



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS –
IFG

CAMPUS APARECIDA DE GOIÂNIA

DEPARTAMENTO DE ÁREAS ACADÊMICAS

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

GEYZON SOARES DE AMORIM

**DIRETRIZES DE COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS UTILIZANDO A
METODOLOGIA BIM**

APARECIDA DE GOIÂNIA - GO

2025



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Geyzon Soares de Amorim

Matrícula: 20221090040397

Título do Trabalho: Diretrizes de Compatibilização de Projetos Utilizando a Metodologia BIM

Autorização - Marque uma das opções

1. ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Goiânia, 24 / 02 / 2026.

Local

Data

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS –
IFG

CAMPUS APARECIDA DE GOIÂNIA

DEPARTAMENTO DE ÁREAS ACADÊMICAS

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

GEYZON SOARES DE AMORIM

**DIRETRIZES DE COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS UTILIZANDO A
METODOLOGIA BIM**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Campus Aparecida de Goiânia como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil e desenvolvido na linha de pesquisa de compatibilização de projetos sob orientação do Me. Wilson Marques Silva.

APARECIDA DE GOIÂNIA - GO

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A524 Amorim, Geyzon Soares de
Diretrizes de compatibilização de projetos utilizando a metodologia
BIM / Geyzon Soares de Amorim.- Aparecida de Goiânia, 2025.
39 f.; il.

Orientador: Me. Wilson Marques Silva.
Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Instituto Federal de
Educação Ciência e Tecnologia de Goiás: Campus Aparecida de Goiânia,
Bacharelado em Engenharia Civil, 2025.

1. Compatibilização de projetos. 2. Metodologia BIM. 3. Coordenação
de projetos. 4. Engenharia simultânea. 5. Clash detection. I. Título.

CDD 690.0285

Catalogação na publicação:
Thalita Franco dos Santos Dutra – CRB 1/2186

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Na presente data realizou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **DIRETRIZES DE COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS UTILIZANDO A METODOLOGIA BIM**, sob orientação de Wilson Marques Silva, apresentado pelo aluno **Geyzon Soares de Amorim (20221090040397)** do Curso **Bacharelado em Engenharia Civil (Câmpus Aparecida de Goiânia)**. Os trabalhos foram iniciados às **20:45** do dia **11/02/2026** pelo Professor presidente da banca examinadora, constituída pelos seguintes membros:

- **Wilson Marques Silva** (Presidente)
- **Luiz Carlos Martins Junior** (Examinador Externo)
- **Victor Hugo Gomes Vieira** (Examinadora Externa)

A banca examinadora, tendo terminado a apresentação do conteúdo do Trabalho de Conclusão de Curso, passou à arguição do candidato. Em seguida, os examinadores reuniram-se para avaliação e deram o parecer final sobre o trabalho apresentado pelo aluno, tendo sido atribuído o seguinte resultado:

☒ Aprovado

☐ Reprovado

Nota : 6,0

Observação / Apreciações:

Aprovado com restrições.

Proclamados os resultados pelo presidente da banca examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, eu **Wilson Marques Silva** lavrei a presente ata que assino juntamente com os demais membros da banca examinadora.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Wilson Marques Silva**, em **24/02/2026 09:46:21** com chave **d224e19a117e11f197df005056a537a4**.
- **Victor Hugo Gomes Vieira**, em **24/02/2026 10:00:10** com chave **c05a8b66118011f1a46b005056a537a4**.
- **Luiz Carlos Martins Junior**, em **25/02/2026 09:09:54** com chave **e4c725a0124211f1b6e3005056a537a4**.

Este documento foi emitido pelo SUAP. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse https://suap.ifg.edu.br/comum/autenticar_documento/ e informe os dados a seguir.

Tipo de Documento: Ata de Projeto Final

Data da Emissão: 15/03/2026

Código de Autenticação: 0d63cf



RESUMO

A compatibilização de projetos é uma etapa crítica na engenharia civil, sendo responsável por mitigar erros que impactam custos e prazos. Este trabalho propõe diretrizes estruturadas para a coordenação de projetos utilizando a metodologia BIM (*Building Information Modeling*), alinhadas aos preceitos da ISO 19650. A metodologia consistiu em uma pesquisa qualitativa e exploratória, fundamentada em revisão bibliográfica e análise comparativa de estudos de caso da literatura contemporânea, não sendo validada por meio de estudo de caso próprio. O resultado principal é um guia prático, composto por fluxograma e *check-list* de verificação, abrangendo desde o Plano de Execução BIM (BEP) até o *Clash Detection*. A validação do modelo, realizada via confronto com dados da literatura científica, indicou que as diretrizes propostas fundamentam-se em processos com potencial de detecção de conflitos até 427% superior ao método 2D, com foco na interface arquitetura-estrutura, onde pesquisas apontam a ocorrência de 75% das inconsistências críticas. Conclui-se que o modelo promove a Engenharia Simultânea e a formalização do fluxo de informações, consolidando o BIM como ferramenta estratégica para a previsibilidade e qualidade no setor da construção civil.

Palavras-chave: Compatibilização de Projetos. Metodologia BIM. Coordenação de Projetos. Engenharia Simultânea. Clash Detection.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	0
2.	OBJETIVOS	2
	2.1 Objetivos Gerais	2
	2.2 Objetivos Específicos.....	2
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
	3.1 Breve Histórico Sobre Construção Civil.....	3
	3.2 Planejamento do Projeto	3
	3.3 Definição da Compatibilização de Projetos.....	5
	3.4 Relevâncias e Consequências da Compatibilização	6
	3.5 Tecnologias Utilizadas	7
	3.5.1 CAD	8
	3.5.2 BIM	10
	3.5.3 Detecção de Interferências (<i>Clash Detection</i>).....	13
4.	METODOLOGIA	15
4.1.	DIRETRIZES PROPOSTAS PARA A COMPATIBILIZAÇÃO BIM.....	16
	4.1.1 Pessoas e Colaboração.....	16
	4.1.2 Preparação e Planejamento	17
	4.1.3 Federação e Verificação Visual	18
4.2.	ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	21

4.2.1. EFICÁCIA TÉCNICA E ANTECIPAÇÃO DE CONFLITOS	22
4.2.2. GESTÃO DE INFORMAÇÃO E ENGENHARIA SIMULTÂNEA.....	25
4.2.3. IMPACTOS NA QUALIDADE E VIABILIDADE ECONÔMICA	25
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
REFERÊNCIAS.....	28

1. INTRODUÇÃO

A compatibilização de projetos é um processo de análise e integração dos diversos projetos que compõem uma obra (arquitetônico, estrutural, instalações, ar-condicionado, paisagismo, impermeabilização, entre outros). O objetivo é identificar e eliminar interferências e inconsistências geométricas, garantindo a integração das soluções e o desenvolvimento eficiente do empreendimento. O propósito central da compatibilização é otimizar o custo, tempo e qualidade da construção, além de facilitar futuras manutenções. Ao corrigir falhas na fase de projeto, evita-se problemas na execução, como desperdício de material e retrabalho.

Tradicionalmente, a compatibilização é feita por meio da sobreposição de desenhos, seja manualmente ou utilizando softwares CAD. Embora esses métodos ainda sejam comuns, eles se mostram ineficientes e imprecisos para a análise da complexidade dos projetos atuais. Estudos comparativos recentes reforçam essa ineficiência ao demonstrarem que a utilização de ferramentas BIM pode elevar a detecção de incompatibilidades em até 427% em relação ao método convencional 2D (Maciel; Souza Jr; Oliveira, 2022). A falta de precisão dos processos tradicionais aumenta os riscos de incompatibilidade e erros na obra.

Diante da necessidade de ferramentas mais eficazes, a tecnologia *Building Information Modeling* (BIM) surge como uma solução de grande importância para a construção civil. O BIM permite a criação de modelos digitais tridimensionais, que integram todas as disciplinas em um único ambiente, facilitando a identificação e a correção de conflitos de forma visual e precisa.

Considera-se, portanto, que a compatibilização de projetos é uma ferramenta essencial para uma execução mais eficiente e econômica. No entanto, sua implementação ainda enfrenta desafios. Como apontam Campos Neto e Furquim (2024), a eficácia do BIM depende intrinsecamente da formalização dos fluxos de trabalho e da integração entre os agentes envolvidos, sendo a falta de um processo estruturado um dos principais gargalos para a Engenharia Simultânea. Com cronogramas cada vez mais apertados, esse processo, que exige análise minuciosa, é muitas vezes negligenciado, resultando em perdas financeiras e de qualidade que poderiam ser evitadas.

A falta de compatibilização adequada é um dos principais fatores que elevam os custos e a imprevisibilidade em um projeto de construção. Em grande parte dos

empreendimentos, os projetos são desenvolvidos de forma isolada, sem uma comunicação eficaz entre os projetistas. Essa desconexão aumenta as chances de incompatibilidades, que, frequentemente, são identificadas apenas no canteiro de obras. Além disso, a carência de profissionais especializados e a visão de que a compatibilização é um "custo extra" dificultam a adoção desse processo pelas empresas.

