

**Análise da Eficácia do BIM em Função do Prazo e
Incompatibilidades de Projeto***Analysis of BIM Effectiveness in Function of Project Deadline and Incompatibilities*

Ana Virginia de Oliveira Farias (1); Andréia Aparecida Batista Gomes (2); Lucas de Souza Soriano (3); Marco Antônio Nasser da Silveira (4); Pedro Henrique Gomes Silva (5); Rodrigo Oliveira Martins Bogner (6); João Felipe Fernandes Coghi (7).

- (1) *Graduanda em Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi, anavirginiaof@gmail.com*
- (2) *Graduanda em Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi, andreiag_a@hotmail.com*
- (3) *Graduando em Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi, lucassoriano04@gmail.com*
- (4) *Graduando em Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi, marco.nasser13@gmail.com*
- (5) *Graduando em Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi, ph_gomessilva@hotmail.com*
- (6) *Graduando em Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi, rodrigobogner@gmail.com*
- (7) *Professor Mestre João Felipe Fernandes Coghi, Departamento de Engenharia, Universidade Anhembi Morumbi, joao.coghi@anhembi.br*

Resumo

O presente artigo teve como objetivo realizar uma análise da metodologia BIM voltada para o planejamento de projeto e sua eficiência em uma casa de alto padrão em estrutura metálica, localizado em São Paulo, de modo a medir seu impacto no cronograma físico do projeto. Sendo que, esta análise foi realizada por meio das incompatibilidades, prevenidas em função da aplicação do BIM, devido erros de projeto que ocorressem ao longo da execução do empreendimento. Deste modo, realizou-se uma classificação e análise de todas as incompatibilidades do projeto, classificando-as por níveis de gravidade por meio do impacto físico e complexidade de solução da situação problema. Adicionalmente, foi desenvolvida uma pesquisa com profissionais atuantes na área da construção civil, para obtenção de um prazo médio para cada solução, conforme sua expertise, determinado para um protocolo padrão de todas as incompatibilidades apontadas no estudo e seu respectivo nível. Em posse destas informações, foi possível determinar de forma mais precisa o impacto no cronograma físico da obra, assim, avaliando a eficácia da utilização do BIM para um melhor gerenciamento das ações durante a execução de um projeto.

Palavras-Chave: BIM; Cronograma; Incompatibilidades; Prazo;

Abstract

The objective of this article was to carry out an analysis of the BIM methodology aimed at project planning and its efficiency in a high-end steel structure project, located in São Paulo, in order to measure its impact on the project's physical schedule. Therefore, this analysis was carried out through incompatibilities, prevented due to the application of BIM, simulated as design errors that occurred throughout the execution of the project. In this way, a classification and analysis of all project incompatibilities was carried out, classifying levels of severity through the physical impact and complexity of the problem solving. Additionally, a survey was performed with professionals working in the construction industry, to obtain an average deadline for each solution, according to their expertise, determined for a standard protocol of all incompatibilities highlighted in the study and their respective level. Through this methodology it was possible to more accurately determine the impact on the physical schedule of the work, thus evaluating the effectiveness of using BIM for better management of actions during the execution of a project.

Keywords: BIM; Schedule; Incompatibility; Deadline;

Introdução

Nos últimos anos, o setor da construção civil apresentou um alto crescimento e desenvolvimento de mercado. De acordo com os dados do IBGE, em 2019 havia 124.614 empresas de pequeno, médio e grande porte, enquanto que em 2021 este número alcançou 131.955 empresas ativas, ou seja, um aumento de 1,06%. Tal crescimento desencadeou um aumento vertiginoso em projetos e empreendimentos desenvolvidos em um curto período de tempo, ocasionando sobrecarga do setor de produção de projetos.

Por consequência, os projetos tendem a demandar frequentes revisões e compatibilizações entre disciplinas para obtenção de um produto final adequado. No entanto, há uma dificuldade de comunicação das empresas que constituem as disciplinas de um mesmo projeto, assim possibilitando a ocorrência de incompatibilidades e erros projetuais até na fase de execução do projeto.

Segundo a revista americana *The Economist*, (*New wiring, The Economist, January 13th, 2000*) a ineficiência, enganos e atrasos gera um custo de 200 bilhões de dólares anuais para os Estados Unidos. Nesse sentido, o gerenciamento de projetos é fundamental para uma melhor gestão entre as disciplinas e facilitador para que as organizações executem projetos de forma eficaz e eficiente (COSTA, *et al.* 2022).

Levando em consideração o gerenciamento de um projeto, desenvolveu-se o BIM (*Building Information Modeling*). Segundo Eastman (2014), o BIM é uma filosofia de trabalho que integra arquitetos, engenheiros e construtores para a elaboração de um modelo virtual, que gera uma base de dados que contém tanto informações topológicas quanto dados necessários para orçamentos e previsão de insumos para todas as fases da construção. Portanto, o BIM integra o gerenciamento de projetos como um facilitador para compatibilização e intercomunicação entre os envolvidos em um projeto, assim, rastreando incompatibilidades e custos não previstos na viabilização do empreendimento.

A fim de desmembrar e comprovar a eficácia do *Building Information Modeling*, o presente trabalho buscou realizar um estudo de caso de um projeto de uma casa em estrutura metálica, compatibilizado em BIM, e protocolar o impacto de prazo gerado caso a metodologia não fosse aplicada no projeto. Assim, identificando e analisando de forma qualitativa e quantitativa os impactos durante a execução do projeto.

Revisão Bibliográfica

Há diversos fatores que envolvem a execução de uma obra do começo ao fim, desde a ideia conceitual arquitetônica e desenvolvimento dos projetos até a venda e entrega do empreendimento ao cliente. Atualmente as necessidades das construções vêm se modificando e exige-se maior flexibilidade dos parâmetros gerais, bem como menores prazos e custos, o que ocasiona a complexidade e necessidade de atenção voltada à cada detalhe. Para isso surgem constantemente novas ferramentas tecnológicas que buscam trazer maior organização nos processos de gerenciamento e desenvolvimento para garantir resultados finais satisfatórios (ADORNA E MAZUTTI, 2019).

