

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE GOIÁS – UNIGOIÁS
PRÓ-REITORIA DE ENSINO PRESENCIAL – PROEP
SUPERVISÃO DA ÁREA DE PESQUISA CIENTÍFICA - SAPC
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**IMPORTÂNCIA DA METODOLOGIA BIM NO PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO
E FINANCEIRO DE OBRAS DE ALTO PADRÃO RESIDENCIAIS**

JOÃO MARCOS FRANÇA ALVES
ORIENTADOR: Ma. RAQUEL FRANCO BUENO

GOIÂNIA
Outubro/2024

IMPORTÂNCIA DA METODOLOGIA BIM NO PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO E FINANCEIRO DE OBRAS DE ALTO PADRÃO RESIDENCIAIS

João Marcos França Alves
Raquel Franco Bueno

Resumo: O trabalho aborda a aplicação do Building Information Modeling (BIM) no planejamento estratégico e financeiro de construções residenciais de alto padrão, evidenciando seus benefícios, desafios e impacto no mercado brasileiro. O BIM é apresentado como uma metodologia colaborativa que permite a integração de diferentes disciplinas da construção em um modelo digital, promovendo eficiência e redução de custos. Os resultados destacam que o BIM melhora a compatibilização de projetos, reduzindo retrabalhos e custos não previstos. Na análise de 370 projetos de um edifício residencial em Goiânia, foram identificadas 187 incompatibilidades que, sem o uso do BIM, poderiam impactar negativamente o cronograma e o orçamento. A aplicação do BIM permitiu uma economia significativa, otimizando recursos e mitigando atrasos. Apesar dos desafios, como a necessidade de treinamento e padronização, o trabalho conclui que o BIM é uma ferramenta estratégica para o setor, especialmente em empreendimentos de alto padrão, onde precisão, sustentabilidade e qualidade são fundamentais. A pesquisa reforça a relevância da adoção do BIM na construção civil brasileira, destacando suas contribuições para a transformação digital e melhoria contínua do setor.

Palavras-chave: BIM. Incompatibilidade. Retrabalho. Custo. Prazo.

Introduction of BIM in the Strategic and Financial Planning of High-End Residential Projects

Abstract: This study examines the application of Building Information Modeling (BIM) in the strategic and financial planning of high-end residential construction, highlighting its benefits, challenges, and impact on the Brazilian market. BIM is presented as a collaborative methodology that integrates different construction disciplines into a digital model, enhancing efficiency and reducing costs. The results show that BIM improves project compatibility by minimizing rework and unforeseen expenses. An analysis of 370 projects for a residential building in Goiânia identified 187 incompatibilities that, without BIM, could have negatively impacted the schedule and budget. The adoption of BIM enabled significant savings, optimizing resources and mitigating delays. Despite challenges such as the need for training and standardization, the study concludes that BIM is a strategic tool for the sector, especially in high-end developments where precision, sustainability, and quality are essential. The research underscores the importance of BIM adoption in Brazilian construction, highlighting its contributions to digital transformation and continuous improvement in the industry.

KEYWORDS: BIM. Incompatibility. Rework. Cost. Deadline

1. INTRODUÇÃO

A construção civil é uma das indústrias mais importantes e influentes da sociedade moderna, desempenhando um papel fundamental no desenvolvimento urbano e econômico. Contudo, essa indústria também enfrenta desafios significativos, como custos elevados, prazos apertados e a crescente demanda por práticas sustentáveis e eficientes (Cavalcanti, 2017; Pereira et al., 2020). Neste contexto, a introdução do *Building Information Modeling* (BIM) tem se destacado como uma abordagem inovadora capaz de transformar o planejamento estratégico e financeiro de projetos residenciais de alto padrão.

O BIM oferece uma metodologia integrada e colaborativa para o desenvolvimento de projetos, possibilitando maior precisão na visualização, análise e gestão de informações ao longo de todo o ciclo de vida do empreendimento. Estudos mostram que sua aplicação em projetos de alto padrão contribui para a redução de retrabalhos, otimização de custos e aumento da qualidade final das construções (Souza & Silva, 2018; Andrade et al., 2019). Assim, este trabalho busca analisar os impactos, desafios e oportunidades da adoção do BIM em projetos residenciais de luxo no Brasil, destacando sua relevância para atender às demandas do mercado contemporâneo.

A hipótese deste estudo é que a introdução do *Building Information Modeling* (BIM) no planejamento estratégico e financeiro de projetos residenciais de alto padrão melhorará significativamente a eficiência, qualidade e sustentabilidade dos projetos. Espera-se que a adoção do BIM proporcione melhor integração entre as diferentes etapas do processo construtivo, reduzindo custos e encurtando prazos de construção. Além disso, espera-se que o uso do BIM facilite a comunicação e a colaboração entre as partes interessadas do projeto, levando a decisões mais informadas e ao alinhamento com os objetivos do projeto. Além disso, espera-se que a implementação do BIM contribua para o desenvolvimento de uma cultura de inovação e melhoria contínua nas organizações da indústria da construção, aumentando assim a competitividade e a sustentabilidade do mercado.

O presente trabalho veio demonstrar os impactos de se utilizar a metodologia BIM em uma obra de alto padrão em Goiânia, demonstrando erros de projeto e incompatibilidades as quais seriam notados no momento da execução do serviço, gerando assim retrabalhos ou até modificações gerais de projetos.

O objetivo geral dessa pesquisa é apontar de forma amostra as inconformidades de projetos, quantificar retrabalhos e planejar o tempo necessários para realiza-los e consequentemente analisar os pontos negativos que isso irá gerar para obra e no seu prazo de entrega.

2 MATERIAIS E MÉTODO

A pesquisa utilizará uma abordagem qualitativa e buscará compreender a fundo as percepções, experiências e opiniões dos profissionais da construção sobre a introdução do *Building Information Modeling* (BIM) no planejamento estratégico e financeiro de projetos residenciais de alto padrão. A escolha de uma abordagem qualitativa permitiu-nos explorar as nuances e complexidades do fenômeno em estudo, resultando numa análise mais rica e realista.

A pesquisa analisará uma obra vertical de 30° pavimento localizada no Setor Bueno de Goiânia com 1.500,00 m² de terreno e mais de 18.000,00 m² de construção ao término da obra, 4 apartamentos que vão de 88m² a 120m² com personalizações livres e opções de planta a disposição do cliente.

A presente obra conta com mais 1000 projetos distribuídos de forma geral, porém para o estudo de caso, limitou-se a pesquisa a 370 projetos gerais de 12 disciplinas diferentes, pranchas nas quais o serviço será feito de forma geral no empreendimento e realizando a compatibilização 3D entre elas.

Na Figura 1, a seguir, são apresentadas as duas fachadas laterais do empreendimento em estudo. No Anexo A, podem ser vistos o layout do pavimento tipo, nos quais são 4 unidades por laje indo de 91m² a 122m² contando com mais dois duplex de mais de 210m² nos dois últimos andares.

Figura 1. Fachadas laterais do objeto em estudo



Fachada Lateral Esquerda



Fachada Lateral Direita

Fonte: Empresa parceira (2024).

2.1 Projetos

Para quantificar os dados, foram analisados os projetos de 12 disciplinas, apresentadas na Tabela 1, e a quantidade de projetos na Tabela 2.

Tabela 1. Disciplinas utilizadas na análise de dados.

DISCIPLINAS	ARQUIVOS USADOS PARA ANÁLISE
Arquitetura	NAT_ARQ_LO_EMB_R00 NAT_ARQ_LO_4PV_R000 NAT_ARQ_LO_5PV_R00 NAT_ARQ_LO_8PV_R00 NAT_ARQ_LO_COB_R00
Estrutura	NAT-EST-LO-GER-R00
Hidrossanitário	NAT-HSP-LO-GER-R00 NAT-HSP-LO-TIP-R00 NAT-HID-LO-GER-R00 NAT-HID-LO-TIP-R00
Gás	NAT-HGA-LO-GER-R00 NAT-HGA-LO-TIP-R00
Incêndio	NAT-HIN-LO-GER-R00 NAT-HIN-LO-TIP-R00
Climatização	NAT-CLI-LO-GER-R00 NAT-CLI-LO-TIP-R00
Pressurização	NAT-CPR-PE-GER-R00
Elétrica	NAT-ELE-LO-10000-GER-R01 NAT-ELE-LO-10001-TIP-R01
Sistemas	NAT-ELS-LO-10000-GER-R01 NAT-ELS-LO-10001-TIP-R00
SDAI	NAT-SDA-LO-10000-GER-R01
SPDA	NAT-EPR-LO-10000-GER-R01
Interiores	NAT-AIT-PE-10000-1SS-R03 NAT-AIT-PE-10100-TER-R03 NAT-AIT-PE-10200-1GA-R03 NAT-AIT-PE-10300-2GA-R03 NAT-AIT-PE-10400-LAZ-R03 NAT-AIT-PE-10500-4TP-R03 NAT-AIT-PE-10600-TIP-R03 NAT-AIT-PE-10700-28P-R03 NAT-AIT-PE-10800-29P-R03

Fonte: Autor (2024).