Portanto, a compatibilização de projetos deve ser encarada como um investimento estratégico, e não como uma despesa. Este trabalho busca demonstrar como a metodologia BIM pode ser a chave para superar esses desafios, otimizando o processo através da proposição de diretrizes estruturadas que gerem maior qualidade e eficiência para o setor da construção civil.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivos Gerais

Propor diretrizes estruturadas para a compatibilização de projetos utilizando a metodologia BIM, fundamentadas em uma análise crítica da literatura contemporânea e em dados comparativos de eficiência técnica.

2.2 Objetivos Específicos

- Fundamentar teoricamente os princípios de gestão da informação e coordenação de projetos no contexto do BIM;
- Analisar as limitações dos métodos de compatibilização tradicionais (2D/CAD) frente às funcionalidades de detecção automatizada de conflitos (*Clash Detection*);
- Desenvolver um fluxograma detalhado e um *check-list* de etapas para a aplicação da compatibilização, desde o planejamento no PEB até a validação final dos modelos;
- Avaliar comparativamente a eficácia do modelo proposto através de evidências científicas recentes, discutindo dados de detecção de interferências e ganhos de produtividade em relação ao método convencional;
- Discutir a importância da formalização do fluxo de informações (Engenharia Simultânea) como fator determinante para a redução de custos, prazos e aumento da qualidade no setor da construção civil.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Breve Histórico Sobre Construção Civil

A Engenharia Civil no Brasil iniciou suas atividades de forma não formal no período colonial com a construção de fortificações e igrejas (Moraes, 2005). De acordo com Telles (1984), durante esse período duas categorias de profissionais atuavam na engenharia: os oficiais Engenheiros e os Mestres Pedreiros. Os oficiais Engenheiros pertenciam ao Exército Português e os Mestres, não possuíam conhecimento científico, mas planejavam e construíam as edificações em geral. Seus conhecimentos eram passados de geração para geração.

O primeiro grande impulso na construção civil brasileira ocorreu na década de 1940, durante o governo de Getúlio Vargas. O alto investimento do Estado para desenvolver construção civil e militar fez com que esta década fosse considerada o auge do setor no Brasil.

A indústria da construção civil no país é crescente e presume o desenvolvimento econômico para a geração de emprego. Portanto, é uma atividade que encontra relacionada a diversos fatores do setor que favorece para o desenvolvimento regional, a geração de empregos e mudanças para a economia, ou seja, a elevação do PIB e tendo em vista seu considerável nível de investimentos e seu efeito multiplicador sobre o processo produtivo (Oliveira, 2012).

3.2 Planejamento do Projeto

De acordo com a Norma Brasileira NBR 13.531 (ABNT, 1995), a elaboração de um projeto é definida como a antecipação da fabricação do objeto a ser projetado, que no caso se trata de edificações, sendo respeitados todos os princípios técnicos existente em arquitetura e engenharia. Ela descreve as etapas de projetos desde a sua etapa inicial, do levantamento topográfico até o projeto para execução.

Segundo Agopyan e Melhado (1995), visando a qualidade, podem ser considerados como clientes do projeto: o empreendedor, o construtor e o usuário. Sendo assim, o projeto deve considerar e satisfazer as necessidades destas três figuras.

Salgado (2007) afirma que o projeto executivo pode ser um eficaz instrumento, capaz de otimizar o uso dos materiais, levando em conta suas dimensões, diminuindo

desperdícios na hora de sua colocação e de estudar as melhores soluções de integração dos sistemas construtivos utilizados evitando, assim, incompatibilidades entre os mesmos.

Portanto, a fase de projeto desempenha um papel muito expressivo na construção civil, uma vez que possibilita o mapeamento das probabilidades pré-execução, bem como, o aperfeiçoamento de métodos executivos e a detecção de problemas, falhas e patologias, permitindo a redução de desperdícios e potencializando os ganhos financeiros (Sousa Junior; Maia; Correio, 2014).

Rodríguez e Heineck (2001) acreditam que a compatibilização deve se iniciar em cada uma das etapas do projeto, isto é, nos estudos preliminares, anteprojeto, projetos legais e projeto executivo, de forma a interligar todas as plantas desenvolvidas e permitir a observação das interferências entre as mesmas.

Quando é apercebido interferências e a decisão é imediata, especialmente nas etapas iniciais da fase de projeto, enriquece uma grande quantidade de não ocorrer futuros erros e retrabalho gerando reflexos negativos sobre a qualidade do produto final entregue (Melhado, 2005).

Apesar dessa importância que o projeto tem para determinar e influenciar os custos, a qualidade e o desenvolvimento do empreendimento em geral, os projetos de edificações brasileiras, são vistos por algumas empresas como custos, que na verdade deveriam ser vistos como investimentos.

Sob a ótica da gestão contemporânea, o planejamento de projetos deve ser compreendido como um ambiente de Engenharia Simultânea, onde a integração entre os agentes ocorre desde as fases conceituais. Conforme apontam Campos Neto e Furquim (2024), a compatibilização atua como a ligação entre projetistas, construtores e gerenciadores, sendo que a formalização do fluxo de informações é o que garante a base para a durabilidade e a segurança do produto final da construção.

3.3 Definição da Compatibilização de Projetos

Compatibilizar projetos é constatar se os componentes dos sistemas ocupam espaços conflitantes entre si e, assim, assegurar que os dados compartilhados tenham conexão e sejam seguros até o término do projeto (Graziano, 2003).

Para isso, é necessária a atuação dos diversos projetistas envolvidos nas etapas de planejamento e execução do empreendimento, o que resultará em maior entendimento das etapas construtivas, permitindo, assim, a elaboração de projetos com o menor número de incertezas e com a maior proximidade da realidade (Novaes, 1998).

Para Rodríguez e Heineck (2001), a compatibilização deve acontecer em cada uma das seguintes etapas do projeto: estudos preliminares, anteprojeto, projetos legais e projeto executivo, indo de uma associação geral das soluções até as verificações de interferências geométricas das mesmas.

O compatibilizador é um profissional recente no processo de projeto. Muitas pessoas consideram que projetar necessariamente é compatibilizar. Entretanto, semelhante ao que acontece com Gerente e Coordenador, a prática de projetar pode ser segmentada em uma etapa conceitual e outra dimensional. Neste contexto, em uma etapa é possível identificar o espaço e, em outra, dimensionar de maneira precisa este mesmo espaço. Também é possível partir de um padrão de dimensão e redimensioná-lo através de um conceito diferente. (Ferreira, 2001).

Graziano (2003) defende a ideia de que a responsabilidade da compatibilização não deve ser exclusiva do compatibilizador, mas também dos projetistas e das construtoras. Os profissionais capacitados a exercerem essa função são o arquiteto ou engenheiro civil. Este último será um mediador que deverá ter uma formação generalista, lidar com as equipes multidisciplinares e garantir a compatibilização dos projetos envolvidos na obra.

3.4 Relevâncias e Consequências da Compatibilização

A importância da compatibilização pode ser notada através dos desperdícios que a falta desta pode causar. Rodriguez (2005) afirma que a falta de compatibilização pode favorecer para a elevação de custos devido ao desperdício com:

- “Superdimensionamento ou subdimensionamento dos sistemas”;
- “Atrasos e retrabalhos devido a interferências entre os projetos, ou por falta ou incorreção de informações”;
- “Desperdícios de recursos materiais e de mão de obra para a operação e a manutenção”.

A relevância técnica da coordenação de projetos é evidenciada pela capacidade de mitigação de riscos na fase de canteiro. Dados de estudos comparativos indicam que a metodologia convencional 2D muitas vezes falha em identificar a complexidade das interfaces, enquanto a abordagem em BIM demonstra uma eficácia substancialmente superior, sendo capaz de detectar um volume de incompatibilidades até 427% maior do que os métodos tradicionais (Maciel; Souza JR; Oliveira, 2022).

Para Nascimento (2015), a ausência dessa compatibilização acarreta perda na construção civil que acontece com frequência e é em sua maioria ligada ao desperdício de materiais. Entretanto, a questão não está ligada apenas a perda de material, devendo ser considerada, ainda, máquinas, equipamentos, mão de obra e capital gasto além do necessário para a construção do empreendimento.

Mesmo com o avanço tecnológico e do processo de produção apresentado pela construção civil nos últimos anos, ainda é comum a falta de integração entre os projetos durante o seu desenvolvimento, como afirma Tavares Júnior et al. (2003). É comum em empresas de pequeno porte o desenvolvimento de projetos sem a utilização da compatibilização dos projetos, gerando vários fatores negativos, tais como: má qualidade da edificação, maior índice de retrabalhos, alongamento do prazo de execução, acréscimo no custo da obra.

Horostecki (2014) salienta que “compatibilizar projetos requer investimentos que podem representar de 1% a 1,5% do custo da obra, mas gera diminuição de despesas que varia de 5% a 10% desse mesmo custo”.

Melhado (2005), afirma que grande parte das perdas de eficiência na execução do projeto é causado pela falha em projetos, como as mudanças que ocorrem durante

o processo construtivo, falta da execução das especificações citadas e do mau detalhamento do projetista, além das falhas de coordenação.

Como exemplos que ocorrem com certa frequência em obras espalhadas por todo país, temos tubos atravessando vigas ou cruzando lajes, pilares e vigas que formam nichos indesejáveis ou obrigam a um engrossamento de paredes; ou cotas erradas que exigem um retrabalho, havendo até casos de inversão da planta em relação ao terreno.