O primeiro fator que impulsiona um melhor desenvolvimento nas etapas de um projeto é o planejamento e gerenciamento adequado. Adorna e Mazutti (2019) ressaltam, que o planejamento de obras deve ser feito previamente e sendo constantemente atualizado conforme o decorrer das etapas. Com isso o gestor responsável, conseguirá tomar atitudes que corrijam a estrutura do planejamento inicial para cada situação específica da obra. Para COSTA *et al.* (2019), os problemas de compatibilidade em projetos têm como principais pilares: um plano gerencial sem qualidade, atraso de entregas, custos acima do previsto em projeto, pouca comunicação no processo, dentre outros problemas de compatibilidade de projetos. Com isso, faz-se necessário a busca por melhoria do processo.

Segundo a *Building Smart*, organização sem fins lucrativos e não governamental de reconhecimento global, o *Building Information Modeling* é uma “representação digital das características físicas e funcionais de uma edificação, que permite integrar de forma sistêmica e transversal às várias fases do ciclo de vida de uma obra com o gerenciamento de todas as informações disponíveis em projeto, formando uma base confiável para decisões durante o seu ciclo de vida, definido como existente desde a primeira concepção até à demolição”.

O BIM, tem impacto nos diferentes âmbitos e fases de um projeto, como abordado na pesquisa de Brito e Ferreira (2015), na qual os profissionais da área da construção civil encontram na ferramenta diversas potencialidades e aplicabilidades para o aprimoramento da gestão em obras. Porém, os custos operacionais e de integração do BIM no ambiente de trabalho são barreiras a serem quebradas em sua implementação. Outras plataformas como o *Autodesk Revit*, que possibilita o desenvolvimento do escopo integrado com o BIM, desde a modelagem até o estudo e gerenciamento do projeto, sendo suas ferramentas de fácil entendimento, e uma das mais usadas e conhecidas da metodologia.

Em um contexto geral, o BIM se aplica como uma espécie de linguagem única dentro do ambiente, possibilitando que todos os envolvidos no projeto entendam o conjunto de informações relacionadas àquela obra, tendo como objetivo reduzir incompatibilidades, integrar as partes da equipe, customizar e otimizar os processos da obra no geral, garantindo melhor análise, prazos e qualidade no desenvolvimento das etapas do empreendimento. Vale ressaltar que, é de extrema importância que todos da equipe do projeto, estejam cientes dos requisitos técnicos, para que o abastecimento de informações na plataforma seja adequado, assim garantindo a clareza dos dados.

Os impactos positivos desta ferramenta são facilmente percebidos na pesquisa realizada com 56 empresas pelo grupo enredes, uma das unidades de negócios da empresa CTE (Centro de Tecnologia de Edificações), que quando questionadas sobre quais os motivos para a necessidade de desenvolvimento do BIM, 75.4% responderam ser devido a qualidade em projeto e 65.6% afirmaram ter um aumento significativo na produtividade.

Deste modo, apesar das boas práticas de planejamento atuais, existe uma barreira que impede o avanço do BIM no mercado. Sua implementação acaba sendo muito onerosa, seja pelo custo de implantação da metodologia, necessidade de profissionais mais qualificados, treinamento das equipes para sua correta utilização, além da necessidade de utilização integrada com os fornecedores, o que faz com que seja mais utilizado por empresas maiores, onde existe uma demanda grande de serviços, sendo possível a diluição do seu custo. No entanto, para empresas de pequeno porte, esta ferramenta não demonstra viabilidade econômica.

Metodologia (ou Materiais e Metodologia)

Durante o ano de 2021 foi desenvolvido um projeto de uma residência de alto padrão localizada no interior da cidade de São Paulo. O empreendimento em destaque, utilizado como material de estudo de caso para o presente trabalho, possui uma área total construída de 1.210,26 m². Os projetos foram fornecidos por uma construtora que solicitou sigilo quanto as informações prestadas.

Adicionalmente, a construtora forneceu os prazos previstos de conclusão da obra. Por meio destes dados, desenvolveu-se um cronograma físico da obra com a ferramenta *MS Project*, com o objetivo de validar o impacto das incompatibilidades no projeto, em dias.

Para elaboração do projeto utilizou-se da metodologia BIM, a fim de garantir a compatibilização entre todos os projetos da residência e proporcionar uma execução sem imprevistos estruturais e arquitetônicos, que provocariam dificuldades de execução e prejuízos físicos e orçamentais ao projeto.

A fim de verificar a eficácia e benefício do BIM aplicado no projeto, efetuou-se uma análise das incompatibilidades de projeto encontradas no anteprojeto, bem como um comparativo com o

cronograma inicial fornecido pelos desenvolvedores do projeto e obra. Identificação que se possibilitou por meio da metodologia BIM e a utilização de *softwares como o Revit e Navisworks*.

De modo a simular a ocorrência de tais incompatibilidades e seu impacto na execução da obra, efetuou-se uma classificação e listagem das incompatibilidades. Para que ocorresse a classificação apropriada dos elementos incompatíveis encontrados em projeto, criou-se protocolos com níveis de gravidade subdivididos em 4 níveis. A seguir é possível verificar um quadro com a especificação da gravidade de cada nível:

Quadro 1 - Níveis de Protocolos

NÍVEL PROTOCOLO	CLASSIFICAÇÃO DE RISCO
N1	INCOMPATIBILIDADES SEM IMPACTOS SIGNIFICATIVOS DE CUSTO E PRAZO, APENAS DIFICULTANDO EXECUÇÃO IN LOCO
N2	SEM INTERFERÊNCIA ESTRUTURAL, PORÉM COM NECESSIDADE DE AQUISIÇÃO DE MATERIAIS E/OU REVISÕES DE PROJETOS
N3	INTERFERÊNCIA ESTRUTURAL, PORÉM SEM NECESSIDADE DE GRANDES REFORÇOS E POSSIBILIDADE DE EXECUÇÃO
N4	INCOMPATIBILIDADES QUE AFETAM DIRETAMENTE À ESTRUTURA E EXISTE NECESSIDADE DE REFORÇOS E/OU MUDANÇA DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS

Fonte: Autor (2023)

Sendo assim, o primeiro nível (N1) é considerado de fácil resolução, com possibilidade de solução rápida in loco com a equipe de obra. Por exemplo, um ponto de interruptor que sobrepõe uma janela, no qual apenas o deslocamento da peça solucionaria o problema. Para concretização da solução seria necessário apenas uma alteração de projeto e autorização do projetista de arquitetura, sem custos excedentes por contemplar um serviço de baixa complexidade e de execução com materiais presentes na obra.