2.2 Incompatibilidades

O estudo de inconformidades desse empreendimento baseou-se no cruzamento de projetos gerais para que os problemas macros fossem apontados de forma que a equipe de engenharia se programasse para realização desses retrabalhos ou até evitá-los. Para isso, foi gerado um relatório com incompatibilizações de projetos, analisando exclusivamente 27 projetos gerais e desconsiderando os projetos personalizados e detalhamentos de cômodos e ambientes, tanto dos apartamentos quanto das áreas comuns.

A limitação da análise aos projetos gerais, embora eficiente para identificar problemas de maior escala, pode deixar lacunas relevantes no processo de compatibilização. Projetos personalizados e detalhamentos de ambientes, por exemplo, frequentemente apresentam conflitos específicos que, se não forem tratados, podem resultar em retrabalhos onerosos e atrasos durante a execução da obra. Estudos destacam que o uso do BIM pode otimizar esse processo ao permitir que todos os níveis de detalhamento sejam integrados no mesmo modelo, promovendo uma análise mais abrangente (Santos & Lima, 2020).

Além disso, a elaboração de relatórios com base em metodologias manuais ou parciais pode ser substituída por ferramentas automatizadas, capazes de identificar incompatibilidades em tempo real. A adoção dessas tecnologias, somada à análise dos projetos detalhados, potencializa a eficiência da gestão de obras, especialmente em empreendimentos de alto padrão, onde a precisão nos acabamentos é essencial para atender às expectativas dos clientes (Costa & Almeida, 2022). Assim, a ampliação do escopo da análise para incluir projetos personalizados é uma recomendação que pode agregar valor ao processo, minimizando custos e aumentando a qualidade do produto final.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O referencial teórico constitui a base conceitual e científica para a investigação do tema proposto. Nesta seção, serão apresentados os principais conceitos, teorias e pesquisas relacionadas à introdução do Building Information Modeling (BIM) no planejamento estratégico e financeiro de obras de alto padrão residencial.

Inicialmente, é importante compreender o que é o BIM e como ele tem sido aplicado na indústria da construção civil. Conforme definido por Eastman et al. (2011), o BIM é um processo colaborativo baseado em modelos digitais que oferece uma representação virtual abrangente de um empreendimento, incluindo geometria, propriedades físicas e funcionais. Essa abordagem integrada permite uma melhor visualização, análise e simulação do projeto, contribuindo para uma tomada de decisão mais informada e eficaz ao longo do ciclo de vida da construção.

Além disso, diversos estudos têm destacado os benefícios do BIM para o planejamento estratégico e financeiro de obras residenciais. Segundo Singh et al. (2018), a adoção do BIM pode levar a uma redução significativa nos custos de construção e operação, além de melhorias na eficiência e na qualidade dos projetos. Essas vantagens são especialmente relevantes em empreendimentos residenciais de alto padrão, onde a demanda por inovação, sustentabilidade e qualidade é ainda mais premente.

No entanto, a implementação do BIM também enfrenta desafios e obstáculos que precisam ser superados. Pesquisas como as de Barlish e Sullivan (2012) destacam questões relacionadas à interoperabilidade de sistemas, padronização de processos e capacitação de profissionais como alguns dos principais desafios enfrentados na adoção do BIM. Portanto, é essencial considerar esses aspectos ao investigar a introdução do BIM em obras residenciais de alto padrão, visando mitigar possíveis dificuldades e maximizar os benefícios dessa tecnologia.

Além das questões técnicas e operacionais, é importante também considerar o contexto regulatório e econômico em que a implementação do BIM ocorre. Dados oficiais do setor da construção civil, como os fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), podem fornecer insights valiosos sobre as tendências e desafios do mercado imobiliário de alto padrão no Brasil, ajudando a contextualizar a pesquisa e fundamentar suas conclusões.

3.1 Conceito e Aplicações do BIM

O BIM é uma metodologia de trabalho que envolve a criação e o uso de modelos digitais inteligentes para apoiar o planejamento, projeto, construção e gestão de edificações e infraestruturas. Segundo Azhar et al. (2011), o BIM vai além do simples desenho em CAD, incorporando informações geométricas, físicas e funcionais dos elementos construtivos, o que permite uma melhor compreensão e coordenação entre os diferentes profissionais envolvidos em um projeto. Essa abordagem colaborativa e integrada tem sido amplamente adotada em diversos países e setores da indústria da construção, incluindo obras residenciais de alto padrão.

3.2 Benefícios do BIM no Planejamento Estratégico e Financeiro

A introdução do BIM tem potencial para trazer uma série de benefícios para o planejamento estratégico e financeiro de obras residenciais de alto padrão. Pesquisas como as de Succar (2009) destacam a capacidade do BIM de reduzir retrabalhos, minimizar conflitos de projeto, otimizar processos de construção e facilitar a comunicação entre os membros da equipe. Além disso, o BIM pode proporcionar uma visão mais precisa e abrangente dos custos e prazos do projeto, ajudando os gestores a tomar decisões mais embasadas e alocar recursos de forma mais eficiente.

3.3 Desafios e Obstáculos na Implementação do BIM

Apesar dos benefícios potenciais, a implementação do BIM também enfrenta desafios e obstáculos que precisam ser superados. Estudos como os de Teicholz (2010) e Eastman et al. (2011) destacam questões relacionadas à interoperabilidade de softwares, padronização de processos, treinamento de equipe e resistência à mudança como alguns dos principais desafios enfrentados pelas organizações na adoção do BIM. Portanto, é fundamental considerar esses aspectos ao planejar e implementar o BIM em obras residenciais de alto padrão, visando maximizar seus benefícios e minimizar seus impactos negativos.

3.4 Contextualização do Mercado Imobiliário de Alto Padrão no Brasil

No contexto brasileiro, o mercado imobiliário de alto padrão tem passado por significativas transformações, impulsionadas pelo crescimento econômico, aumento da renda da população e demanda por moradias de luxo. Dados do IBGE e da CBIC mostram que as grandes cidades brasileiras, como São Paulo, Rio de Janeiro e Goiânia, têm sido os principais centros de desenvolvimento de empreendimentos residenciais de alto padrão, com um aumento significativo no lançamento e na comercialização de unidades nos últimos anos. Essa tendência

coloca em evidência a importância de investigar e compreender as práticas e tendências do mercado imobiliário de luxo no Brasil, bem como as oportunidades e desafios para a implementação do BIM nesse contexto específico.

3.5 Incompatibilidades

Incompatibilidades em obras verticais referem-se a problemas ou falhas na integração entre diferentes sistemas, materiais, métodos construtivos ou equipes em um edifício em construção. Essas incompatibilidades podem ocorrer entre estruturas, sistemas hidráulicos, elétricos, de ventilação e acabamentos, gerando atrasos, retrabalhos e aumento de custos. Entre as causas comuns estão: falta de coordenação e comunicação entre equipes, erros em projetos, mudanças de escopo e a ausência de planejamento adequado. A compatibilização, feita por meio de ferramentas como o BIM (Building Information Modeling) e reuniões de alinhamento entre equipes, é essencial para evitar esses problemas e garantir a qualidade e segurança da obra.

3.6 Introdução dos softwares no Brasil

A introdução dos softwares BIM representou uma transformação significativa na indústria da construção. No Brasil, sua adoção inicial foi gradual, começando no final do século XX e ganhando momentum nos anos 2000. Desde então, o uso desses softwares tem crescido de forma consistente, sendo reconhecido como uma ferramenta essencial para aprimorar a eficiência e qualidade dos projetos de construção no país (Sacks & Barak, 2017).