3.5 Tecnologias Utilizadas

O planejamento e a execução de uma obra estão intimamente ligados às tecnologias utilizadas para a elaboração dos projetos. Como afirmam Souza e Ulbrich (2009), o desenvolvimento da Engenharia Assistida por Computador e, em especial, do sistema CAD (*Computer-Aided Design*), revolucionou a área, tornando-se uma ferramenta indispensável. No entanto, para que o processo de compatibilização se torne mais eficaz e alinhado ao nosso modelo, é necessário compreender as limitações do método tradicional e aprimorar a análise com a metodologia BIM.

A compatibilização, num sentido amplo, não ocorre isoladamente. São fundamentais ferramentas que a viabilizem. Estas ferramentas podem ser chamadas de “Técnicas de Compatibilização”, e são estratégias adotadas que facilitam o trabalho do profissional responsável (Nascimento, 2013).

A sobreposição é uma técnica de apoio a coordenação utilizada para verificar a compatibilidade entre projetos de variadas especialidades. O pressuposto do projeto simultâneo tem por objetivo assimilar o desenvolvimento do produto ao desenvolvimento dos outros processos envolvidos por intermédio da cooperação entre os diversos agentes, de acordo com Fabrício (2002).

Dentro do processo de compatibilização, quanto mais forem às sobreposições entre o projeto arquitetônico e os demais projetos complementares, maior é o grau de assertividade da etapa construtiva e maior é o esclarecimento das informações entre os profissionais (Fetz, 2009).

A metodologia BIM (*Building Information Modeling*) representa uma evolução significativa em relação ao CAD, pois integra informações de diversas disciplinas em um único modelo digital. Os sistemas baseados na tecnologia BIM podem ser considerados uma nova evolução dos sistemas CAD, uma vez que, segundo Coelho

(2008), o BIM gerencia a informação em todo o ciclo de vida de um empreendimento, através de um banco de informações integrado à modelagem tridimensional. Howell (2015) acrescenta que o BIM é uma forma de projetar, construir e operar edificações, utilizando modelos 3D inteligentes. Em comparação aos desenhos tradicionais em 2D, esses modelos oferecem a todos os participantes um melhor entendimento do projeto, levando a resultados mais previsíveis.

O cerne do modelo de compatibilização, proposto neste trabalho, é a funcionalidade de detecção de interferências (*clash detection*). Essa funcionalidade, inerente aos softwares de coordenação BIM, permite a identificação automatizada de colisões entre os elementos de diferentes disciplinas, como um tubo de instalações atravessando uma viga estrutural. A detecção de interferências ocorre antes do início da construção, evitando o retrabalho e o desperdício de tempo e material.

3.5.1 CAD

O termo CAD significa *Computer Aided Design*, ou desenho auxiliado por computador. É um sistema vetorial utilizado nas diversas disciplinas da Engenharia para a representação gráfica. Neste sistema é possível fazer o uso de representações bidimensionais (2D) ou tridimensionais (3D). Além disso, existem funções que agilizam algumas atividades para o usuário, como cálculos de área e volume, além de propriedades e informações integradas (Ferreira, 2007).

As ferramentas CAD trazem conceitos da geometria descritiva, mas caracterizam-se por disponibilizarem uma maneira completamente diferente de interação entre o indivíduo e o instrumento (Rego, 2001). Souza e Ulbrich (2009), afirma que o sistema CAD é utilizado em atividades de desenvolvimento de produtos e projetos. O principal objetivo do CAD é auxiliar no desenho e modelagem.

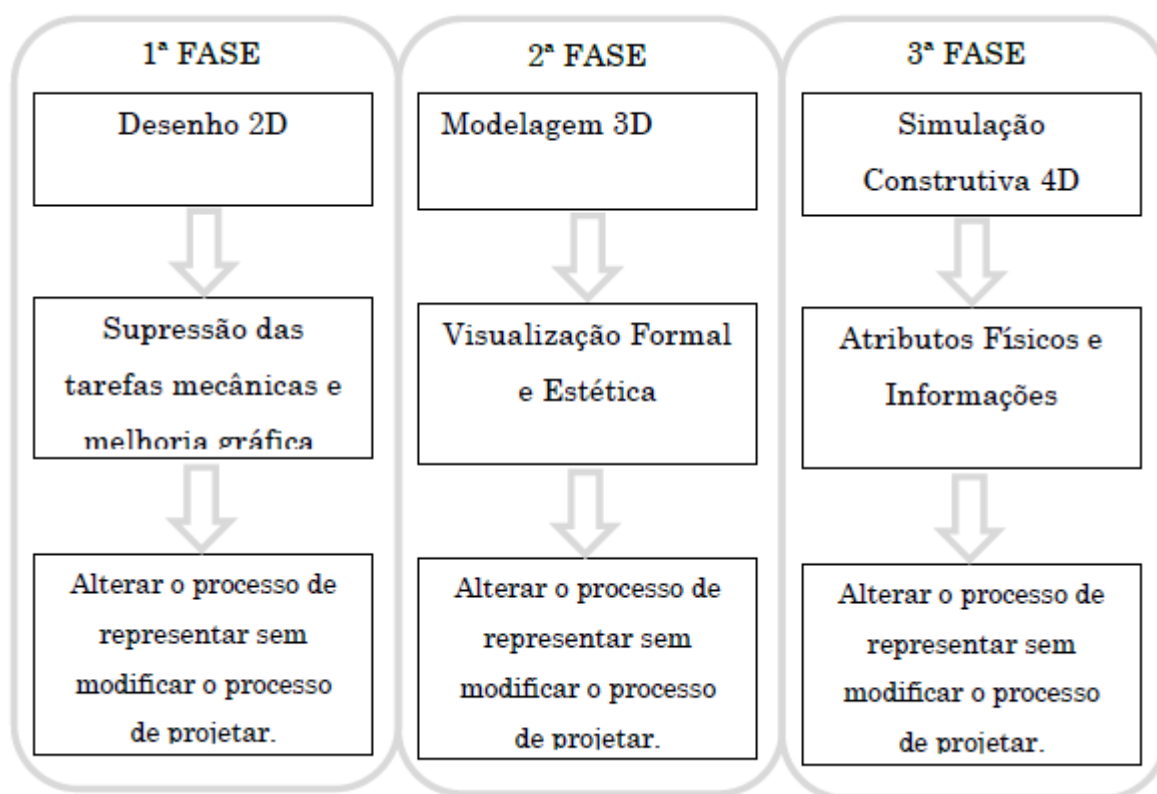
Apesar de ser completamente inconcebível pensar hoje em dia em escritórios de projeto que não trabalhem com computadores e CAD, segundo Peralta (2002), percebe-se que escritórios de projeto não utilizam a potencialidade que o sistema CAD pode oferecer, apesar dos investimentos em sistemas e pessoal. Para eles, o setor da construção civil ainda não conseguiu extrair o retorno desejado com a aplicação das ferramentas CAD, porque a maioria das empresas adquire sistemas CAD para desenho e não para o desenvolvimento de projetos, isso porque para muitos projetistas, o CAD é visto como uma ferramenta de desenho.

De acordo com Soares e Qualharini (1998, *apud*. Peralta 2002) afirmam que o CAD se desenvolveu em três fases ao longo do tempo (ver Figura 01). Na sua primeira fase o CAD era usado como substituto ao desenho à mão, onde eram usados prancheta, papel e caneta nanquim. Na segunda fase, com o uso do modelo tridimensional, buscou-se produzir perspectivas e maquetes eletrônicas, para gerar imagens. Já na terceira fase, o projeto passou a se aproximar da realidade, simulando o processo construtivo, ou seja, a modelagem não é mais somente estética.

Segundo Souza (2010)

O CAD tem oferecido benefícios significativos para a concepção e gestão do projeto, por proporcionar ao projetista o aumento da produtividade e a integração das interfaces. Proporcionando uma visão detalhada das soluções adotadas e uma visão geral de todo o sequenciamento da execução e suas etapas.

Figura 1: Estágios da evolução do sistema CAD.