Já para o segundo nível (N2), considerou-se também um caso de baixa complexibilidade, sem intervenção estrutural. Porém, em contrapartida ao N1, este nível necessita de aprovação, revisão de projeto e aquisição pontual de materiais para execução. Para este nível, existe alteração mínima no cronograma. Por exemplo, desvio de tubulação que se encontra em conflito com a fundação.

O terceiro nível (N3), caracteriza casos com intervenções estruturais, que requerem consulta do projetista responsável para solução, esse nível exige atualizações de projeto para execução (*as-built*). Por exemplo, tubulações que cruzam vigas metálicas em sentido horizontal, com viabilidade de furo na alma do perfil conforme previsto na norma NBR 8800 (Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios). Idealmente o perfil deve conter o furo de previsão para passagem, de fábrica, caso o furo exceda o diâmetro e especificações previstas na norma é necessária a troca do perfil.

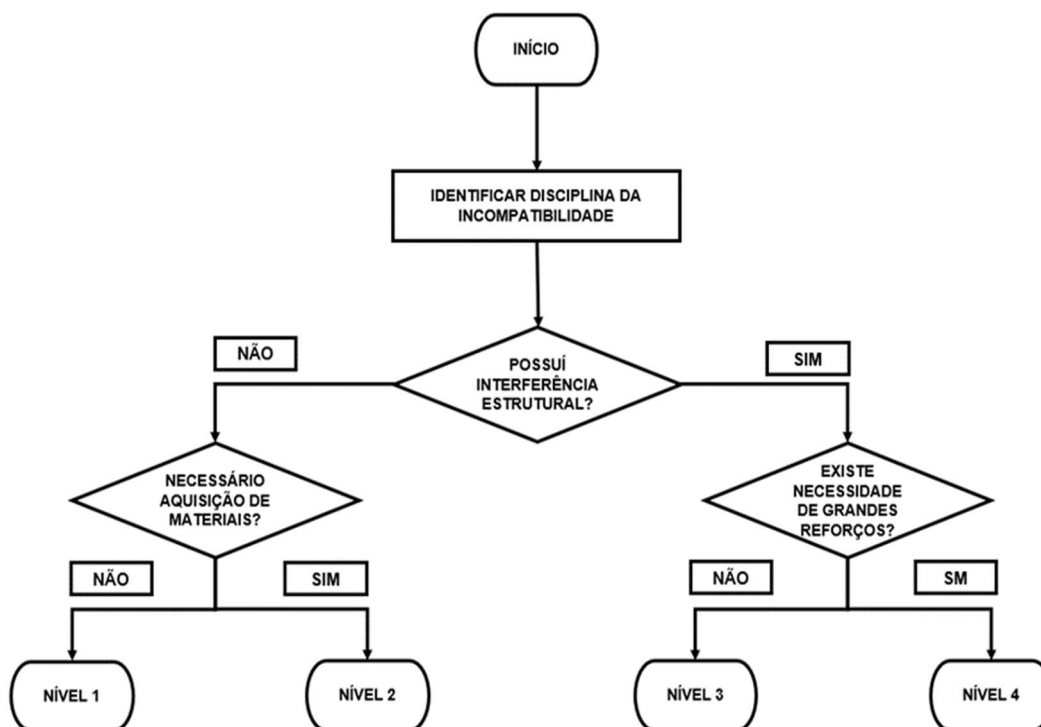
Para o último nível (N4), a complexidade de intervenções que necessitam análises profundas estruturais e de projeto para viabilização da execução, como a emissão de laudos estruturais. De modo que, interferências estruturais com passantes elétricos e hidráulicos estão em condições que não são possíveis furos em perfis e a arquitetura tende a ser prejudicada, em consequência da impossibilidade de mudança estrutural. Como, por exemplo, a criação de um enchimento, bonecas, contra paredes e estruturas de *Drywall* para passagem hidráulica e alteração de perfis para contemplação de furos de

passagem. Contudo, este nível é o de maior impacto em custo e prazo do projeto, contribuindo significativamente para o atraso de obra.

Sendo que, para execução da classificação e desenvolvimento da análise, estabeleceu-se como hipótese a execução de toda a estrutura. De modo que as incompatibilidades foram localizadas apenas no momento de execução do serviço subsequente que a ocasiona.

Sendo assim, seguindo com os protocolos estabelecidos, criou-se o seguinte fluxograma para classificação adequada das incompatibilidades:

Figura 1 - Fluxograma Protocolos



Fonte: Autor (2023)

Após a classificação de todas as 22 incompatibilidades presentes no projeto, com intuito de analisar o impacto destes protocolos no cronograma da obra, elaborou-se uma estrutura analítica de projeto (EAP) para os casos pertencentes a cada nível, conforme figura 2. Após esta etapa, seguiu-se com uma padronização da EAP para cada protocolo a fim da inserção no cronograma e obtenção do atraso médio por impacto de cada nível de gravidade.

Figura 2 - Estrutura Analítica dos Níveis



Fonte: Autor (2023)

Por fim, para obtenção do prazo médio de cada protocolo, realizou-se uma pesquisa com profissionais da área para fidelidade e confiabilidade dos dados. Para a coleta de dados, utilizou-se um formulário com a EAP de cada nível e figuras representando cada protocolo estabelecido anteriormente.

Concluindo o preenchimento e recolhimento dos formulários, foi executado o tratamento dos dados e elaboração dos resultados conforme o atraso médio impactante de cada nível dos protocolos estabelecidos em comparação ao cronograma original proposto para o empreendimento.

Resultados e Discussões

O projeto deste estudo de caso está implementado em um terreno de 4.381,00 m², com área construída de 1.210,26 m² e área verde de 3.170,74 m². Sendo composto por um subsolo, térreo, e pavimento superior. Segue descrição dos ambientes de cada pavimento:

- Subsolo: dormitório para hóspede, adega e sala de empregada;
- Térreo: piscina com deck, varanda gourmet, living integrado, três dormitórios para hóspedes, sauna úmida, cozinha, louçaria, rouparia, lavabo, vestiário de serviço, área técnica e depósito;
- Pavimento superior: três suítes, suíte master com banheira e varanda coberta.
- Área externa: quadra de *beach tennis*, academia e área para instalação de placas fotovoltaicas (painéis solares).