Segue uma lista dos principais softwares utilizados no Brasil.

- Autodesk Revit:

Positivos: Interface amigável, ampla gama de ferramentas integradas, integração com outros softwares Autodesk.

Negativos: Requer hardware potente para desempenho ideal, curva de aprendizado inicial para usuários novos.

- ArchiCAD:

Positivos: Fluxo de trabalho intuitivo, forte em modelagem paramétrica, boa interoperabilidade com outros softwares.

Negativos: Menos comum no mercado brasileiro, suporte técnico pode ser limitado, custo inicial pode ser elevado.

- Vectorworks Architect:

Positivos: Interface personalizável, abrangência em design arquitetônico, bons recursos de visualização.

Negativos: Menos recursos para engenharia estrutural, curva de aprendizado inicial, menos plugins disponíveis em comparação com outros softwares.

- TQS:

Positivos: Especializado em engenharia estrutural, integração com softwares de análise estrutural, foco em normas brasileiras.

Negativos: Menos versatilidade para outros aspectos do projeto além da estrutura, interface pode ser menos amigável para usuários iniciantes, custo inicial pode ser alto.

3.7 Processo de implementação do BIM

O processo de incorporação de um empreendimento segue um fluxo bem definido, que se inicia pela concepção e esboços dos projetos base. Estes projetos servem como fundamento para a elaboração dos projetos complementares em formato executivo, que serão, posteriormente, liberados para a execução da obra (Silva & Andrade, 2019)..

RESUMO DE FLUXO:

Estudo Preliminar → Programa de Necessidades → Estudo de Viabilidade → Anteprojeto → Projeto Legal → Projeto Executivo → **Compatibilização dos Projetos** → Planejamento e Orçamentação → Entrega do Projeto Executivo

Nesse contexto, a etapa de compatibilização de projetos desempenha um papel crucial para evitar conflitos entre os diferentes sistemas construtivos e garantir a eficiência na execução da obra. É justamente nessa fase que o *Building Information Modeling* (BIM) se insere, proporcionando ferramentas para o desenvolvimento integrado do empreendimento. A metodologia BIM divide sua participação em cinco etapas principais: entregas do modelo, reuniões de modelo, coordenação do modelo, padronização e entrega final (Santos et al., 2021).

A aplicação do BIM na compatibilização de projetos permite a detecção precoce de interferências entre disciplinas como estrutura, instalações elétricas e hidráulicas. Essa capacidade de prever e corrigir problemas antes do início da obra reduz significativamente os custos com retrabalho e atrasos, além de contribuir para uma maior assertividade no planejamento financeiro e físico do empreendimento (Pereira & Lima, 2020). Além disso, a utilização do BIM nessa etapa fortalece a colaboração entre as equipes envolvidas, promovendo uma comunicação mais clara e eficiente entre arquitetos, engenheiros e outros profissionais (Souza & Carvalho, 2018).

Portanto, o uso da metodologia BIM na compatibilização não apenas aprimora o processo de gestão de projetos, mas também agrega valor ao produto final. Em projetos residenciais de alto padrão, onde a precisão e a qualidade são imperativas, o BIM se destaca como uma ferramenta estratégica para atender às demandas de um mercado cada vez mais exigente e competitivo (Costa & Almeida, 2022).

A crescente adoção do BIM no Brasil tem sido impulsionada por iniciativas governamentais e privadas que buscam padronizar e regulamentar o uso dessa metodologia, especialmente em projetos de grande porte e alta complexidade. A disseminação de boas práticas e a capacitação de profissionais são elementos-chave para a consolidação do BIM no mercado nacional, favorecendo sua aplicação em todas as etapas do ciclo de vida de um empreendimento (Mendes & Oliveira, 2021).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos tópicos a seguir, serão apresentadas e discutidas, de forma detalhada, as questões fundamentais, abordando individualmente os pontos relevantes para uma análise mais completa.

Cada indicador será avaliado de maneira específica, proporcionando uma visão clara sobre seu desempenho e impacto nos resultados. Além disso, serão explorados os resultados obtidos em cada caso, permitindo uma compreensão aprofundada de como cada indicador contribui para o cenário geral.

4.1 Levantamento das inconformidades

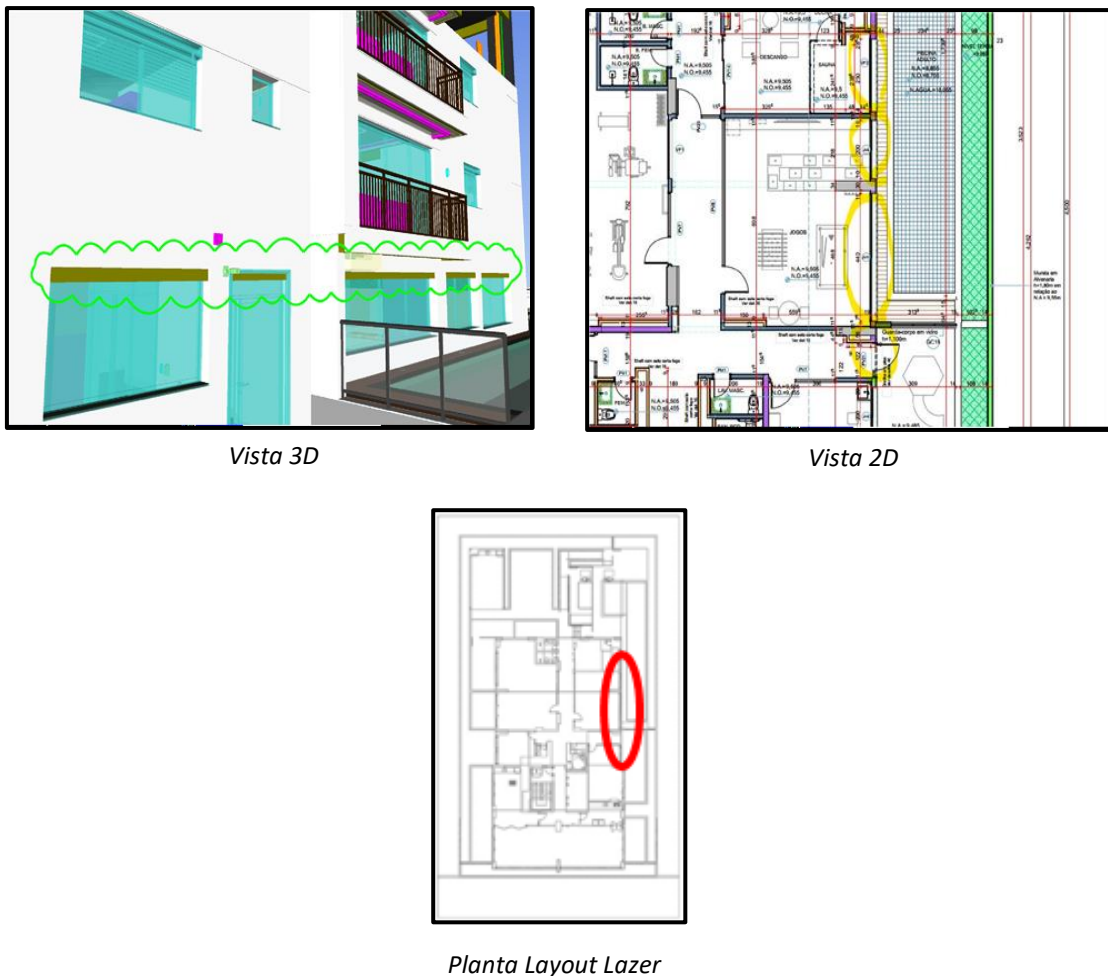
Seguindo com o estudo, frisou-se erros mais graves em algumas disciplinas e os impactos que eles podem gerar caso a compatibilização em BIM não fosse realizada.

4.1.1 Projeto estrutural

Quando o projeto estrutural está desalinhado com o arquitetônico, podem surgir problemas como perda de estética, aumento de custos e atrasos na obra. A compatibilização entre ambas as áreas é crucial para evitar retrabalho e garantir que o prédio seja funcional, seguro e eficiente. E nessa compatibilização foi notado 32 incongruências junto as demais disciplinas. Vide exemplo na figura 02.