A tecnologia CAD, amplamente utilizada, possibilita a representação de projetos em duas ou três dimensões, facilitando o desenho técnico. Porém, a sua natureza como uma ferramenta de desenho vetorial não permite a detecção automatizada de conflitos. A compatibilização tradicional, baseada na sobreposição

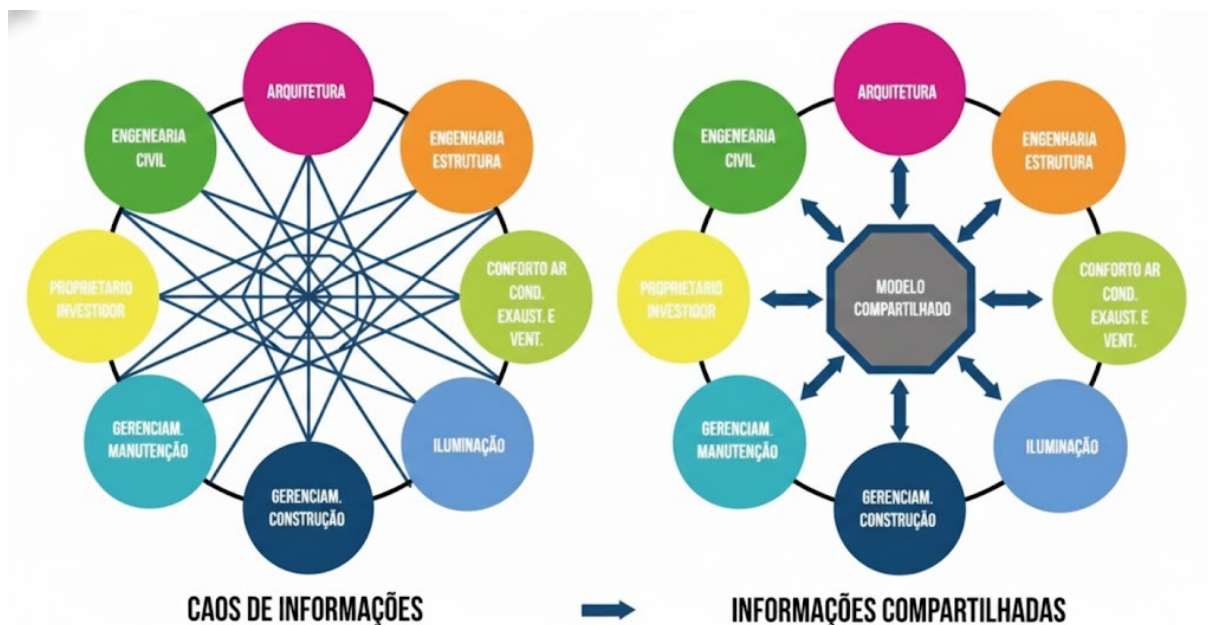
de desenhos, torna-se um processo manual e visual. Conforme Ferreira (2014), a coordenação de projetos via CAD é propensa a erros e o processo é lento, pois a identificação de interferências depende da análise de cada profissional. Como a sobreposição dos desenhos não demonstra as inconsistências e os conflitos, eles só são percebidos na fase de execução da obra (Qualharini, 1999). Essa deficiência, aliada à elaboração de projetos de forma isolada, como aponta Salgado (2007), aumenta as chances de inconsistências, deixando a solução de problemas para o canteiro de obras.

3.5.2 BIM

O conceito de BIM - *Building Information Modeling*, ou Modelagem da Informação da Construção, se traduzido para o português – consiste basicamente na ideia de se construir um edifício virtual antes de construí-lo efetivamente. Segundo Lima (2014), todas as informações necessárias para construir o edifício constam no modelo digital criado ao se projetar com esse conceito. Assim, o modelo eletrônico torna-se um banco de dados que permite a simulação real de um protótipo da construção verdadeira.

A metodologia BIM (*Building Information Modeling*) representa uma evolução significativa em relação ao CAD, pois integra informações de diversas disciplinas em um único modelo digital. Os sistemas baseados na tecnologia BIM podem ser considerados uma nova evolução dos sistemas CAD, uma vez que, segundo Coelho (2008), o BIM gerencia a informação em todo o ciclo de vida de um empreendimento, através de um banco de informações integrado à modelagem tridimensional. Howell (2015) acrescenta que o BIM é uma forma de projetar, construir e operar edificações, utilizando modelos 3D inteligentes. Em comparação aos desenhos tradicionais em 2D, esses modelos oferecem a todos os participantes um melhor entendimento do projeto, levando a resultados mais previsíveis.

Figura 2- Processo BIM como contraponto ao processo tradicional de projeto.



Fonte: <http://www.bimrevit.com/2017/07/modelos-bim.html>. Acesso em: 21/08/2025

A imagem da esquerda (caos de informações) demonstra o processo tradicional de troca de informações entre várias disciplinas, comumente realizada em processos 2D (CAD) e com pouca colaboração (sequencial).

A imagem da direita (informações compartilhadas) demonstra o estabelecimento de um modelo federado compartilhado (BIM), utilizado para troca de informações entre as diferentes disciplinas (colaboração ativa).

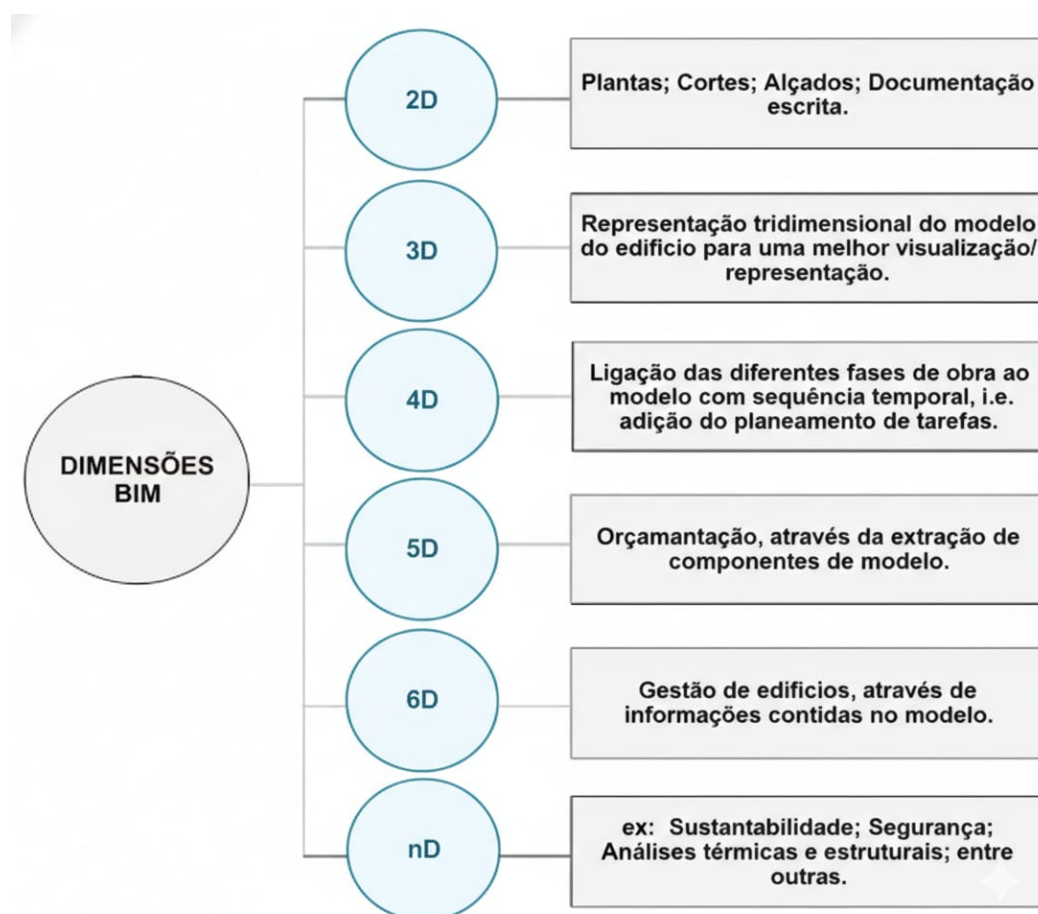
De acordo com Eastman (2011), para se compreender o que é BIM e sua diferenciação com relação a projetos tradicionais tridimensionais, é fundamental conhecer o conceito de parametria. Em um projeto paramétrico, antes de se desenhar uma instância de um elemento qualquer do edifício, deve-se definir primeiramente sua Classe ou Família e uma série de regras que controlam os parâmetros e relações deste elemento com os demais aos quais está interconectado. Além disso, a geometria de elementos paramétricos é integrada de forma que não haja redundâncias e ajusta-se automaticamente dependendo do contexto em que se situa, com alto grau de controle pelo usuário, o que elimina inconsistências.

A diferença entre o BIM e o CAD, segundo Eastman et al. (2014), é a possibilidade de os usuários, no BIM, “definirem estruturas mais complexas de

famílias de objetos e relações entre eles do que é possível com o CAD 3D, sem recorrer a desenvolvimento em nível de programação de software”.

Verifica-se que ao aumentar o nível de dimensão, mais detalhes e informações sobre a edificação serão obtidos (Figura 3):

Figura 3 - Dimensões do BIM.



Fonte: Almeida (2015)

Através das modelagens 3D, 4D, 5D e 6D o BIM está emergindo como um novo potencial tecnológico, uma vez que possui todas as funções do CAD 3D aliado à informações que permitem a confecção de tabelas de orçamentos, cronogramas e especificações. Ao passo que o modelo 3D CAD traz apenas coleções de pontos, linhas, formas 2D e 3D e volumes, no conceito de BIM tais parâmetros geométricos podem também ter significado simbólico ou abstrato, assim como dados quantitativos ou qualitativos (Yan; Damian, 2008).

Para Souza et al. (2009) apud De Goes (2011), a tecnologia BIM é muito útil para detectar e visualizar as incompatibilidades entre os projetos das diferentes disciplinas, facilitando a tomada de decisão para propor soluções e resolver os problemas. Todavia, percebe-se que seu uso como ferramenta de coordenação de projetos ainda não está consolidado. O processo de compatibilização ainda é feito pela grande maioria dos profissionais com as ferramentas CAD em um ambiente bidimensional.

Ainda de acordo com Souza et al. (2009) apud De Goes (2011), verifica-se que no Brasil as maiores dificuldades relatadas pelos escritórios quanto à implantação do sistema BIM são a falta de tempo para implantação da tecnologia e a resistência de mudança de software pelos profissionais. Além disso, a carência de profissionais com conhecimento técnico dos softwares acarreta no investimento de tempo e dinheiro para treinamento.

