetiva. Avaliar os resultados da aplicação do PEB para a compatibilização de projetos. Analisar as implicações legais e contratuais da utilização do BIM na compatibilização de projetos. Investigar a relação da capacitação e treinamento dos projetistas com a eficiência da compatibilização. Dessa forma, espera-se que as sugestões de futuras pesquisas possam colaborar para o avanço e aprimoramento dessa importante área de estudo.

6 APÊNDICE 1 – FORMULÁRIO DA ENTREVISTA



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 ESCOLA DE ENGENHARIA
 DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
ENTREVISTA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS EM BIM



ALUNOS: IGOR MICHEL [00288478]
ORIENTADOR (A): LISIANE PEDROSO LIMA

DATA: 04/03/2023

DESCRIÇÃO DA QUESTÃO DA PESQUISA

Como o BIM é utilizado para a compatibilização de projetos?

ENTREVISTA:

1. Nome da empresa/escritório ?
2. Em qual ramo sua empresa/escritório trabalha ?
3. Quais são os produtos e serviços oferecidos pela sua empresa ?
4. Quantos anos sua empresa trabalha com compatibilização de projetos ?
5. O que é a compatibilização de projetos para você?
6. O quão importante você considera o processo de compatibilização de projetos dentro da sua empresa?
7. Descreva com suas palavras como a empresa realiza todo o processo de contabilização ?
 - a) Quantas pessoas trabalham no processo de compatibilização?
 - b) Como é a comunicação entre a equipe para realizar a compatibilização?
8. Quais são os principais desafios enfrentados pela sua empresa no processo de compatibilização?
 - a) Acontecem muitos retrabalhos no processo?
9. Vocês utilizam alguma plataforma BIM?
 - a. Com quais softwares vocês trabalham?
10. Explique como foi o processo de implementação da tecnologia BIM na empresa?
 - a. Quais foram as principais mudanças de cultura organizacional para a implementação bem-sucedida do processo de compatibilização em BIM?
 - b. Vocês adotam boas práticas no uso do BIM que agreguem no resultado final da compatibilização?
 - c. Quais são as principais vantagens que a sua empresa identifica no uso do BIM para o processo de compatibilização de projetos ?

REFERÊNCIAS

- ALBERT, A.; HALLOWELL, M.R. Hazard Recognition Methods in the Construction Industry. In: Construction Research Congress 2012, Reston, VA. **Anais [...]**. Reston, VA: American Society of Civil Engineers, 2012. p. 407–416. DOI: 10.1061/9780784412329.041. Disponível em: <http://ascelibrary.org/doi/10.1061/9780784412329.041>. Acesso em: 20 fev. 2023.
- ALLGAYER, 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.
- ALVES, K.M.; ANTONIO, D.F.; CONDE, K.M.; JESUS, L. A. N. **Estudo de caso de implementação e compatibilização em BIM**. In: Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído, v. 6., 2019, Uberlândia.
- ALMEIDA, R.C. de G. **Impacto do uso do BIM na elaboração de projetos as built de sistemas prediais hidrossanitários**. 2016. 59 p. Dissertação (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás, [s. l.], 2016.
- ARAÚJO, T.; HIPPERT, M. A.S; ABDALLA, J. G. F. **Diretrizes para elaboração de Projetos de Manutenção usando a tecnologia BIM. 2 Simpósio Brasileiro de Qualidade de Projeto no Ambiente Construído**. SBQP 2011. Rio de Janeiro. RJ. 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/269080196_Diretrizes_para_elaboracao_de_Projetos_de_Manutencao_usando_a_tecnologia_BIM. Acesso em: 04 abr. 2023.
- AZEVEDO, V.S. **Análise do modelo BIM numa perspectiva do projeto de estruturas**. 2015. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2015.
- AZEVEDO, C.M.; AUGUSTO, E.P.; TIAGO, G.R. **Escaneamento a laser e tecnologia BIM com realidade virtual e aumentada para gestão e operação de edificação**. 2019. 91 p. Dissertação (Bacharel em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia Mauá do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, [S. l.], 2019.
- BIM FÓRUM BRASIL; CAU BRASIL. **Digitalização na arquitetura e urbanismo**. 1º Edição, 2022.
- BENSON, T. **Principles of Health Interoperability HL7 and SNOMED**. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2012.
- BONTEMPO, I. de A.B. **Aplicação do building information modeling (BIM) e da interoperabilidade em projetos estruturais**. 2017. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ucb.br:9443/jspui/bitstream/123456789/11804/1/IgordeAlmeidaBarretoBontempoTCCGraduacao2017.pdf>. Acesso em: 09 fev. 2023.
- BORTOLOTTI, M.C. **Compatibilização de projetos de uma habitação: verificação de incompatibilidades no sistema de projeção 2D e na modelagem 3D**. 2014. 112 f. TCC

(Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina Centro Tecnológico – Ctc, Santa Catarina, 2014.

CALLEGARI, S. **Análise da compatibilização de projetos em três edifícios residenciais multifamiliares.** 2007, 160 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA Construção -CBIC. **Fundamentos BIM – parte 1:**

implementação do BIM para construtoras e Incorporadoras/Câmara brasileira da Indústria da Construção. Brasília, 2016.

CAMPESTRINI, T. F; GARRIDO M. C; MENDES, R; SCHEER, S; FREITAS, M. C. D. **Entendendo o BIM.** Curitiba, 2015.

CHECCUCCI, E. D. S.; PEREIRA, A. P.; AMORIM, A. L. D. **Colaboração e Interoperabilidade no Contexto da Modelagem da Informação da Construção (BIM).** In: SIGRADI, X. C., 2011, Santa Fé, Argentina.

CHEN, H.; WU, P.; HE, L.; LUO, Y. Research on application of BIM technology in transportation infrastructure project management. **International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering**, [s.l.], v. 6, n. 8, p. 111-119, 2016.

COUTINHO, A.B.; MOURA, G.S.; TEIXEIRA, E.K.C. Compatibilização de um projeto arquitetônico e hidrossanitário utilizando a metodologia BIM. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 10, ed. 2, p. 1-13, 2021.

CRESPO, C.C.; RUSCHEL, R.C. **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.

DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. **Introduction: The discipline and practice of qualitative research.** In: _____; _____ (Eds.). *The Sage Handbook of qualitative research*. 4. ed. Thousand Oaks: Sage, p. 1 – 32, 2005.

DONATO, H. et al. Etapas na condução de uma revisão sistemática. **Acta Med Port**, [s.l.], v. 32, n. 3, p. 227-235, 2019.

EASTMAN, C. et al.. **BIM Handbook:** A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008. 490 p.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM handbook:** A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors. 2 ed. [s.l.]: John Wiley & Sons. 2011.

EASTMAN, C. et al. **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da 31 construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores.** Bookman Editora, 2014.

ESCOLA ONLINE DE CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS –UGREEN. **Por que é inevitável o BIM para projetos sustentáveis?.** Curitiba, 2018. Disponível em: <https://www.ugreen.com.br/bim-para-projetos/>. Acesso em: 10 fev. 2023.

FERREIRA, A.R.; SILVA, A.C.; BARRETO JUNIOR, C. de L.; LIMA, D.A.C. de; SOUSA, L.C.O. Revisão da literatura: uso do conceito BIM em projetos do setor elétrico nos cenários (Inter)Nacional. **Society and Development**, [s. l.], v. 11, ed. 6, p. 1-34, 30 abr. 2022.

FIESP. **BIM Modelagem de Informação da Construção**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://sitefiespstorage.blob.core.windows.net/observatoriodaconstrucao/2016/05/Relatorio-DECONCIC-sobre-BIM.pdf>. Acesso em: 1 abr. 2023.

FONSECA, V.F. **Utilização de plataformas web colaborativas na coordenação do processo de projeto de edificações em BIM**: estudo de caso. 2021. 90 p. Dissertação (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, [s. l.], 2021.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas/S/A, 2002.

GOMES, L.D.; CAIXETA, L. Compatibilização de Projetos em BIM. **Brazilian Journal of Development**, [s. l.], p. 1-9, 2020.