- Incompatibilidade: nas janelas (espaço kids, salão de jogos e sauna) conflitando com viga 504 no 3º pavimento (lazer).
- Solução Adotada: Redimensionamento da viga 504, para que as alturas das esquadrias sejam mantidas como projeto.
- Retrabalho evitado: Pedido errado das esquadrias dos três ambientes em questão (contra-marco, esquadrias de alumínio, esquadrias de madeira e janelas)

Figura 2. Vista 3D e 2D do problema em questão



4.1.2 Projeto Arquitetônico

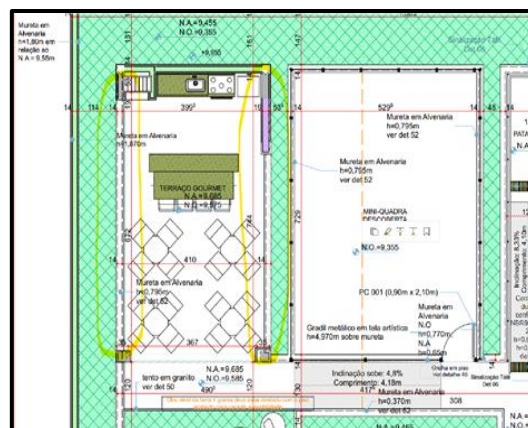
O projeto arquitetônico é a base de qualquer empreendimento, pois define a forma, estética, funcionalidade e distribuição dos espaços. A falta de compatibilidade com outras disciplinas, como estruturas e instalações, pode gerar retrabalhos, atrasos e até comprometer a viabilidade do projeto. Analisando esses aspectos, a laudo de compatibilização notou 33 inconformidades de projetos junto as demais disciplinas. Segue exemplo de incompatibilidade na figura 03.

- Incompatibilidade: Divergência entre arquitetura e estrutura do espaço gourmet no lazer, diminuindo os vãos laterais do ambiente.
- Solução Adotada: Alteração nos tamanhos das esquadrias laterais para que possam seguir vão realizado in-loco.
- Retrabalho evitado: Pedido errado das esquadrias do ambiente em questão (contra-marco e janelas).

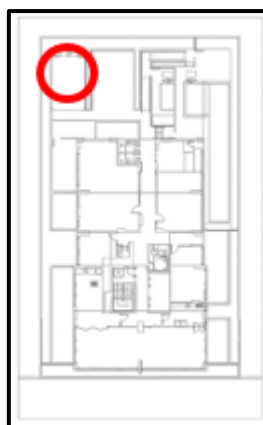
Figura 03. Vista 3D e 2D da incompatibilidade em questão



Vista 3D



Vista 2D



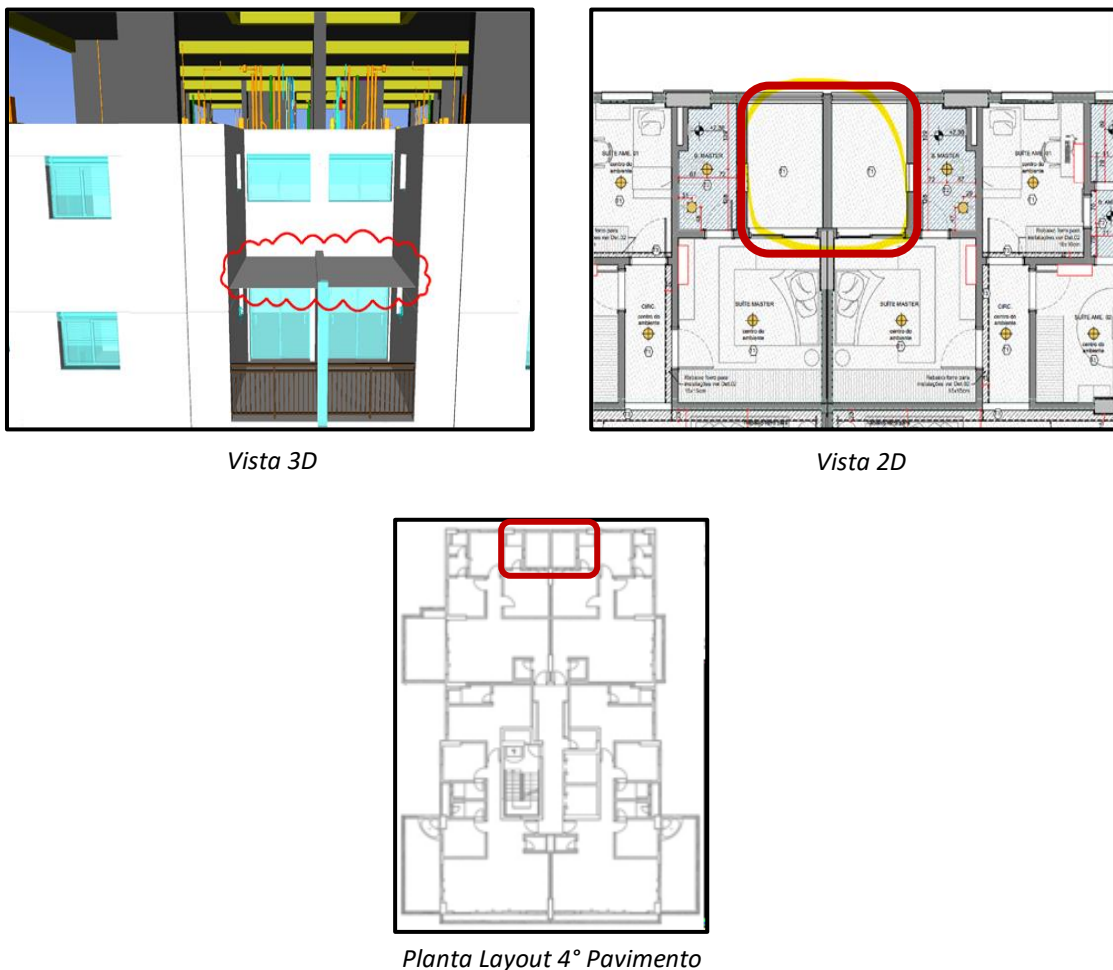
Planta Layout Lazer

4.1.3. Projeto de interiores

O projeto de interiores complementa o arquitetônico ao detalhar a organização dos ambientes internos, desde a escolha de materiais, mobiliários e acabamentos até a ergonomia dos espaços. Quando não alinhado com as demais disciplinas, pode resultar em interferências como pontos elétricos e hidráulicos mal posicionados, impactando o conforto e a usabilidade. Vendo sua importância nos detalhes, a análise do relatório registrou um total de 39 erros de projeto. Segue cortes do projeto na figura 04.

- Incompatibilidade: Varandas final 03 e 04 do 4º pavimento sem previsão de forro.
- Solução Adotada: Chamada junto a equipe de projetos para modelar projeto de forro e disponibilizar na pasta de projeto interiores.
- Retrabalho evitado: Ter de remobilizar de volta uma equipe de forro para execução do serviço, aumentar aditivo para serviço se não for previsto com antecedência.

Figura 04. Vista 3D e 2D da incompatibilidade em questão

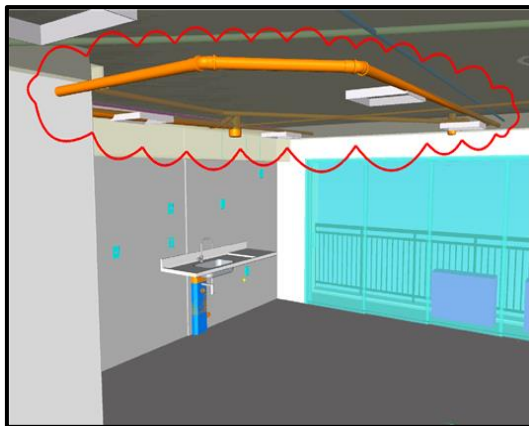


4.1.4. Projeto hidráulico

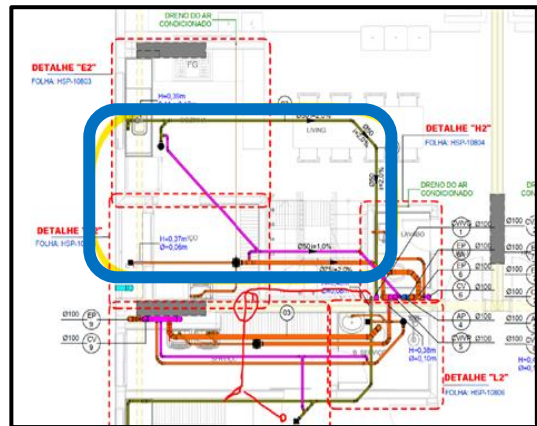
O projeto hidráulico planeja o abastecimento de água e o escoamento de esgoto de maneira eficiente e sustentável. Um projeto inadequado pode causar vazamentos, desperdício de água e até falhas estruturais devido a infiltrações. É imprescindível que esteja em harmonia com os outros projetos, como o arquitetônico, para garantir que tubulações e reservatórios sejam corretamente posicionados e acessíveis. E nessa compatibilização foi notado 43 incongruências junto as demais disciplinas. Vide exemplo na figura 05.