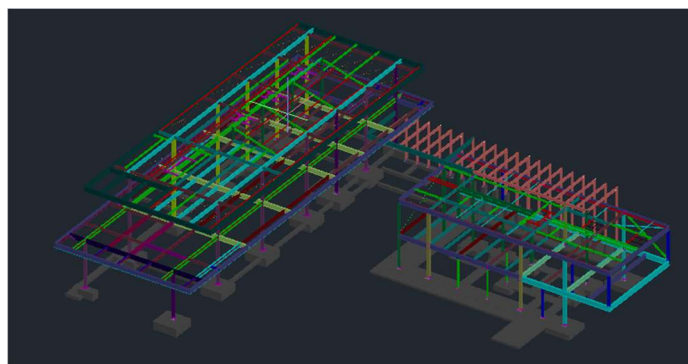
A estrutura do empreendimento tem sua composição em vigas e pilares metálicos totalizando 70 toneladas no térreo e pavimento superior, conforme figura 4, e subsolo em alvenaria estrutural.

Figura 3 - Vista Frontal do Projeto em 3D



Fonte: Construtora (2022)

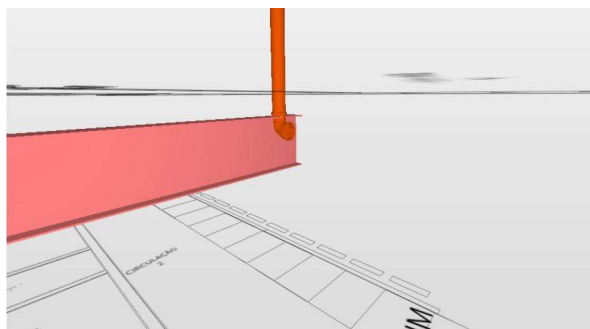
Figura 4 – Estrutura Metálica



Fonte: Construtora (2022)

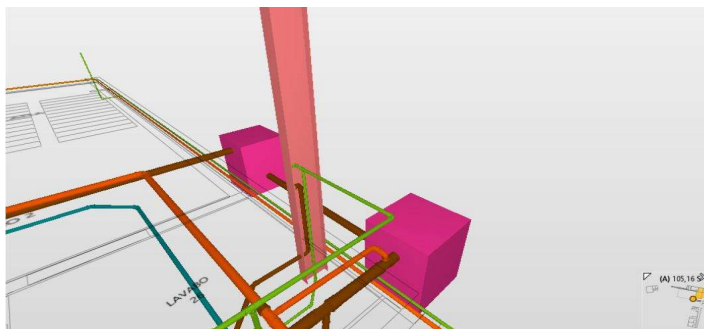
Considerando o projeto em avaliação, para analisar a eficácia e necessidade do BIM aplicado, com as disciplinas de projeto em estudo, realizou-se uma análise das incompatibilidades existentes e identificadas em projeto, devido as discordâncias entre as disciplinas de projeto. Seguem algumas exemplificações das principais incompatibilidades identificadas:

Figura 5 - Colisão de Tubulação de Esgoto com Viga Metálica (Garagem)



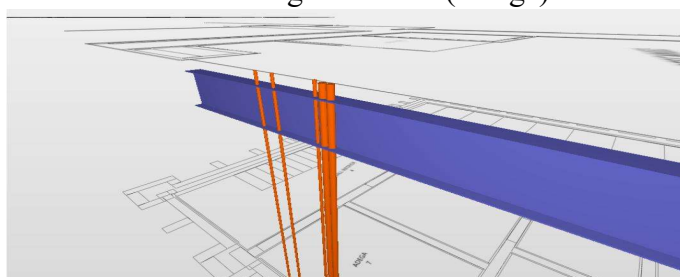
Fonte: Construtora (2022)

Figura 6 - Colisão entre Tubulação da Pia do Lavabo com Pilar Metálico (Térreo)



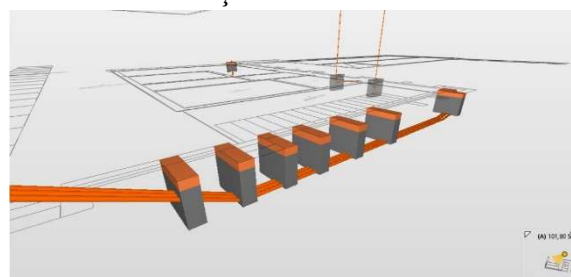
Fonte: Construtora (2022)

Figura 7 - Múltiplas Colisões de Conduítes com Viga Metálica (Adega)



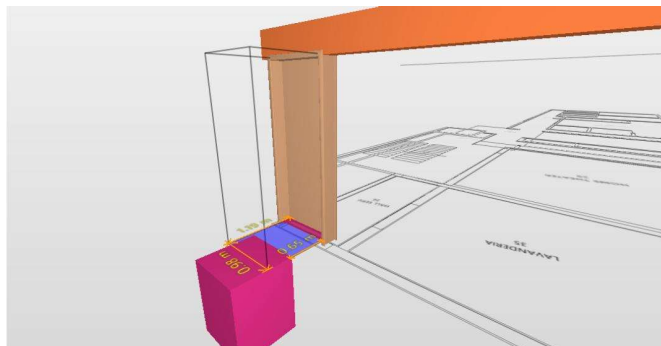
Fonte: Construtora (2022)

Figura 8 - Colisão de Tubulação com Fundação do Edifício



Fonte: Construtora (2022)

Figura 9 - Colisão entre Porta e Caixa de Inspeção



Fonte: Construtora (2022)

Figura 10 - Colisão entre Interruptores e Caixilho da Janela (Cozinha)



Fonte: Construtora (2022)

No projeto, foram identificadas 22 incompatibilidades entre as disciplinas de estrutura, elétrica, hidráulica e arquitetura. Conforme apresentado anteriormente, classificaram-se as incompatibilidades conforme os 4 níveis de protocolos estabelecidos (Quadro 1) e fluxograma esquemático (Figura 1). Na Tabela 1 são listadas todas as incompatibilidades encontradas e classificadas:

Tabela 1 - Classificação das Incompatibilidades

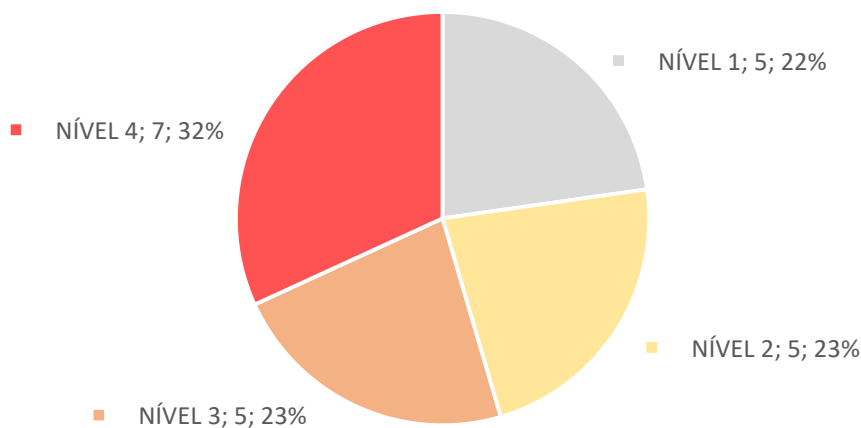
TIPO DE COLISÃO	NÍVEL PROBLEMA	FAMÍLIA	LOCAL
CAIXILHO PORTA X ELETRODUTO	N1	ARQUITETURA X ELÉTRICA	SALA HOME THEATER
JANELA X ELETRODUTO	N1	ARQUITETURA X ELÉTRICA	GARAGEM
CAIXILHO JANELA X ELETRODUTO	N1	ARQUITETURA X ELÉTRICA	COZINHA
PILAR X ELETRODUTO	N1	ESTRUTURA X ELÉTRICA	GARAGEM
ALMA DA VIGA X RALO	N1	ESTRUTURA X HIDRÁULICA	COBERTURA
PORTA X CAIXA DE INSPEÇÃO	N2	ARQUITETURA X HIDRÁULICA	HALL
TUBULAÇÃO AQ X CALHA	N2	ARQUITETURA X HIDRÁULICA	COBERTURAS
ESCADA X TUBULAÇÃO DE AF	N2	ESTRUTURA X HIDRÁULICA	PISCINA
MESA DA VIGA X ELETRODUTO	N2	ESTRUTURA X ELÉTRICA	ADEGA
FUNDAÇÃO X ELETRODUTO	N2	FUNDAÇÃO X ELÉTRICA	GARAGEM
ALMA DA VIGA X TUBULAÇÃO AQ	N3	ESTRUTURA X HIDRÁULICA	HALL
ALMA DA VIGA X ELETRODUTO / ALMA DA VIGA X TUBULAÇÃO	N3	ESTRUTURA X ELÉTRICA	HALL
ALMA DA VIGA X TUBULAÇÃO ESGOTO	N3	ESTRUTURA X HIDRÁULICA	BANHO
ALMA DA VIGA X TUBULAÇÃO AF	N3	ESTRUTURA X HIDRÁULICA	HALL GARAGEM
ALMA DA VIGA X TUBULAÇÃO DE ESGOTO	N3	ESTRUTURA X HIDRÁULICA	CHURRASQUEIRA
LAJE X TUBULAÇÃO X ELETRODUTO	N4	ESTRUTURA X HIDRÁULICA X ELÉTRICA	GARAGEM
ALMA E MESA DA VIGA X TUBULAÇÃO	N4	ESTRUTURA X HIDRÁULICA	GARAGEM
MESA DA VIGA X TUBULAÇÃO DE AP	N4	ESTRUTURA X HIDRÁULICA	ÁREA TÉCNICA
MESA DA VIGA X TUBULAÇÃO DE AP	N4	ESTRUTURA X HIDRÁULICA	DEPÓSITO
ALMA PILAR X TUBULAÇÃO DE AF / ESGOTO	N4	ESTRUTURA X HIDRÁULICA	LAVABO

ALMA DO PILAR X TUBULAÇÃO DE AQ	N4	ESTRUTURA X HIDRÁULICA	QUARTO
TUBULAÇÃO HID. X VIGA	N4	ESTRUTURA X HIDRÁULICA	QUARTO

Fonte: Autor (2023)

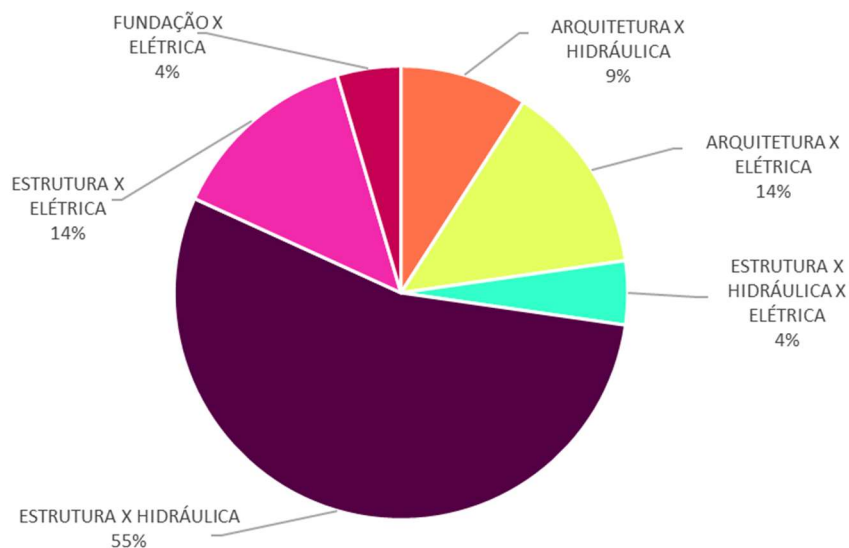
Nesse sentido, observou-se que, dentre as incompatibilidades em estudo, 32% apresentaram altíssimo nível de gravidade (N4), 23% alto nível de gravidade (N3), 23% médio nível de gravidade (N2) e 22% baixo nível de gravidade (N1). Sendo que, a maioria das incompatibilidades (55%) foram erros de compatibilização entre a hidráulica e a estrutura do empreendimento. A partir dos gráficos a seguir é possível identificar estes percentuais e as incompatibilidades entre disciplinas:

Gráfico 1 - Percentual de Incompatibilidades por Nível



Fonte: Autor (2023)

Gráfico 2 - Percentual de Incompatibilidades por Família



Autor: Autor (2023)

Portanto, por meio dos gráficos é possível evidenciar que as disciplinas de hidráulica e elétrica ocasionaram os impactos de discordância interdisciplinar e, por consequência, incompatibilidades de impacto relevante para o desenvolvimento e concretização do projeto. Isto ocorre principalmente pela complexidade das disciplinas e inserção dos elementos somente após a arquitetura e estrutura finalizadas, exigindo uma extensa revisão que é facilitada pelo uso da metodologia BIM.