GONÇALVES JUNIOR, F. **Os processos de compatibilização de projetos na construção civil**. Mais Engenharia, 2017 Disponível em: <https://maisengenharia.altoqi.com.br/bim/os-processos-de-compatibilizacao-de-projetos-na-construcao-civil-e-o-bim/>. Acesso em: 4 abr. 2023.

GONZAGA, A.R.; MONTEIRO, J.K. Inteligência emocional no Brasil: um panorama da pesquisa científica. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, [s.l.], v. 27, n. 2, p. 225-232, 2011. Disponível: https://www.researchgate.net/profile/J_MONTEIRO/publication/262547828_Emotional_intelligence_in_Brazil_An_overview_from_scientific_research/links/547331810cf24bc8ea19c93e.pdf Acesso: 6 dez. 2018.

JOVANOVIČS, C.T.; MOUNZER, E.C. Contribution of BIM in the projects compatibility of different specialties encompass by civil construction. **DYNA**, [s.l.], v. 89, n. 223, p. 46-55, 2022.

MATOS JUNIOR, J.V. da S. M. **Avaliação da compatibilização de projetos com a utilização do BIM**: estudo de caso do prédio de matemática e física da UEMA. 2019. 101 p. Dissertação (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Estadual do Maranhão– UEMA, [s.l.], 2019.

KARSULOVIC, J.T.; TAM, V.W. Building information modelling (BIM) for facilities management: risks, benefits, and uses. **Journal of Facilities Management**, [s.l.], v. 13, n. 2, p.162-176, 2015.

KIM, K.; CHO, Y. **BIM-Based Planning of Temporary Structures for Construction Safety**. In: COMPUTING IN CIVIL ENGINEERING 2015 2015a, Reston, VA. **Anais [...]**. Reston, VA: American Society of Civil Engineers, 2015. p. 436–444. DOI: 10.1061/9780784479247.054. Disponível em: <http://ascelibrary.org/doi/10.1061/9780784479247.054>. Acesso em: 25 fev. 2023

KITCHENHAM, B.A.; CHARTERS, S. **Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering**. Tech. Rep. EBSE-2007-01: KeeleUniversity, 2007.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos metodologia científica**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2001.

LATIFFI, A.A.; BRAHIM, J.; FATHI, M.S. Building information modelling (BIM) after ten years: Malaysian construction players' perception of BIM. IOP Conference Series: **Earth and Environmental Science**, [s.l.], v. 81, n. 1, p. 7, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/81/1/012147>

LOPES, R.F. **BIM no ensino: ganhos e impasses**. 2022, 212 f. Dissertação (Tese de Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.

LOWE, R. H.; MUNCEY, J. M. (2009). **Consensus DOCS 301 BIM Addendum**. Disponível em: <http://unh.edu/purchasing/CD301%20-%20BIM%20Addendum.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2023.

MARITAN, F. **CE-BIM + Estratégia BIM BR**. [s.l.]: [s.n.], 2018. Disponível em: <http://www.bimrevit.com/2018/11/ce-bim-estrategia-bim-br.html>. Acesso em: 19 fev. 2023.

MARTINS, E.M.; CRUZ, V.F. **Definição de Trocas de Informação da Construção conforme o PSU - BIM Project Execution Planning Guide Discussão e Adaptação**. 2016. 60 p. Dissertação (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás, [s. l.], 2016.

MATOS, C.R. de; MIRANDA, A. C. de O. Potencial uso do BIM na fiscalização de obras públicas. **Revista do TCU 133**, [s.l.], p. 22–31, 2015.

MELHADO, S. B. **Coordenação de projetos de edificações**. São Paulo: Nome da Rosa, 2005.

MENEZES, G.C. **Compatibilização de projetos através da modelagem 3D (BM) e Análise de custos de execução**. 2019. 119 p. Dissertação (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, [S. l.], 2019.

MENDONÇA, C.M.; MARINS, J.M.; SILVA, T.M. Utilização do BIM na compatibilização de projetos de edificações hospitalares. **Arquivos Brasileiros de Ciências da Saúde**, [s.l.], v. 44, n. 2, p. 173-179, 2019.