- Incompatibilidade: As caixas sifonadas estão conflitando com o forro no teto da sala/cozinha dos apartamentos final 03 e final 04.
- Solução Adotada: Revisão de projeto HSP com reposicionamento de ex. Sifonadas.
- Retrabalho evitado: Furos em laje, aditivo de material mais mão de obra, revisão do projeto de forro.

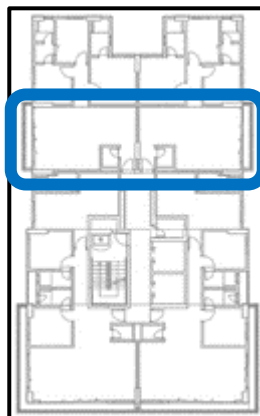
Figura 05. Vista 3D e 2D da incompatibilidade em questão



Vista 3D



Vista 2D



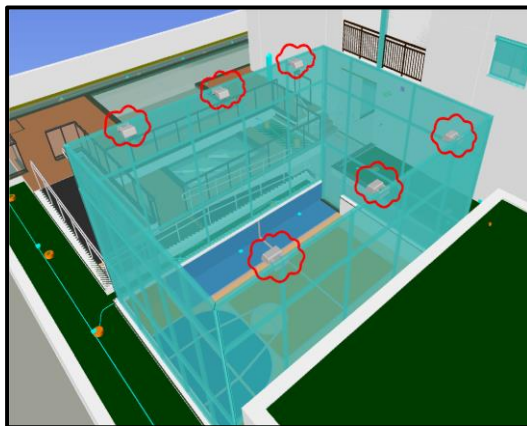
Planta Layout Tipo

4.1.5 Projeto Elétrico

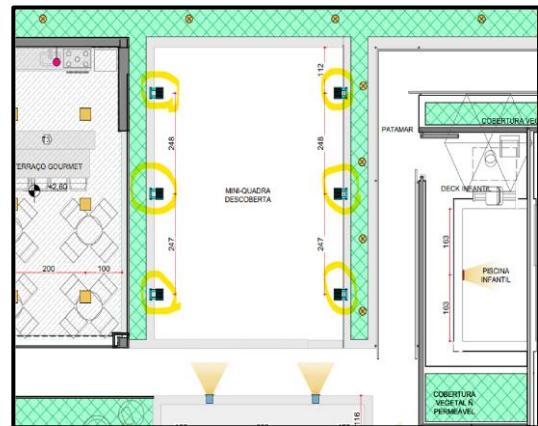
O projeto elétrico dimensiona e distribui a energia necessária para o funcionamento do edifício, garantindo a segurança e a eficiência no uso de eletricidade. Um projeto elétrico mal integrado ao arquitetônico ou de interiores pode levar a sobrecarga de circuitos, má localização de tomadas e luminárias, além de elevar custos com adequações durante a obra, sendo assim, usando como base o relatório, tem-se um total de 15 incompatibilizações sendo uma delas a figura 06:

- Incompatibilidade: Não há infra alimentando as luminárias da quadra, 3º pav - lazer
- Solução Adotada: Revisão de projeto elétrico com adição de infra elétrica.
- Retrabalho evitado: Paredes/lajes quebradas para passagem de tubulações.

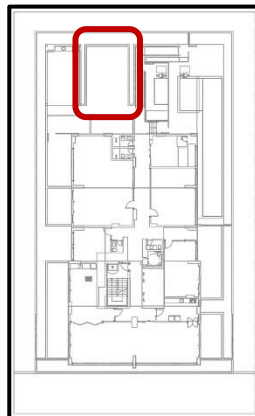
Figura 06. Vista 3D e 2D da incompatibilidade em questão



Vista 3D



Vista 2D



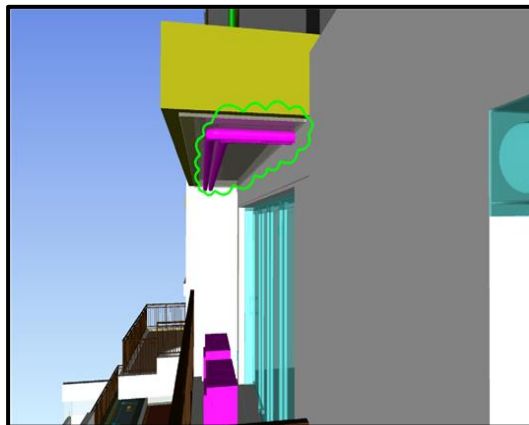
Planta Layout Lazer

4.1.6 Projeto de climatização

O projeto de climatização cuida do conforto térmico dos ambientes, prevendo o uso de equipamentos de ar-condicionado, ventilação e aquecimento. Ele precisa ser compatível com o projeto arquitetônico e de interiores para que os aparelhos e dutos sejam corretamente posicionados, sem comprometer a estética ou criar desconfortos, como correntes de ar inadequadas, logo, vendo a compatibilidade com a demais disciplinas, notou-se cerca de 12 erros de compatibilização a serem ajustados. Segue exemplo de incompatibilidade na figura 07:

- Incompatibilidade: A rede frigorífera está conflitando com o forro no teto da varanda, apartamentos final 3 e 4 dos pavimentos tipo.
- Solução Adotada: Revisão de projeto de forro dos apartamentos tipo.
- Retrabalho evitado: Aditivo inesperado no contrato de mão de obra mais materiais de forro.

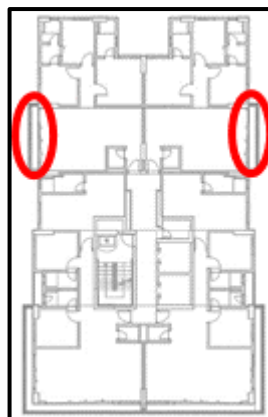
Figura 07. Vista 3D e 2D da incompatibilidade em questão



Vista 3D



Vista 2D



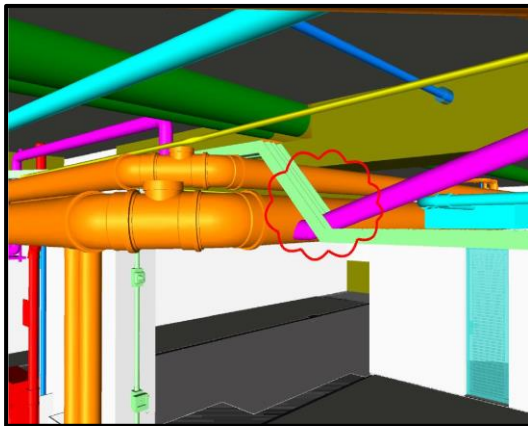
Planta Layout Tipo

4.1.7 Projeto de sistemas

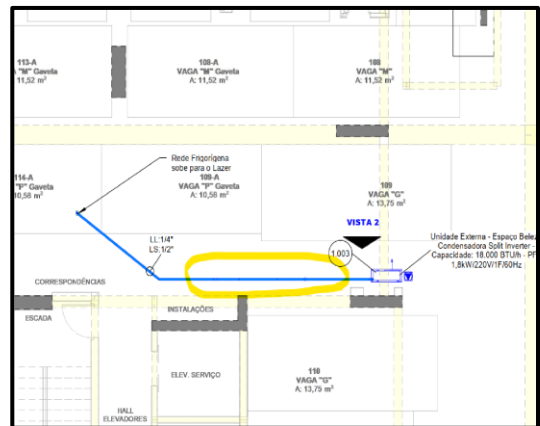
Os projetos de sistemas, como automação, controle de acesso e comunicação, garantem que o edifício seja funcional e conectado. Quando mal integrados, podem criar problemas operacionais e estéticos, como a falta de pontos de conexão adequados ou cabos expostos. Tendo a mesma fase de execução que o projeto elétrico se notou na análise um total de 11 inconformidades. Segue exemplo de incongruência na figura 08:

- Incompatibilidade: A rede frigorífera está conflitando com o perfilado de sistemas e com o tubo de esgoto no teto da garagem, 2º pavimento.
- Solução Adotada: Reposicionamento do perfilado
- Retrabalho evitado: Aditivos em mão de obra.