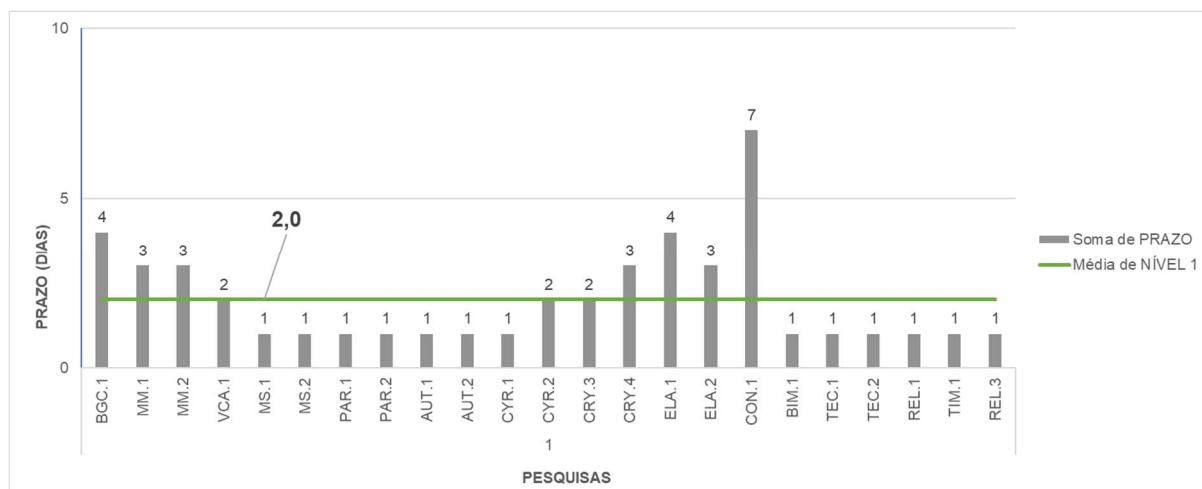
Além disso, é de destaque que por consequência da alta demanda de projetos do mercado, o tempo hábil para modificações e compatibilizações de projetos se torna escasso. Tendo isto em vista, além dos atrasos de liberação entre disciplinas, é evidente que se faz necessário uma metodologia e ferramenta integradora, como é o caso do BIM, para prevenção e compatibilização adequada e ágil dos projetos. Portanto, evitando grandes percentuais de incompatibilidades de disciplinas com desenvolvimento posterior, como é o caso de hidráulica e elétrica.

Por meio da pesquisa de campo, realizada para mensurar o prazo de solução de cada nível de protocolo, chegou-se aos dados expostos no gráfico 3, gráfico 4, gráfico 5 e gráfico 6. Uma vez que para realização da pesquisa foram utilizadas EAPs padronizadas para cada protocolo, com base nas suas respectivas incompatibilidades, e apresentados exemplos das incompatibilidades de cada respectivo nível, a fim de obter um prazo médio coerente para a pesquisa.

A fim de obter um prazo médio para cada protocolo e inserção destes no cronograma do projeto, realizou-se a subdivisão das pesquisas por nível e cálculo do prazo médio para cada protocolo.

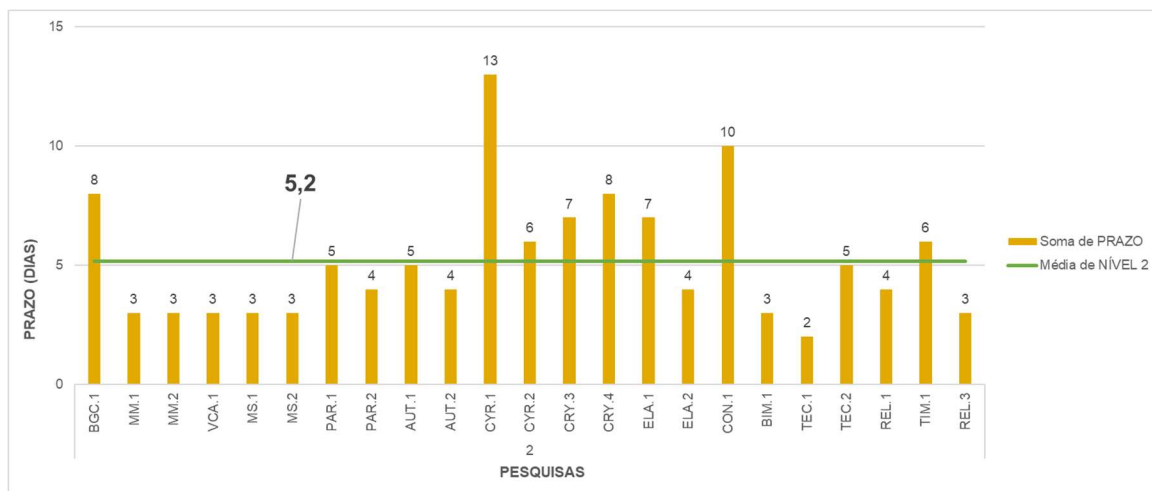
Para o nível 1 dos protocolos, chegou-se a um valor médio de 2 dias para solução das incompatibilidades.

Gráfico 3 – Média de Prazos (Nível 1)



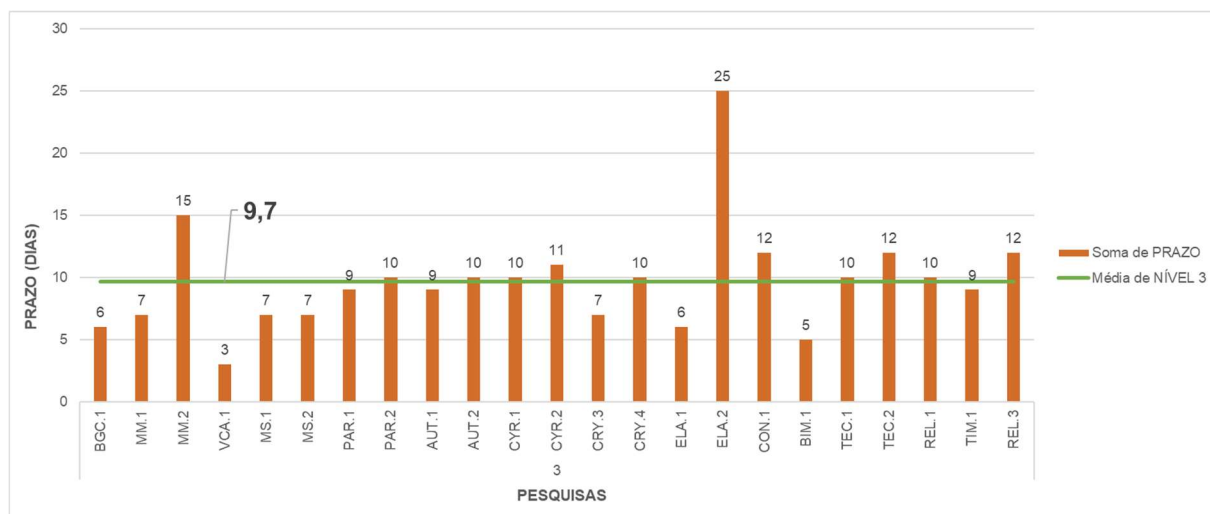
Fonte: Autor (2023)