Dessa forma, o BIM não deve ser reduzido a uma mera modelagem tridimensional, mas sim a um sistema de gestão. O diferencial desta metodologia reside na centralidade da informação, permitindo que o processo de coordenação deixe de ser uma conferência passiva de desenhos para se tornar uma validação ativa e integrada de dados, essencial para a plena exploração dos benefícios do empreendimento (Campos Neto; Furquim, 2024)

3.5.3 Detecção de Interferências (*Clash Detection*)

O cerne do modelo de compatibilização, proposto neste trabalho, é a funcionalidade de detecção de interferências (*clash detection*). Essa funcionalidade, inerente aos softwares de coordenação BIM, permite a identificação automatizada de colisões entre os elementos de diferentes disciplinas, como um tubo de instalações atravessando uma viga estrutural. A detecção de interferências ocorre antes do início da construção, evitando o retrabalho e o desperdício de tempo e material.

Autores como Medeiros (2022) e Tavares (2023) destacam que essa ferramenta é fundamental para identificar e corrigir conflitos na fase de projeto, impedindo que os erros cheguem à obra. Além disso, Maciel et al. (2022) demonstram, por meio de estudos comparativos, o significativo aumento na detecção de inconsistências com a tecnologia BIM em relação ao método convencional 2D. A eficácia do processo se deve ao uso de elementos paramétricos, que carregam

informações intrínsecas de cada item de projeto, permitindo uma verificação não apenas visual, mas também funcional das interferências.

Na aplicação prática da detecção de interferências, é fundamental priorizar as disciplinas com maior incidência de conflitos. Estudos quantitativos revelam que aproximadamente 75% das incompatibilidades detectadas em modelos federados ocorrem na interface entre os projetos arquitetônico e estrutural (Maciel; Souza Jr; Oliveira, 2022). Tal estatística justifica o foco rigoroso das diretrizes de compatibilização na integração destes sistemas críticos para evitar retrabalhos estruturais onerosos.

4. METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo de natureza qualitativa e exploratória, fundamentada em um levantamento bibliográfico e documental para a proposição de diretrizes técnicas de compatibilização de projetos em BIM. O percurso metodológico iniciou-se com uma revisão integrativa da literatura, selecionando-se normas vigentes e artigos científicos publicados entre 2022 e 2024, garantindo o alinhamento com o estado da arte da gestão da informação na construção civil. A partir dessa base teórica, as diretrizes foram estruturadas em seis etapas lógicas que compreendem desde a organização de pessoas e planejamento via até a federação, detecção e resolução de conflitos. Este processo foi sintetizado em um fluxograma detalhado, apresentado no capítulo subsequente, que serve como roteiro visual para a aplicação do modelo proposto.

A validação das diretrizes não ocorreu por meio de um estudo de caso próprio, mas sim através de um método comparativo-dedutivo, confrontando o fluxo desenvolvido com evidências extraídas de estudos de caso reais presentes na literatura contemporânea. Para tanto, utilizaram-se os dados quantitativos de Maciel, Souza Jr. e Oliveira (2022) para validar a eficácia da detecção automatizada de conflitos, e as proposições de Campos Neto e Furquim (2024) para fundamentar a importância da formalização do fluxo de informações e da engenharia simultânea. Essa abordagem permitiu avaliar a robustez do guia proposto frente a uma base de dados científica consolidada, discutindo sua capacidade de mitigar inconsistências e otimizar a coordenação de projetos.

A análise comparativa foi estruturada através do cruzamento dos pontos críticos identificados na literatura com as etapas das diretrizes propostas. Para a validação dos aspectos de gestão e fluxo de trabalho, utilizou-se a técnica de análise de conteúdo das proposições de Campos Neto e Furquim (2024). Já para a validação da eficácia técnica das diretrizes de detecção de conflitos, realizou-se uma inferência dedutiva baseada nos indicadores quantitativos de Maciel, Souza Jr. e Oliveira (2022). Esse cruzamento de dados permitiu verificar a aplicabilidade teórica do guia desenvolvido, garantindo que as diretrizes propostas respondam aos principais problemas de incompatibilidade documentados na engenharia civil contemporânea.

4.1. DIRETRIZES PROPOSTAS PARA A COMPATIBILIZAÇÃO BIM

4.1.1 Pessoas e Colaboração

Nesta fase inicial será definido o agente compatibilizador e como será a colaboração. Nenhum software ou processo, por mais avançado que seja, pode funcionar sem o elemento humano. Esta fase foca na importância da equipe, da comunicação e da definição de papéis e responsabilidades.

- **Profissional de Compatibilização:** O modelo exige um profissional qualificado, no mínimo que tenha recebido treinamento no software de compatibilização sugerido, geralmente um engenheiro, arquiteto ou tecnólogo, para mediar as discussões e gerenciar o processo. Este profissional, deve ser generalista, conseguindo lidar com as equipes multidisciplinares e garantindo a compatibilização dos projetos envolvidos.
- **Comunicação Integrada:** A resolução dos conflitos detectados depende da comunicação eficaz entre os projetistas. O modelo se baseia em plataformas de colaboração em nuvem para garantir que as informações sejam transparentes e que todos trabalhem com a versão mais atualizada do projeto.

Dentro do ecossistema colaborativo, destaca-se a necessidade da definição de papéis claros, como o do Coordenador BIM, responsável por gerenciar o fluxo de informações entre as disciplinas. A eficácia da compatibilização não reside apenas na ferramenta, mas na prontidão das respostas dos projetistas às interferências detectadas, devendo estas responsabilidades e prazos de revisão estarem previamente acordados no Plano de Execução BIM (PEB).

A estrutura colaborativa aqui proposta visa estabelecer as bases para a Engenharia Simultânea, conforme defendido por Campos Neto e Furquim (2024). A definição clara de papéis e responsabilidades de cada agente não é apenas uma formalidade, mas a garantia de que o fluxo de informações seja contínuo e integrado, evitando que o processo de compatibilização se torne uma etapa isolada e reativa dentro do ciclo de vida do projeto.

4.1.2 Preparação e Planejamento

Esta fase é a base de todo o processo. Um planejamento rigoroso garante que todos os modelos estejam prontos para a compatibilização e que a equipe compreenda as regras.

O Software sugerido para a preparação do modelo: Softwares de autoria BIM, como o Autodesk Revit, são ideais para a criação dos modelos. Caso o projeto original seja em CAD, essa fase envolve a modelagem dos elementos para convertê-los em um ambiente BIM.

a) Definição do Plano de Execução BIM (PEB): Crie um documento formal que serve como um manual para a equipe. O PEB estabelece as regras de colaboração, como o uso de um sistema de coordenadas único para todos os projetos e a definição de um nível de detalhe (LOD) adequado. Isso evita desalinhamentos e problemas de informação durante as fases seguintes. Este rigor na padronização de coordenadas e unidades, estabelecido no BEP, é o que assegura a confiabilidade dos processos automatizados de verificação. Sem este alinhamento preciso na fase de preparação, a eficácia da detecção de conflitos, que pode ser até 427% superior ao método convencional (Maciel; Souza Jr; Oliveira, 2022), seria comprometida pela ocorrência de falsos positivos e erros de posicionamento dos modelos federados. O PEB deve no mínimo incluir:

- **Padrão de Coordenadas:** Defina um ponto de origem e um sistema de coordenadas único e preciso para todos os projetos, evitando desalinhamentos quando os modelos forem unificados.
- **Nível de Detalhe (LOD):** Especifique o nível de detalhe geométrico e de informação (LOD) para cada elemento do projeto. Isso garante que os modelos tenham a informação necessária para a compatibilização sem excesso de dados.
- **Protocolos de Colaboração:** Estabeleça a frequência de compartilhamento dos modelos e os canais de comunicação para a resolução de conflitos.

b) Modelagem Inicial das Disciplinas: Cada equipe de projeto (arquitetura, estrutura, elétrica, hidráulica, etc.) desenvolve seu modelo em seu software de autoria, como o Autodesk Revit. O coordenador BIM deve garantir que os modelos sigam as regras do PEB e estejam com a geometria e os dados corretos.

No que tange à preparação técnica, a definição do Padrão de Coordenadas é o pilar que sustenta a precisão da federação. É imperativo que todas as disciplinas adotem um ponto de origem comum (*Project Base Point* e *Survey Point*, no caso de softwares como o Revit), garantindo que a sobreposição dos modelos ocorra de forma automática e sem deslocamentos espaciais, o que evita falsos positivos durante a detecção de interferências.

4.1.3 Federação e Verificação Visual

Nesta fase, os modelos individuais de cada disciplina são unificados. A federação permite a visualização de todos os sistemas interagindo, revelando as primeiras inconsistências e permitindo uma análise prévia antes dos testes automatizados.

a) Federação dos Modelos: Utilize um software de coordenação, como o Autodesk Navisworks Manage ou o Solibri *Model Checker*, para importar e unificar os modelos de todas as disciplinas em um único arquivo. Esse modelo unificado é chamado de "modelo federado" e serve de base para toda a análise.

b) Verificação Visual: Antes de rodar testes automatizados, realize uma inspeção visual no modelo federado. Passeie virtualmente pela edificação para identificar conflitos óbvios, como tubulações atravessando lajes ou pilares em locais inesperados. Essa etapa manual complementa a automação e ajuda a familiarizar o coordenador com o projeto.