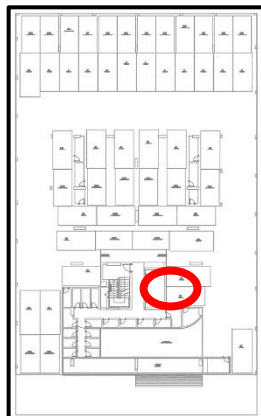
Figura 08. Vista 3D e 2D da incompatibilidade em questão



Vista 3D



Vista 2D



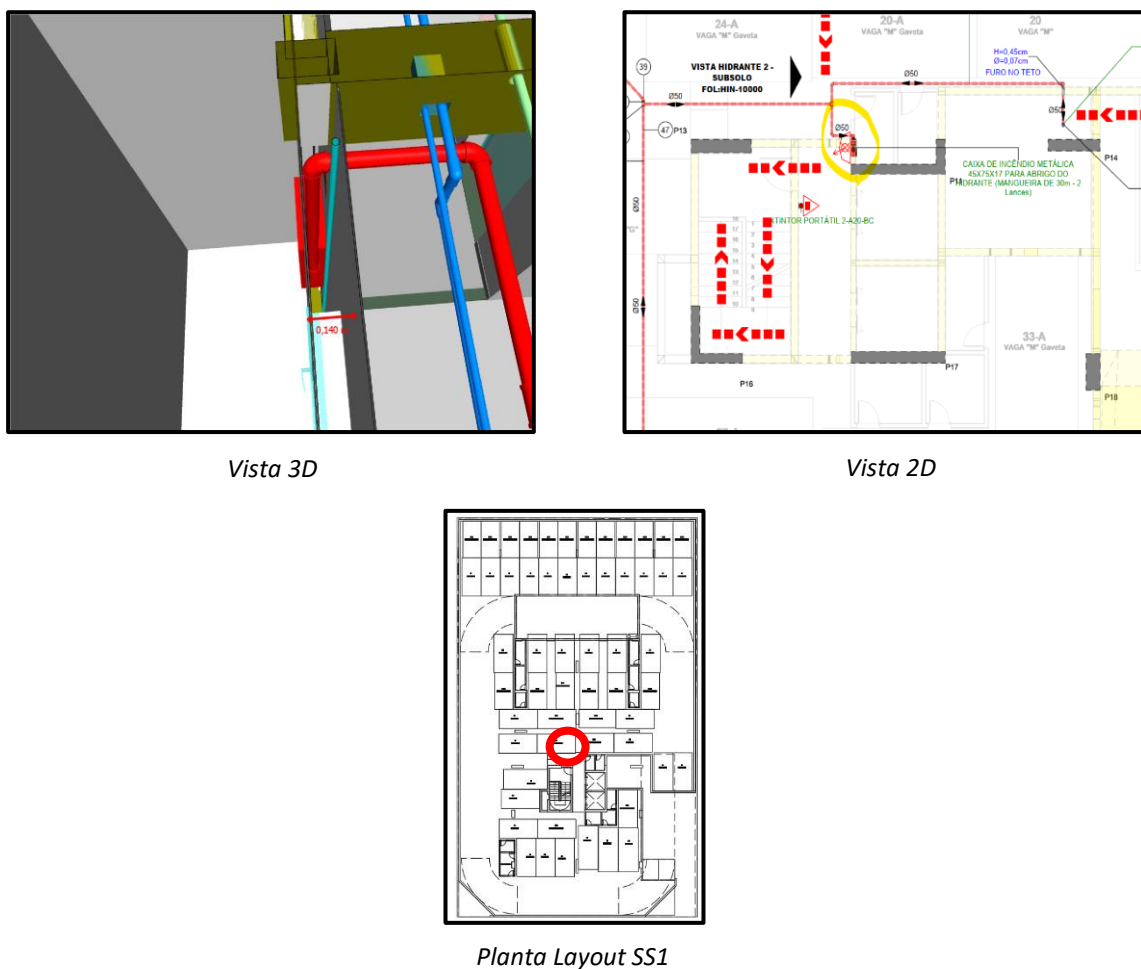
Planta layout G1

4.1.8 Projeto de incêndio

O projeto de combate a incêndio define as medidas de segurança, como saídas de emergência, extintores, sprinklers e detectores de fumaça. A falta de compatibilização com outras disciplinas pode resultar em obstrução de saídas, sistemas de combate mal dimensionados ou dificuldades de acesso para manutenção com isso, notou-se um total de 1 incompatibilização sendo demonstrada a seguir na figura 09.

- Incompatibilidade: A parede não tem espessura suficiente para embutir o hidrante de incêndio. Escaninho 07, subsolo.
- Solução Adotada: Troca na especificação da espessura do tijolo cerâmico, mudando de 14cm para 19 cm.
- Retrabalho evitado: Demolição da parede executada e resserviço de alvenaria.