Gráfico 4 – Média de Prazos (Nível 2)



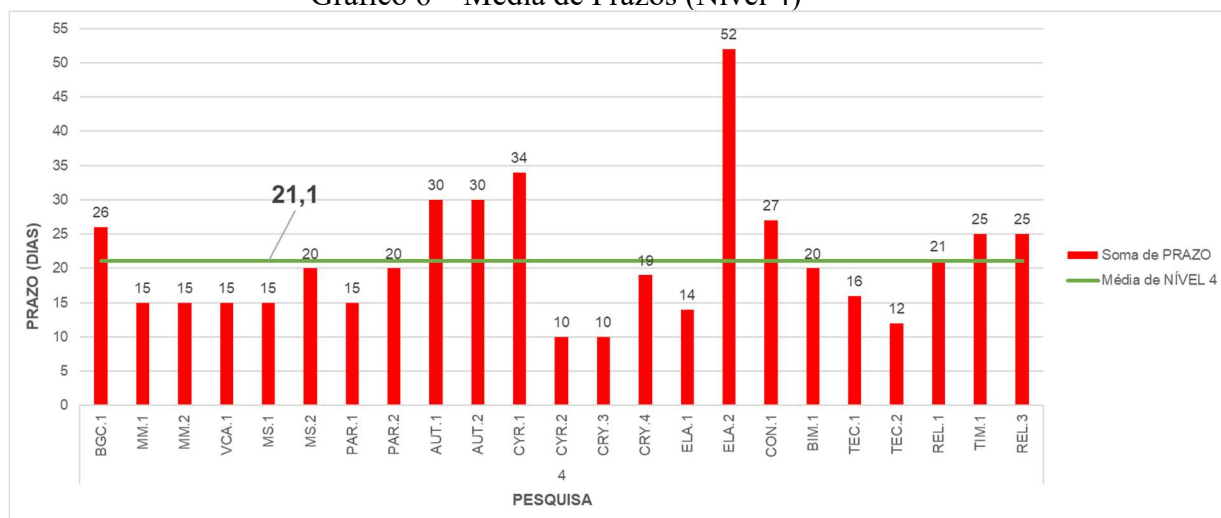
Fonte: Autor (2023)

Gráfico 5 – Média de Prazos (Nível 3)



Fonte: Autor (2023)

Gráfico 6 – Média de Prazos (Nível 4)



Fonte: Autor (2023)

Por meio da pesquisa, verificou-se que as incompatibilidades de nível 4 demandam um extenso período de tempo para adequação, prejudicando gravemente o cronograma e seguimento das atividades em cadeia. O nível 3 apresenta impacto significativo, porém, que é passível de reparo por meio de ajustes no cronograma e reprogramação na execução de demais tarefas para ganho de prazo. Já os níveis 1 e 2, não apresentaram grandes prazos para execução e solução, não ocasionando grandes impactos no projeto devido ao seu baixo nível de complexidade.

Os dados dos prazos médios foram inseridos no cronograma físico da obra, a fim de avaliar o impacto das incompatibilidades no projeto, por nível. Em dias úteis foram considerados: 45 dias para execução da estrutura metálica de 40 toneladas, 264 dias para as instalações elétricas e hidráulicas e 66 dias para os revestimentos internos.

De acordo com os prazos médios de solução dos níveis (D_{nx}) obtidos por meio da pesquisa, executou-se o cálculo do prazo médio pela incidência de incompatibilidades (P_{nx}), conforme a

quantidade de incompatibilidades (N_x) de cada respectivo nível. Abaixo é possível visualização do tempo necessário total para cada incompatibilidade:

$$\begin{aligned}
 P_{nx} &= N_x * D_{nx} \\
 P_{n1} &= 5 * 2 = 10 \text{ dias} \\
 P_{n2} &= 5 * 5,2 = 26 \text{ dias} \\
 P_{n3} &= 5 * 9,7 = 48,5 \text{ dias} \\
 P_{n4} &= 7 * 21,1 = 147,7 \text{ dias} \\
 P_{total} &= \sum P_{nx} = 10 + 26 + 48,5 + 147,7 = 232,2 \text{ dias}
 \end{aligned}$$

Portanto, considerando uma solução em cadeia de cada incompatibilidade, seriam necessários em média 232,2 dias no total para solução adequada de todas as incompatibilidades identificadas no projeto.

Entretanto, em função do prazo total elevado, verificou-se em cronograma a possibilidade de execução das tarefas de diferentes níveis em paralelo. Com a adesão desta premissa, obteve-se um atraso total de 93,8 dias úteis, conforme ilustrado no quadro 2.

A partir do exposto acima, o impacto final no cronograma físico da obra não pressupõe atrasos oriundos de erros na execução da solução, fenômenos da natureza e dias não trabalhados em consequência de feriados ou paralisações. Assim, podendo aumentar o atraso previsto.