Ademais, a detecção automatizada de conflitos deve ser acompanhada de uma análise de tolerâncias críticas. Nem toda colisão geométrica representa um erro de projeto; deve-se estabelecer níveis de tolerância (como, por exemplo, ignorar sobreposições inferiores a 0,01m em elementos flexíveis), focando o esforço de coordenação nos *clashes* que realmente impactam o custo, o cronograma ou a integridade estrutural da obra.

4.1.4 Detecção de Interferências e Análise Detalhada

Esta é a fase técnica do modelo, onde o software executa testes automatizados para encontrar todas as colisões entre os elementos do projeto. O objetivo é transformar uma grande quantidade de dados em informações acionáveis.

a) Criação de Conjuntos de Testes de Conflito: No *software* de coordenação, como o Navisworks Manage, crie conjuntos de testes

específicos para cada par de disciplinas. Isso permite uma análise mais organizada e precisa. Por exemplo:

- Estrutura vs. Instalações;
- Arquitetura vs. Instalações;
- Instalações vs. Instalações.

b) Execução e Análise dos Testes: Execute os testes. O *software* irá gerar um relatório detalhado de cada colisão, listando os elementos envolvidos e o local exato do conflito. O coordenador BIM deve analisar o relatório, classificando a gravidade de cada colisão para priorizar as correções.

Na operacionalização das diretrizes de detecção, recomenda-se que a prioridade inicial da matriz de interferências seja o confronto entre os modelos arquitetônico e estrutural. Tal estratégia fundamenta-se em evidências estatísticas que demonstram que esta interface concentra aproximadamente 75% das incompatibilidades críticas em edificações, representando o maior potencial de retrabalho e custo extra no canteiro de obras (Maciel; Souza Jr; Oliveira, 2022).

4.1.5 Resolução e Colaboração

A resolução dos conflitos é um processo de colaboração entre as equipes de projeto. A tecnologia apenas identifica o problema; a solução é uma decisão da equipe, mediada pelo coordenador BIM.

a) Geração de Relatórios de Colisão: O software cria relatórios que podem ser compartilhados com as equipes de projeto responsáveis. O relatório deve incluir capturas de tela dos problemas e informações sobre os elementos que colidem, facilitando a compreensão. Dessa forma, a emissão de relatórios e o registro das decisões em reuniões de coordenação atendem à necessidade de formalização do fluxo de informações sugerida por Campos Neto e Furquim (2024). Este registro garante a rastreabilidade das alterações e assegura que a validação final do modelo seja o reflexo de um processo de tomada de decisão técnica devidamente documentado.

b) Reuniões de Coordenação: Realize reuniões presenciais ou virtuais periódicas usando o modelo federado como base de discussão. Compartilhe o relatório de colisões com os projetistas e discuta as melhores soluções para cada

problema. Para isso, plataformas de colaboração em nuvem, como o Autodesk Docs, não se limitando à este, são ideais.

c) Ajuste dos Modelos: Cada projetista retorna ao seu *software* de autoria e ajusta seu modelo para resolver os conflitos identificados, seguindo as decisões tomadas em conjunto. O coordenador BIM deve garantir que as alterações foram feitas corretamente.

d) Validação e Re-teste: Após a correção, os modelos são compartilhados novamente, e a detecção de interferências é executada mais uma vez. O ciclo continua até que o número de colisões seja aceitável e o projeto seja considerado compatibilizado.

Para facilitar a aplicação prática das diretrizes propostas, apresenta-se na Tabela 1 uma lista de verificação (*check-list*) executivo que sintetiza as ações e critérios de aceite necessários para o sucesso da compatibilização.

CHECK LIST - COMPATIBILIZAÇÃO E PROJETOS					
Projeto				Data	00/00/000
Verificador					
Etapas	Item de Verificação	Ação Necessária	Critério de Aceite	Pendente	Concluído
1. Pessoas	Equipe de Projeto	Definir Coordenador BIM e interlocutores de cada disciplina.	Matriz de responsabilidades assinada.	☐	☐
2.1. Plano (BEP)	Padrão de Coordenadas	Validar se todos os modelos usam o mesmo Ponto Base e Ponto de Pesquisa.	Modelos sobrepostos sem deslocamento.	☐	☐
2.2. Plano (BEP)	Nível de Desenvolvimento	Definir o LOD (ex: LOD 300) para evitar modelagens insuficientes.	Detalhamento compatível com a fase.	☐	☐
3. Modelagem	Integridade dos Dados	Verificar se os elementos estão classificados corretamente (ex: parede como <i>Wall</i>).	Exportação IFC sem perda de dados.	☐	☐
4. Federação	Modelo Federado	Unificar modelos de Arquitetura, Estrutura e MEP no software de coordenação.	Visualização 3D integrada e sem erros.	☐	☐
5.1. Clash Detection	Matriz de Interferências	Executar teste de colisão prioritário: Arquitetura vs. Estrutura .	Relatório de interferências gerado.	☐	☐
5.2. Clash Detection	Análise de Tolerância	Filtrar colisões menores que 1cm ou entre elementos flexíveis.	Foco apenas em conflitos críticos.	☐	☐
6. Resolução	Reunião de Coordenação	Discutir soluções técnicas para os "clashes" de alta prioridade.	Atas de reunião e prazos de correção.	☐	☐
7. Validação	Re-teste (Audit)	Rodar o <i>Clash Detection</i> novamente após as correções nos modelos nativos.	Conflitos resolvidos e modelo validado.	☐	☐

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

A tabela apresentada constitui o ponto de partida para a verificação da compatibilização inicial do projeto. Nela, foram utilizados indicadores visuais em cores para otimizar o controle: o status em vermelho destaca itens pendentes, enquanto o verde assinala os critérios já concluídos. Ressalta-se que este checklist é flexível, permitindo a inclusão de novos itens conforme as particularidades de cada empreendimento. O objetivo central é consolidar um instrumento de controle rigoroso para assegurar que todos os requisitos técnicos sejam plenamente atendidos.

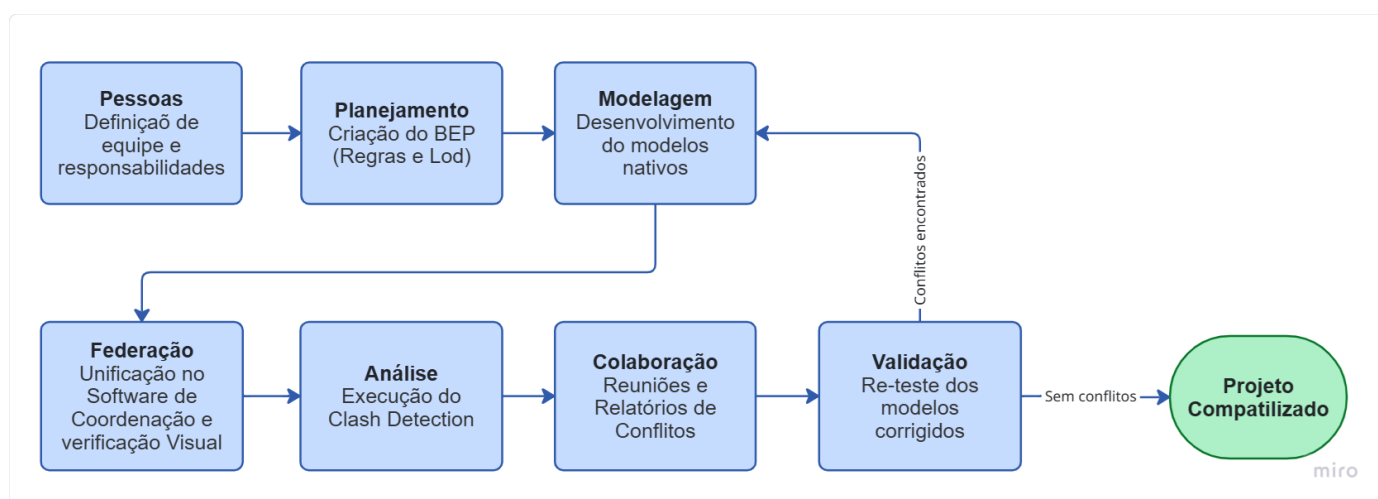
4.1.6 Validação Final e Documentação

A última fase do modelo garante que o trabalho de compatibilização seja documentado e entregue de forma clara para a execução da obra. Isso não apenas finaliza o processo, mas também valida o valor do modelo de compatibilização.

a) Relatório Final de Compatibilização: Gere um relatório final que detalha o processo, os principais conflitos resolvidos e o impacto positivo na obra. Este relatório pode incluir estimativas de economia de tempo e material, validando a eficácia do modelo proposto.

b) Geração de Documentos de Execução: Use o modelo compatibilizado para gerar plantas 2D, cortes e elevações limpos, sem conflitos, que serão usados no canteiro de obras. Isso minimiza erros na execução e aumenta a eficiência.