Figura 09. Vista 3D e 2D da incompatibilidade em questão

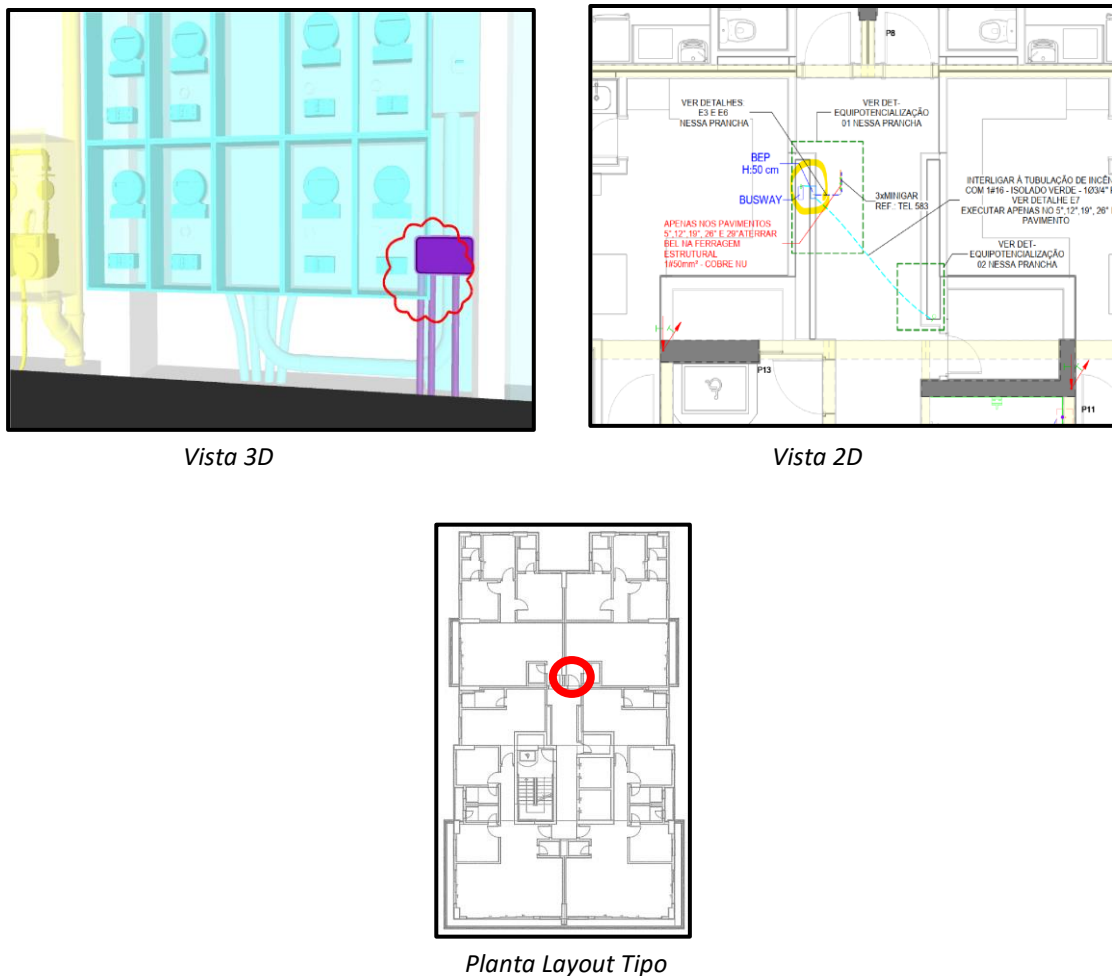


4.1.9 Projeto de SPDA

O projeto de SPDA protege o edifício contra os efeitos de raios, direcionando a descarga elétrica para o solo de forma segura. Um projeto inadequado pode expor o prédio e seus usuários a riscos de incêndios e danos aos sistemas elétricos. É essencial que seja coordenado com o projeto elétrico e estrutural para garantir a integridade da instalação e a segurança da edificação, vendo a importância do SPDA, o relatório analisou as pranchas e foi pego apenas 1 incompatibilidade de projeto apresentada na figura 10.

- Incompatibilidade: O BEP e o de SPDA estão conflitando com o conjunto de medição de elétrica na circulação dos pavimentos tipo.
- Solução Adotada: Reposicionamento do ponto de SPDA.
- Retrabalho evitado: Aditivo em mão de obra.

Figura 10. Vista 3D e 2D da incompatibilidade em questão



4.2 Quantidades de incompatibilidades

Como apresentado no tópico 2.0 e derivados, a análise de inconformidades deste empreendimento foi realizada a partir do cruzamento dos projetos gerais, com o objetivo de identificar problemas macro que permitissem à equipe de engenharia planejar retrabalhos necessários ou até evitá-los. Para isso, foi elaborado um relatório de incompatibilidades entre projetos, abrangendo a análise de apenas 370 projetos, que interligados geraram um total de 187 erros de projetos, a seguir, a Tabela 02 estará especificando a disciplina e a quantidade de erros encontrados.

Tabela 1. Quantidade de projetos analisados.

QUANTIDADE DE PROJETOS POR DISCIPLINA			
ESTRUTURA	161	ELETRICO	27
ARQUITETURA	5	CLIMATIZAÇÃO	13
INTERIORES	9	SISTEMAS	15
HIDRAULICO	124	INCÊNDIO	16
TOTAL = 370			

Fonte: Autor (2024).

Observando os resultados da tabela 02, vê-se a quantidade de erros graves que se detém nos projetos de: Arquitetura, Interiores, Hidráulicos e o mais agravante, erros em projeto de Estrutura.

Tabela 2. Quantidade de incompatibilidades

DISCIPLINA --> QTDE de Incompatibilidades			
ESTRUTURA	32	ELETRICO	15
ARQUITETURA	33	CLIMATIZAÇÃO	12
INTERIORES	39	SISTEMAS	11
HIDRAULICO	43	INCÊNDIO	2
TOTAL = 187			

Fonte: Autor (2024)

4.2.1 Erros por projeto

Observando os dados apresentados na tabela 01 (Quantidade de projetos analisados) e a tabela 02 (Quantidade de incompatibilidades), pode-se vislumbrar a facilidade em que projetos podem ser inexecutáveis por estarem incompatíveis chegando a quase 2 erros por projeto, cabendo assim decisões de última hora, As-Built que fogem dos projetos entregues e até prazos estourados por espera de projeto.

Tabela 3. Porcentagens de erros calculados por disciplina

PORCENTAGEM ERROS POR DISCIPLINA			
ESTRUTURA	19,88	ELETRICO	55,56
ARQUITETURA	194,12	CLIMATIZAÇÃO	92,31
INTERIORES	433,33	SISTEMAS	73,33
HIDRAULICO	34,68	INCÊNDIO	12,50
PORCENTAGEM MÉDIA GERAL = 50,54%			

Fonte: Autor (2024)

4.3 Custo

Sabendo que a engenharia tem como um dos seus principais pilares o custo operacional, a Tabela 04 a seguir apresentará os cálculos e os serviços necessários a serem realizados para cada incompatibilidade listada no item 2.2, demonstrando de forma quantitativa os valores que não estariam previstos caso o BIM não fosse implementado nesse empreendimento.

Tabela 4. Calculo de custos referente a cada retrabalho

CÁLCULO ORÇAMENTARIO					
DISCIPLINA	RETRABALHOS NECESSARIOS	UNIDADE	QTDE	VALOR UNITÁRIO	RETRABALHO
ESTRUTURA	Montagem de forma + Armação de aço CA50/CA60	M²	15,96	R\$ 31,54	R\$ 503,38
ARQUITETURA	Montagem de forma + Armação de aço CA50/CA60	M²	20,83	R\$ 31,54	R\$ 656,98
INTERIORES	Execução de forro em gesso placa	M²	9,78	R\$ 33,00	R\$ 322,74
HIDRÁULICO	Execução das Instalações hidro sanitárias geral	unidade	4,00	R\$ 56,70	R\$ 226,80
ELÉTRICO	Execução das Instalações Elétricas / Telefônicas	unidade	06	R\$ 33,60	R\$ 201,60
CLIMATIZAÇÃO	Execução de forro em gesso placa	M²	56,16	R\$ 33,00	R\$ 1.853,28
SISTEMA	Execução das Instalações hidro sanitárias geral	M²	01	R\$ 56,70	R\$ 56,70
INCÊNDIO	Execução de alvenaria de vedação	M²	5,79	R\$ 23,12	R\$ 133,86
SPDA	Locação de acabamentos elétricos	unidade	01	R\$ 9,60	R\$ 9,60

Fonte: Autor (2024)

Observando a tabela 4, notou-se valores significativos para cada serviço, chega-se a porcentagens de estouro que se não previstas, podendo alterar de forma expressiva cada frente de serviço, para isso segue-se a seguinte formula:

$$\text{Porcentagem} = \left(\frac{V_r}{V_u} \right) \times 100$$

Onde:

Porcentagem: Valor de retrabalho em relação ao valor unitário;

Vr: Valor total do retrabalho;

Vu : Valor unitário do serviço.

Com base na fórmula apresentada anteriormente, foi possível determinar os percentuais de retrabalho em relação ao valor unitário para cada disciplina avaliada. Esses cálculos nos proporcionam uma visão mais clara e detalhada sobre o impacto do retrabalho em cada área, facilitando a identificação de pontos críticos e auxiliando na tomada de decisões para

melhorar a eficiência e reduzir custos. A seguir, na Tabela 05, apresenta-se os resultados obtidos para cada disciplina.

Tabela 5. Porcentagem de aumento nos custos referente a cada retrabalho

PORCENTAGEM DE AUMENTO			
ESTRUTURA	1596%	ELÉTRICO	600%
ARQUITETURA	2083%	CLIMATIZAÇÃO	5616%
INTERIORES	978%	SISTEMA	100%
HIDRÁULICO	400%	INCÊNDIO	579%
SPDA		100%	

Fonte: Autor (2024)

4.4 Tempo

Como um dos pilares cruciais da engenharia civil, o tempo é o principal motivador de entrega do empreendimento. Esse prazo é estipulado desde a concepção do projeto e comunicado aos clientes, que geralmente assinam o contrato com uma data de entrega em mente.

Por isso, as operações na obra não se baseiam apenas na capacidade produtiva diária dos colaboradores da linha de frente, mas sim em uma distribuição cuidadosa dos recursos humanos para atender ao cronograma. Essa abordagem frequentemente leva a administração a alocar duas ou mais equipes para uma mesma frente de serviço quando necessário, visando compensar atrasos e otimizar o uso do tempo.

Considerando essa necessidade de cumprimento de prazos, utilizou-se o planejamento de obras de Aldo Dórea Matos como referência como demonstrado na Tabela 6 abaixo, aplicando os índices de produtividade para cada equipe em suas respectivas frentes de trabalho. Dessa forma, com dados precisos, conseguiu-se calcular o impacto que cada retrabalho causaria no cronograma, além de identificar os serviços subsequentes que poderiam ser afetados.