MIETTINEN, R.; LAINE, T.; EASTMAN, C.; KÄHKÖNEN, K. Automatic rule-based clash detection in large-scale building information models. **Journal of Computing in Civil Engineering**, [s.l.], 2019.

MIKALDO JÚNIOR., J. **Estudo comparativo do processo de compatibilização de projetos em 2D e 3D com uso de TI**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006.

MIRANDA, R. das D de; SALVI, L. "Análise da tecnologia Bim no contexto da indústria da construção civil brasileira." **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, a 4, [s.l.], p. 79-98, 2019.

MONTEIRO, A.C.N. et al. Compatibilização de projetos na construção civil: importância, métodos e ferramentas. **Revista Campo do Saber**, [s.l.], v. 3, n. 1, 2017.

MOURA, A.R.; SMANIOTTO, R.L.; FORMOSO, C.T. BIM na compatibilização de projetos: um estudo de caso na construção civil brasileira. **Sistemas & Gestão**, [s.l.], v. 12, n. 1, p. 31-41, 2017.

NR-12 – Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. Guia Trabalhista, [202-?]. Disponível em: <https://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr12.htm>. Acesso em: 28 mar. 2023.

OLIVEIRA, R. R. de; CUPERSCHMID, A. R. M. **BIM associado à Realidade Aumentada no processo de compatibilização de projetos**. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia da informação e comunicação na construção. 2., 2019. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2019. p. 1–8. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/145>. Acesso em: 26 fev. 2023.

OLIVEIRA, P.H. de. **Comparativo entre metodologia tradicional 2d e BIM na detecção de incompatibilidades de projetos**. 2019. 17 p. Dissertação (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

PAIVA, D.C.S. **Uso do BIM para compatibilização de projetos: barreiras e oportunidades em uma empresa construtora**. 2016. 23 p. Dissertação (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, [S. l.], 2016.

PASCUAL, F.A et al. Using BIM and 4D simulations to manage high-tech building projects: a case study. **Journal of Building Engineering**, [s.l.], 2019.

PEREIRA, L.A. **BIM como ferramenta estratégica para construtoras: estudo de caso**. **Revista Inovação. Projetos e Tecnologias**, [s.l.], v. 8, n. 1, p. 62-74, 2021.

PINTO, R.F.F. **Aplicação da metodologia BIM ao projeto de pontes: Caso prático**. 2016. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2016.

PINTO, P.P.F.D. **A plataforma BIM na compatibilização de projetos de arquitetura e estrutura: estudos de caso**. 2019. 180 p. Dissertação (Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2019.

PITAKE, S.A.; PATIL, P.D.S. Visualization of Construction Progress by 4D Modeling Application. **International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)**, [s.l.], v. 4, n. 7, p. 3000-3005, 2013.

ROCHA, W.S.O. **Plataformas BIM e suas vantagens na compatibilização de projetos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Centro Universitário AGES, Bahia, 2021. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/20592/1/TCC%20-%20Wivian%20Rocha%20.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2023.