Figura 4 – Fluxograma das diretrizes de compatibilização



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

4.2. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

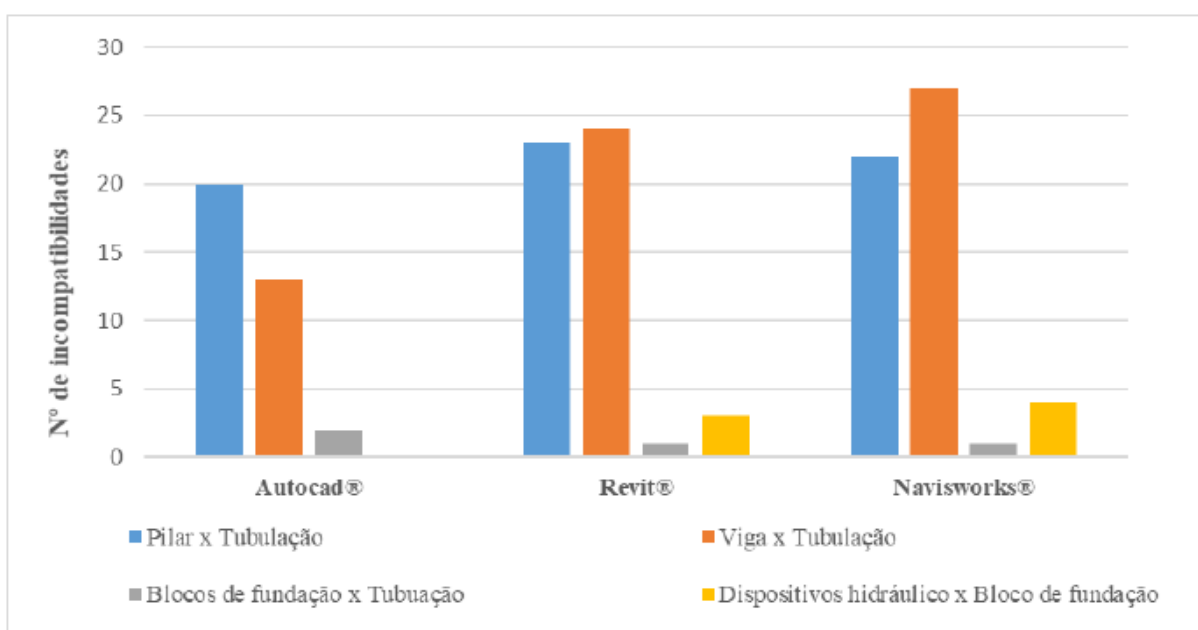
Neste capítulo, as diretrizes propostas na seção anterior são analisadas e validadas por meio de um confronto direto com evidências científicas e indicadores de desempenho extraídos da literatura técnica contemporânea. A discussão foca na capacidade do modelo proposto em mitigar falhas históricas do processo de projeto na Engenharia Civil, utilizando os estudos de referência como prova de conceito.

4.2.1. Eficácia Técnica e Antecipação de Conflitos

As diretrizes estabelecidas no Capítulo 5, especificamente no que tange à automatização da detecção de interferências (*Clash Detection*), encontram respaldo quantitativo nos estudos de Maciel, Souza Jr. e Oliveira (2022). Ao comparar o método convencional com a metodologia BIM, os autores demonstraram que a detecção automatizada é capaz de identificar um volume de incompatibilidades 427% superior ao método 2D.

A aplicação do fluxograma proposto neste trabalho permite que o engenheiro civil antecipe um volume médio de 154 incompatibilidades (conforme mapeado por Maciel et al., 2022) ainda na fase de escritório. A análise das diretrizes revela que o foco na interface entre os projetos arquitetônico e estrutural é estatisticamente justificado, dado que esta interface concentra aproximadamente 75% das incompatibilidades críticas. Assim, a diretriz de federação e verificação automatizada valida-se como uma ferramenta de redução drástica de incertezas e custos imprevistos que, de outra forma, só seriam detectados no canteiro de obras. Conforme observado no Quantitativo de incompatibilidades detectadas por método, Souza Jr. e Oliveira (2022). na Figura 5.

Figura 5 - Quantitativo de incompatibilidades detectadas por método

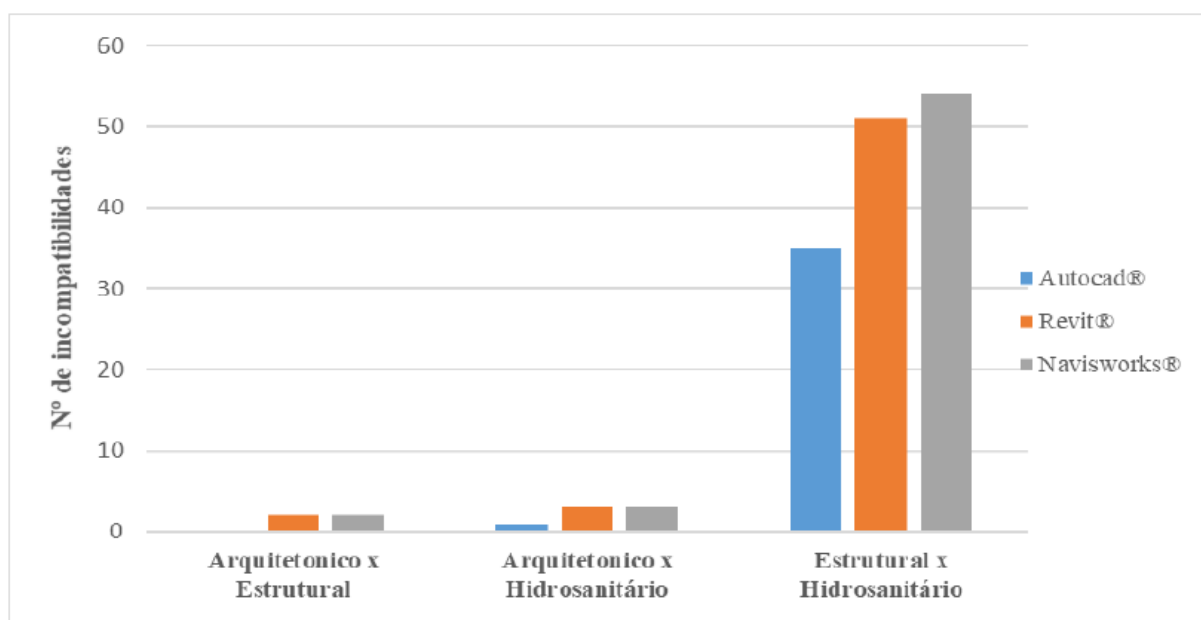


Fonte: Maciel, Souza Jr. e Oliveira (2022).

Como ilustrado na Figura 5, a disparidade entre as metodologias é contundente. Enquanto o método convencional baseado em documentação 2D permitiu a identificação de apenas 36 inconsistências, a aplicação da metodologia BIM elevou esse número para 154. Esse aumento de 427% na detecção valida a diretriz de Federação de Modelos proposta neste trabalho, demonstrando que a automatização reduz drasticamente a margem de erro humano.

Conforme observado na Distribuição percentual de incompatibilidades por interface de projetos, proposto por Maciel, Souza Jr. e Oliveira (2022). na Figura 6.

Figura 6 – Distribuição percentual de incompatibilidades por interface de projetos



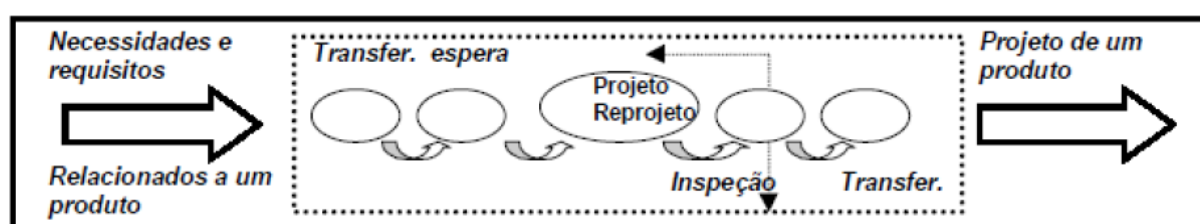
Fonte: Maciel, Souza Jr. e Oliveira (2022).

A análise da Figura 6 fornece a base estatística para a Matriz de Interferências estabelecida nas diretrizes deste guia. Observa-se que a interface entre Arquitetura e Estrutura concentra 75,32% dos conflitos totais. Portanto, a diretriz de priorizar a compatibilização desses dois modelos nativos antes das demais disciplinas de instalações é uma estratégia de otimização de tempo e recursos fundamentada em evidências reais.

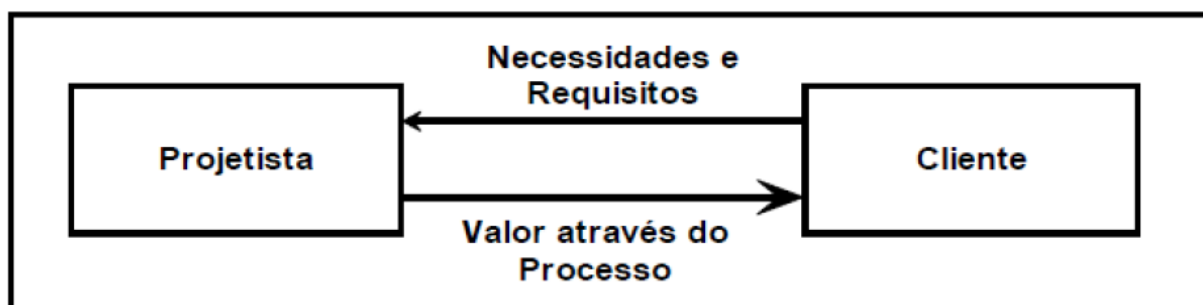
Figura 07 – Modelo de processo de compatibilização focado na formalização do fluxo de informações



(a)



(b)



(c)

Fonte: Campos Neto e Furquim (2024).