Tabela 6. Produção diária de serviços segundo a tabela de Aldo Dórea

PRODUÇÃO DOS PROFISSIONAIS SEGUNDA A TABELA DE PLANEJAMENTO DE <u>ALDO DÓREA MATOS</u>			
FUNÇÃO	ATIVIDADE ESPECIFICA	UNIDADE	PRODUÇÃO POR HORA
PEDREIRO	Vedação com revestimento cerâmico	m ²	1,50
	Reboco interno	m ²	2,50
ELETRICISTA	Pontos elétricos	unidade	1,13
ENCANADOR	Pontos hidráulicos	unidade	2,13
GESSEIRO	Instalação de forro falso de isopor	m ²	5,33
ARMADOR	Armação geral de estrutura	kg	15,00
CARPINTEIRO	Formas comuns de Madeirit - Fabricação	m ²	0,75
	Formas comuns de Madeirit - Colocação	m ²	1,13

Fonte: Autor (2024)

4.4.1 Tempo gasto em retrabalhos

Como foi visto o tempo necessário para a execução de atividades cruciais na obra é significativo, e os retrabalhos representam um impacto direto nesse cronograma. Em uma construção vertical residencial, onde cada etapa depende de um encadeamento preciso de tarefas, as incongruências de projeto podem causar atrasos em diversas frentes, demandando tempo e recursos adicionais. Cada retrabalho decorrente dessas incompatibilidades gera um desvio do planejamento original, impactando não apenas o tempo de execução, mas também aumentando custos operacionais. Podemos ver esse tempo gasto na tabela 7 abaixo.

CÁLCULO DO TEMPO NECESSARIO PARA SOLUCIONAR A INCOMPATIBILIDADE						
DISCIPLINA	Retrabalhos Necessários	Serviço Necessário	QTDE	UN	Produção por hora	Minutos Necessários
Estrutura	Montagem de forma + Armação de aço CA50/CA60	Armação geral de estrutura + Formas comuns de Madeirit	15,96	M²	16,88	57
Arquitetura	Montagem de forma + Armação de aço CA50/CA60	Armação geral de estrutura + Formas comuns de Madeirit	20,83	M²	16,88	74
Interiores	Execução de forro em gesso placa	Instalação de forro falso de isopor	9,78	M²	5,33	110
Hidráulico	Instalações hidro sanitárias geral	Pontos hidráulicos	4	UN	2,13	113
Elétrico	Instalações Elétricas / Telefônicas	Pontos elétricos	6	UN	1,13	319
Climatização	Execução de forro em gesso placa	Instalação de forro falso de isopor	56,16	M²	5,33	632
Sistema	Instalações hidro sanitárias geral	Pontos hidráulicos	1	M²	2,13	28
Incêndio	Alvenaria de vedação	Vedação com revestimento cerâmico	5,79	M²	1,5	232
SPDA	Locação de acabamentos elétricos	Pontos elétricos	1	UN	1,13	53

Tabela 7. Calculo do tempo necessário de solução para cada incompatibilidade citada

Fonte: Autor (2024)

Ao analisar exemplos específicos de incompatibilidades, pode-se calcular com maior precisão o tempo extra dedicado a cada ajuste e entender o impacto cumulativo desses retrabalhos no cronograma geral da obra. Esse tipo de análise nos permite identificar quais etapas e frentes de serviço são mais afetadas, antecipando os reflexos nos serviços subsequentes que, devido às correções, poderão sofrer atrasos adicionais.

Com esses dados em mãos, torna-se viável ajustar o planejamento para mitigar o impacto dos retrabalhos, mantendo a obra mais próxima do prazo final estipulado e reduzindo as interferências nos fluxos de trabalho.

5. Conclusão

Os resultados apresentados evidenciam e comprovam o excelente custo-benefício da aplicação da metodologia BIM em obras verticais. Analisando 12 incompatibilidades que se referem a cerca de 6,4% das 187 incompatibilidades gerais, observou-se uma economia de aproximadamente R\$ 3.964,94, um valor que pode ser redirecionado para outras atividades essenciais ao cronograma. Essa redistribuição de recursos impacta positivamente o fluxo de trabalho, contribuindo para que etapas críticas não sejam comprometidas por falta de verbas e garantindo maior estabilidade ao planejamento financeiro da obra.

Além disso, o BIM promove uma otimização significativa no tempo de execução das atividades diretas e no tempo dedicado ao planejamento estratégico. A metodologia permite uma melhor coordenação das frentes de serviço, reduzindo retrabalhos e garantindo que as sequências operacionais ocorram de maneira mais fluida. Isso reflete diretamente na eficiência da gestão de obra e na qualidade do produto final entregue ao cliente, assegurando maior satisfação e redução de eventuais problemas pós-entrega.

Outro ponto importante é a capacidade do BIM de mapear e prever o tempo que seria consumido para corrigir cada incompatibilidade entre disciplinas da obra, abrangendo todas as 12 áreas de projeto envolvidas.

Com isso, o BIM não apenas previne conflitos, mas permite uma análise precisa de quanto cada ajuste impactaria no cronograma, promovendo uma visão proativa na gestão de incompatibilidades.

Essa abordagem proporciona uma obra mais organizada, com menos desperdício de recursos e menos interrupções, estabelecendo um novo patamar de controle e qualidade na construção civil e revelando o BIM como uma solução robusta para as exigências da construção moderna.

REFERÊNCIAS

- Andrade, J., Silva, R., & Oliveira, L.** (2019). *Análise de implementação do BIM na construção civil brasileira*. Revista Engenharia e Construção, 15(2), 85-95.
- Aldo Dórea Matos.** (2011). *Planejamento e Controle de Obras*. Editora PINI, São Paulo.
- Azhar, S., Khalfan, M., & Maqsood, T.** (2011). *Building Information Modeling (BIM): Benefits, risks, and challenges*. Automation in Construction, 20(2), 135-152.
- Cavalcanti, M.** (2017). *Aplicação de BIM na gestão de projetos de construção civil*. Tese de doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Costa, P., & Almeida, F.** (2022). *Impacto do BIM em projetos estruturais: Um estudo de caso brasileiro*. Revista de Engenharia Estrutural, 28(3), 195-210.
- Mendes, F., & Oliveira, R.** (2021). *Desafios da implementação do BIM em empresas de pequeno porte no Brasil*. Revista Gestão e Construção, 14(1), 45-60.
- Pereira, A., Costa, T., & Mendes, L.** (2020). *Uso de BIM no planejamento e controle de obras*. Revista Tecnologia e Construção, 10(4), 250-265.
- Sacks, R., & Barak, R.** (2017). *Lean and BIM integration in construction: A conceptual framework*. Journal of Construction Engineering and Management, 143(4), 04016101.
- Santos, P., & Lima, J.** (2020). *Eficiência na aplicação de BIM no setor público: O caso do Brasil*. Engenharia Pública, 8(2), 120-135.
- Santos, R., Souza, V., & Lima, A.** (2021). *Avanços na interoperabilidade entre softwares BIM no Brasil*. Tecnologia e Construção, 12(5), 300-315.
- Silva, J., & Andrade, T.** (2019). *BIM para coordenação de projetos multidisciplinares: Uma revisão bibliográfica*. Revista Engenharia Atual, 25(3), 90-105.
- Singh, V., Gu, N., & Wang, X.** (2018). *A theoretical framework of a BIM-based multi-disciplinary collaboration platform*. Automation in Construction, 20(2), 134-144.
- Souza, A., & Carvalho, P.** (2018). *Avaliação do impacto do BIM na redução de desperdícios em obras residenciais*. Construção Sustentável, 19(3), 215-230.
- Souza, L., & Silva, M.** (2018). *Integração BIM no desenvolvimento de projetos hidrossanitários*. Engenharia Aplicada, 7(2), 112-123.
- Succar, B.** (2009). *Building Information Modeling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders*. Automation in Construction, 18(3), 357-375.
- Teicholz, P.** (2010). *BIM for facility managers*. John Wiley & Sons.

Figura 11. Planta layout dos apartamentos tipo



Fonte: Empresa parceira (2024).