- ROSA, R. de S. **Diretrizes para a prática do processo de projeto com ênfase na compatibilização**. 2018. 96 p. Dissertação (Bacharel em Engenharia Civil). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, [S. l.], 2018.
- SANTOS, L.P.T. dos; JESUS, E.C. de; SANCHES, A.E.; PINHEIRO, É.C.N.M. BIM (Building Information Modeling) na Engenharia Civil. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 8, ed. 11, p. 1-18, 30 nov. 2022.
- SÁ, L. M.; SILVA, L. F. da. Barreiras à implementação do BIM: uma análise bibliométrica acerca das pesquisas sobre a adoção do conceito no setor AEC de 2010 a 2021. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, [s.l.], v. 17, n. 2, p. 165–194, 28 jun. 2022.
- SENA, T.S. de. **A aplicação da metodologia BIM para a compatibilização de projetos**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal da Bahia, 2012. Disponível em: <http://www.gpsustentavel.ufba.br/downloads/BIM%20Compatibiliza%C3%A7%C3%A3o.pdf> f. Acesso em: 28 fev. 2023.
- SENA, T.C. de. **BIM Colaborativo: proposta de framework BIM para colaboração no desenvolvimento de projetos**. 2021. 258 p. Dissertação (Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de São Paulo, [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/102/102131/tde-02062021-084427/publico/DissCorrigidaTitoSena.pdf>. Acesso em: 31 mar. 2023.
- SHANG, Z.; SHEN, Z. **A Framework for a Site Safety Assessment Model Using Statistical 4D BIM-Based Spatial-Temporal Collision Detection**. In: CONSTRUCTION RESEARCH CONGRESS 2016, **Anais [...]**. [s.l.: s.n.] Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/9780784479827.218>. Acesso em: 7 mar. 2023.
- SIENGE; ABDI; GRANT THORNTON. **Maturidade BIM no Brasil**. [S.l.: s.n.], 2022. Acesso em: 12 fev. 2023.
- SILVA, Rodrigo Otávio Valente Ribeiro da. **Modelagem, planejamento da obra e orçamentação do projeto Minha Casa Minha Vida com o uso do processo BIM**. 2019. 113 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de Brasília Faculdade de Tecnologia, Brasília, 2019.
- SILVA, G.; HUPPES, F.A.H.; PEDROZO, E.C. **Modelagem da informação da construção (BIM) aplicada à arquitetura, engenharia e construção civil**. XXIII Seminário Interinstitucional de Ensino, Pesquisa e Extensão, Rio Grande do Sul, 2018.
- SMITH, P. **BIM & the 5D Project Cost Manager**. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Sydney, v. 119, p. 475- 484, 2014.
- SOUZA, P.; FIGUEIREDO, K. **Revisão dos modelos de compatibilização BIM presentes no mercado**. 2020, 12 f. Artigo (Pós Graduação em Planejamento, Gestão e Controle de Obras Civis) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2020.
- SOUZA, M.A.S. de. **Aplicação de metodologia BIM na compatibilização de projetos e na documentação de obra: Estudo de caso sobre obra em Águas Claras/DF**. 2017, 59f. Trabalho de Projeto Final, Publicação, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2017.

- SOUZA, L.L.A. **Diagnóstico do uso de BIM em empresas de projeto de arquitetura.** 2009. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2009.
- SPERLING, D. M. **O projeto arquitetônico, novas tecnologias de informação e o Museu Guggenheim de Bilbao.** Pesquisa e Inovação em Gestão do Processo de Projeto de Edifícios. São Paulo, 2007.
- SUCCAR, Bilal. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation In Construction**, [s.l.], v. 18, p. 357-375, 2009.
- TEO, Ai Lin Evelyn; OFORI, George; TJANDRA, Imelda Krisiani; KIM, Hanjoon. Design for safety: theoretical framework of the safety aspect of BIM system to determine the safety index. **Construction Economics and Building**, [s. l.], v. 16, n. 4, p. 1–18, 2016. DOI: 10.5130/AJCB.v16i4.4873. Disponível em: <https://epress.lib.uts.edu.au/journals/index.php/AJCEB/article/view/4873>. Acesso em: 7 mar. 2023.
- WITTE, D.W. de; NEVES, B.G. A transição do processo de projeto CAD para a implementação do BIM em uma incorporadora. In: Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto, 7, 2021, Londrina. **Anais...** Londrina: PPU/UEL/UEM, 2021. p. 1-10. DOI <https://doi.org/10.29327/sbqp2021.437984>
- XIAOLEI, W. **Research on the application of BIM concept and BIM software in architectural design.** Proceedings -2018 International Conference on Engineering Simulation and Intelligent Control, ESAIC, p. 218-220, 2018.
- YIN, R. K. **Estudo de Caso - Planejamento e Métodos.** 5. Ed. Porto Alegre: Bookman Editora, 2015.
- YUNG, P.; WANG, X. A 6D CAD model for the automatic assessment of building sustainability. **International Journal of Advanced Robotic Systems**, [s.l.], v. 11, n. 1, p. 1–8, 2014.