Ao confrontar o modelo proposto por Campos Neto e Furquim (Figura 7) com o fluxograma desenvolvido (Figura 4) nestas diretrizes, percebe-se uma convergência no que tange à centralidade da informação. Ambos os modelos defendem que a compatibilização não deve ser um evento isolado, mas um ciclo contínuo de Engenharia Simultânea. A formalização sugerida pelos autores valida a etapa de “Relatórios e Resolução de Conflitos” deste trabalho como o ponto de controle essencial para a qualidade da obra.

4.2.2. Gestão de Informação e Engenharia Simultânea

Para além da precisão geométrica, a robustez das diretrizes voltadas a "Pessoas" e "Planejamento" é corroborada pela proposta de Campos Neto e Furquim (2024). Os autores enfatizam que o sucesso da metodologia BIM não reside exclusivamente no software, mas na formalização do fluxo de informações entre os agentes.

O modelo de diretrizes desenvolvido neste trabalho atende a essa necessidade ao estabelecer o Plano de Execução BIM (PEB) como o alicerce contratual e técnico do projeto. A integração sugerida no fluxograma promove o que Campos Neto e Furquim (2024) definem como Engenharia Simultânea, onde a figura do coordenador BIM atua como o interlocutor central que garante a rastreabilidade das decisões. A análise indica que a adoção dessas diretrizes elimina o "caos de informações", permitindo que a compatibilização deixe de ser uma tarefa reativa para se tornar um processo de gestão proativo.

4.2.3. Impactos na Qualidade e Viabilidade Econômica

A discussão dos resultados demonstra que a sistematização das etapas de compatibilização ataca diretamente a visão do BIM como um "custo extra". Ao confrontar o guia proposto com os desafios de mercado citados por Campos Neto e Furquim (2024), observa-se que a formalização dos processos reduz o retrabalho e otimiza os cronogramas, que são cada vez mais restritos na indústria AEC.

A análise comparativa revela que o principal benefício das diretrizes apresentadas é a segurança técnica. Enquanto o método tradicional depende da percepção humana e falha em geometrias complexas, o modelo proposto utiliza a centralidade da informação para garantir que o produto final seja fiel ao projetado. Conclui-se que a aplicação rigorosa deste guia de compatibilização é o diferencial estratégico necessário para elevar o patamar de eficiência, economia e previsibilidade das obras de engenharia civil contemporâneas.

Os resultados obtidos na detecção das incompatibilidades mostram uma diferença significativa nos valores encontrados entre o método convencional em CAD 2D e com a utilização das ferramentas BIM. No entanto, entre os dois aplicativos BIM analisados, a quantidade de conflitos encontrados foi similar, como pode ser verificado na Figura 5. No comparativo entre aplicativos 2D e BIM, houve um aumento de 56%

e 64% na detecção de incompatibilidades utilizando o Revit® e o Navisworks® em relação ao CAD, respectivamente, segundo Maciel, Souza Jr. e Oliveira (2022).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa atingiu o objetivo proposto de elaborar um guia de diretrizes estruturadas para a compatibilização de projetos utilizando a metodologia BIM. Através da transição de um modelo de projeto convencional para um fluxo de trabalho fundamentado na centralidade da informação, demonstrou-se que a compatibilização deixa de ser um evento corretivo para se tornar um processo de gestão estratégica indispensável para a eficiência na construção civil.

A fundamentação teórica e a análise comparativa permitiram concluir que as limitações dos métodos tradicionais (2D/CAD) não são apenas tecnológicas, mas processuais. A superioridade técnica da metodologia BIM, comprovada pela detecção de um volume de incompatibilidades até 427% maior que o método tradicional, ratifica que a adoção das diretrizes propostas neste trabalho oferece uma salvaguarda técnica essencial contra o retrabalho e o desperdício de recursos no canteiro de obras.

O fluxograma e a lista de verificação (*check-list*) desenvolvidos no Capítulo 5 mostraram-se alinhados com o estado da arte da Engenharia Simultânea. A discussão dos resultados evidenciou que o foco rigoroso na fase de planejamento (PEB) e na federação dos modelos arquitetônico e estrutural ataca a origem de aproximadamente 75% dos conflitos críticos em edificações. Portanto, a formalização do fluxo de informações e a definição de papéis claros, como o do Coordenador BIM, são os pilares que garantem a rastreabilidade e a qualidade final do empreendimento.

Como limitações deste estudo, reconhece-se que a implementação efetiva destas diretrizes ainda enfrenta barreiras culturais e a necessidade de investimento em capacitação profissional no setor AEC brasileiro. Contudo, os benefícios em termos de redução de riscos, custos e prazos superam os investimentos iniciais, posicionando o BIM como o diferencial competitivo para as empresas do setor.

Por fim, sugere-se para trabalhos futuros a investigação da aplicação destas diretrizes em obras de infraestrutura e a integração com o orçamento (BIM 5D) e planejamento de obra (BIM 4D), visando uma gestão ainda mais holística do ciclo de vida das construções. Com este guia, espera-se contribuir para que profissionais da engenharia civil possuam um roteiro prático e cientificamente embasado para elevar o patamar de excelência em seus projetos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15965: Sistema de classificação de informações sobre a construção. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

BOEYKENS, S; NEUCKERMANS, H. Representational Limitations and Improvements in Building Information. In: EDUCATION AND RESEARCH IN COMPUTER AIDED DESIGN IN EUROPE, 2008. p. 35-42. Disponível em: Acesso em: 15 jul. 2010. Apud DE GOES, R.H.T.B, Compatibilização de projetos com a utilização de ferramentas BIM. Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT. São Paulo, 2011.

CAMPOS NETO, Tiago Ferreira; FURQUIM, Késsio Guerreiro. Proposta de processo de compatibilização de projetos na construção civil. Revista DELOS, Curitiba, v. 17, n. 60, p. 1-26, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.55905/rdelosv17.n60-002>. Acesso em: 05/02/2026.

CAMPESTRINI, Tiago Francisco. Entendendo BIM – Uma visão do projeto de construção sob o foco da informação. 1. ed. Cuiabá, 2015.

COELHO, Sérgio Barbosa de Salles; NOVAES, C. C. Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil. In: VIII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, São Paulo, SP. 2008.

DE GOES, Ricardo Henrique T. B. Compatibilização de projetos com a utilização de ferramentas BIM. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), São Paulo, 2011.

EASTMAN, Chuck et al. Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

FABRÍCIO, Márcio Minto. Projeto Simultâneo na Construção de Edifícios. Tese de Doutorado – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

FERREIRA, Rita Cristina. Os Diferentes Conceitos Adotados entre Gerência, Coordenação e Compatibilização de Projeto na Construção de Edifícios. USP. São Paulo, 2001.

FERREIRA, R. C. O uso do CAD 3D na compatibilização espacial em projetos de produção de vedações verticais em edificações. São Paulo, 2007. 159f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Civil. São Paulo, 2007.

MACIEL, Ana Carolina Fernandes; SOUZA JUNIOR, Dogmar Antonio de; OLIVEIRA, Pedro Henrique. Detecção de incompatibilidades de projetos entre metodologia convencional 2D e BIM: um estudo comparativo. Revista de Gestão e Projetos (GeP), [S. l.], v. 13, n. 3, p. 30-54, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.5585/gep.v13i3.22337>. Acesso em: 05/02/2026.

MANZIONE, Leonardo. Proposição de uma estrutura de processo de projeto para o uso do Building Information Modeling (BIM) em empresas de arquitetura e engenharia. 2013. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

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

SOUZA JUNIOR, Almir Mariano de; MAIA, Clivia Corina Lima Lobo; CORREIO, Prisciliane Roberta Paula de Azevedo. Compatibilização de projeto arquitetônico, estrutural e sanitário: uma abordagem teórica e estudo de caso. Revista Monografias Ambientais, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 3012-3023, 2014.

TAVARES JÚNIOR, Wandemberg et al. Um modelo de registro das tecnologias para uso na compatibilização de projetos de edificações. *In*: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, 5., 2007, Campinas. Anais [...]. Campinas: ANTAC, 2007. TAVARES JÚNIOR, Wandemberg; POSSAMAI, Osmar; BARROS NETO; MOTA, E. M. Um modelo de registro das tecnologias para uso na compatibilização de projetos de edificações. Simpósio Brasileiro de gestão e economia da construção, Anais, São Carlos, USP. São Carlos, 2003.

TELLES, P.C.S. História da engenharia no Brasil: século XX. Rio de Janeiro: Clavero, 1984. v. 2.

YAN, Han; DAMIAN, Peter. Gerenciamento de projetos por meio da engenharia simultânea: Sugestões para a otimização do processo na Sudecap. Belo Horizonte, 2008.