Quadro 2 - Impacto de cada Protocolo no Cronograma da Obra

EAP MACRO - PROJETO	SEM NÍVEIS	NÍVEIS 1, 2, 3 e 4
	DURAÇÃO	Duração
CRONOGRAMA FÍSICO - CASA	497 dias	590,8 dias
SERVIÇOS PRELIMINARES	5 dias	5 dias
CONTENÇÕES	212 dias	364,5 dias
FUNDAÇÕES	33 dias	33 dias
REDES	7 dias	12,2 dias
ESTRUTURA	59 dias	109,2 dias
ALVENARIA ESTRUTURAL	5 dias	5 dias
SERVIÇOS INTERNOS GERAIS	69 dias	223,3 dias
SERVIÇOS INTERNOS DO PAVIMENTO INFERIOR	155 dias	244,3 dias
SERVIÇOS INTERNOS DO TÉRREO	311 dias	359,4 dias
SERVIÇOS INTERNOS DO PAVIMENTO SUPERIOR	397 dias	485,6 dias
FACHADA	84 dias	84 dias
GARAGEM	37 dias	41 dias
ÁREAS EXTERNAS	234 dias	240,3 dias
ATRASO EM DIAS :		93,8 dias

Fonte: Autor (2023)

Além do prazo, vale ressaltar também, o custo adicional gerado por essas incompatibilidades. Nesse sentido, foi realizado uma consultoria com profissionais especialistas da empresa AM Consultoria BIM, com o escritório técnico Freire de estruturas de aço de São Paulo, para análise do impacto em reais do projeto, foi avaliado o custo médio para cada nível.

Para a execução principalmente do nível 4, obtivemos um valor de R\$1.000/dia com uma equipe de 4 pessoas para execução de cada furo, R\$100,00/unidade para o material de escoramento por furo, R\$150,00 para os materiais adicionais por furo. Assim, como demonstrado no quadro 3, foi obtido os valores médios por nível, onde haveria um impacto de custo na obra de R\$ 93.486,59.

Quadro 3 – Custo médio por nível

CUSTO PROTOCOLOS	R\$	93.486,59
NÍVEL 1	R\$	1.500,00
NÍVEL 2	R\$	1.890,61
NÍVEL 3	R\$	30.598,79
NÍVEL 4	R\$	59.497,18

Fonte: Autor (2023)

Conclusões

O presente trabalho apresentou a aplicação do *Building Information Modeling* como ferramenta crucial para minimizar o impacto das incompatibilidades em um projeto, classificadas em quadro níveis de gravidade. Verificou-se que o BIM preveniu as incompatibilidades de baixo impacto para o projeto (níveis 1 e 2), que por sua vez não proporcionariam danos significativos ao cronograma da obra. Porém, vale destacar que ambos os dois primeiros níveis ocasionariam retrabalhos e distúrbios na execução dos serviços, fatores impactantes na execução da obra, bem como incompatibilidade de grande impacto para o cronograma da obra (nível 3 e 4), que impactam diretamente e em grandes proporções no prazo final da execução do projeto.

Os impactos proporcionados pelo nível 4 de incompatibilidades provocaram um atraso de meses, este tipo de impacto pode ocasionar na inviabilização do projeto e perda de confiabilidade do cliente com a construtora. Além dos prejuízos financeiros atrelados ao atraso da obra, ocasionando em permanência de equipe na obra, gerando custos excessivos de histograma, perda de concorrências e possível aumento no preço dos insumos ao longo da obra. Logo, é de extrema importância evitar este tipo de incompatibilidade nos projetos executivos e tratá-las no próprio anteprojeto da obra.

Os custos adicionais também afetam na composição no projeto, a análise de custo médio revelou um impacto significativo no valor de R\$ 93.486,59 que englobam despesas de mão de obra e materiais bem como laudo e inspeção de um profissional capacitado. Esse valor, além da composição financeira ser comprometida, não agregando rentabilidade ao cliente e até descredibiliza o profissionalismo da empresa responsável pela execução dos projetos.

Nesse sentido, pode-se concluir que o BIM ao detectar e prevenir as incompatibilidades desde o anteprojeto, apresentou ser uma estratégia eficaz para o gerenciamento e planejamento adequado.

Em resumo, esta análise demonstra a importância do investimento em tecnologias como o BIM e práticas de estudo de projeto que visem a comunicação entre as disciplinas, diminuindo o índice de projetos incompatíveis. A prevenção de incompatibilidades entre as disciplinas, não apenas preserva o cronograma físico como também, diminui o retrabalho e preserva a reputação das empresas envolvidas, pois, evita custos excessivos associados a atrasos significativos e fortalece a confiança com o cliente.

Referências

ADORNA, Diego da Luz; MAZUTTI, Júlia Hein. **Gestão de obras**. Porto Alegre, 2019. Grupo A Educação S.A. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786581492007/pageid/12> . Acesso: 22 abr. 2022.

BRITO, D. M. de; FERREIRA, E. de A. M. **Avaliação de estratégias para representação e análise do planejamento e controle de obras utilizando modelos BIM 4D**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 15, n. 4, p. 203-223, out./dez. 2015. Disponível em: “<https://doi.org/10.1590/s1678-86212015000400047>”. Acesso em: 20 abr. 2022.

CHUCK EASTMAN et al. **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. 1.ed. Porto Alegre: Bookman, 2014. 483 p.

COSTA, G. M. da .; LEITE, F. R. de S.; VIRGÍNIO, I. P.; SILVA JÚNIOR, E. L. da. **Project compatibility with the aid of BIM: analysis of cost reduction in a social housing project. Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. e16411124625, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i1.24625. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/24625>. Acesso em: 21 apr. 2022.

ENREDES. **Jornada da Construção Digital – Integração da Cadeia da Construção com o Modelo BIM**. São Paulo, SP. [s.d.].

IBGE. **Pesquisa Anual da Indústria da Construção**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/industria/9018-pesquisa-anual-da-industria-da-construcao.html?=&t=resultados>. Acesso em: 23 abr 2022.

Max Lira Veras X. de ANDRADE; Regina Coeli RUSCHEL. **“BIM: Conceitos, Cenário das pesquisas publicadas no brasil e tendências”**. Disponível em: <https://www.academia.edu/download/54863246/166-744-1-PB.pdf>. Acesso: 21 abr. 2022.

MENEGARO, Bruna Ferreira; PICCININI, Ângela Costa. **Aplicação da Metodologia BIM (Building Information Modeling) no Processo de Projeto, com Foco em Compatibilização**. 2017; Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/5878/1/BrunaFerreiraMenegaro.pdf> . Acesso: 23 abr. 2022.

NEW Wiring. **The Economist**, New York, 13th, 2000. Disponível em: <https://amp.economist.com/business/2000/01/13/new-wiring>. Acesso em: 23 abr 2022.

RCDI+S. REDE CONSTRUÇÃO DIGITAL, INDUSTRIALIZADA E SUSTENTÁVEL et. al. **BIM: Building Information Modeling**, v.01. São Paulo: CTE, 2023, 73 p. Acesso em: 12 nov. 2023.