



**Felipe Faria Rodrigues Monteiro  
Pedro Grandi Backheuser**

**Compatibilização de projeto para obras civis: Técnicas  
e Práticas**

**Trabalho de Conclusão de Curso**

Trabalho apresentado como requisito parcial à conclusão do curso de Engenharia Civil na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

Orientador: Jaqueline Zubelli.

Rio de Janeiro  
Dezembro de 2021



## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar, a Deus, que fez com que nossos objetivos fossem alcançados durante todos os anos de estudo e por permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da realização deste trabalho.

Aos nossos pais, Bruno Duarte Monteiro e Adriana Monteiro, e João Pedro Backheuser e Sissel Bethlem Grandi, por todo apoio e ajuda durante todo o período de faculdade e por nunca terem medido esforços para nos proporcionar um ensino de qualidade.

Aos nossos irmãos, Guilherme Monteiro e Maria Gabriela Monteiro, e Felipe Backheuser e Isabel Backheuser, que nos incentivaram nos momentos difíceis e sempre acreditaram em nosso potencial.

A todos nossos familiares, pessoas que são essenciais em nossas vidas, sempre nos apoiando e vibrando em todas as nossas conquistas.

A nossos amigos, pela amizade incondicional, que sempre estiveram ao nosso lado e fizeram com que nossa graduação fosse concluída de maneira leve e prazerosa.

A nossa orientadora, Jaqueline Zubelli, por todos os ensinamentos e por ter desempenhado tal função com dedicação e cuidado.

A todos aqueles que contribuíram, de alguma forma, para a realização deste trabalho, nosso muito obrigado.



## **Resumo**

A indústria da construção civil vem apresentando um destacável aquecimento, com o aumento do número de obras principalmente no ramo imobiliário. Mesmo com o aumento da demanda, os prazos e orçamentos devem ser respeitados. Porém frequentemente prazos são ultrapassados e orçamentos extrapolados, tendo como causa, muitas vezes, a incompatibilização de projetos.

O presente trabalho visa apresentar um breve histórico da compatibilização de projetos, desde seus primórdios até os tempos atuais, destacando as principais técnicas e ferramentas já utilizadas, e também as novas tecnologias que vêm surgindo, como o BIM, para facilitar os processos de compatibilização. Serão demonstrados os benefícios de se executar a etapa de planejamento e desenvolvimento de projetos com a importância devida.

**Palavras-chave:** Engenharia Civil; projeto; compatibilização; BIM; modelagem; obra.



## **Abstract**

The civil construction industry has been experiencing a remarkable rise, with an increase in the number of construction sites, especially in the real estate industry. Even with the increase in demand, deadlines and budgets must be respected. However, deadlines and budgets are frequently exceeded, often due to project incompatibility.

The present work aims to present a brief history of project compatibilization, from its beginnings to current times, emphasizing the main techniques and tools already used, and also the new technologies that have been emerging, such as BIM, to facilitate the compatibilization processes. The benefits of performing the stage of project planning and development with due importance will be demonstrated.

**Keywords:** Civil Engineering; project; compatibilization; BIM; modeling; construction.



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1	Objetivo	2
<b>2</b>	<b>DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS</b>	<b>3</b>
2.1	Compatibilização de projetos	8
<b>3</b>	<b>TECNOLOGIA BIM</b>	<b>10</b>
3.1	Histórico	10
3.2	Características e classificações	11
3.3	Benefícios	16
3.4	Softwares com tecnologia BIM	18
<b>4</b>	<b>EXEMPLOS DE CASOS</b>	<b>26</b>
4.1	Casos de incompatibilização de projetos	26
4.1.1	Caso 1	26
4.1.2	Caso 2	31
4.1.2	Caso 3	34
4.2	Casos com modelagem	36
4.2.1	Caso 1: Alteração de layout	36
4.2.2	Caso 2: Medição de desmonte e movimentação de rocha	40
4.2.3	Caso 3: Medição de movimentação de terra	43
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>46</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>49</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Comparação custo mensal com maior investimento na fase de projeto x prática corrente.	7
Figura 3.1 – Exemplo de modelagem em Revit.	20
Figura 3.2 – Interface de modelo Archicad.	21
Figura 3.3 – Modelagem do modelo estrutural de uma estrutura em concreto pré moldado.	23
Figura 3.4 – Modelagem do modelo estrutural de uma estrutura em concreto pré moldado.	24
Figura 3.5 – Exemplo de tabela e legenda para verificação da integridade do modelo.	25
Figura 4.1 – Projeto de instalações elétricas da área de serviço em questão, com o ponto de tomada dupla destacado.	27
Figura 4.2 – Projeto executivo de arquitetura da área de serviço em questão, com a configuração de pontos compatível com o projeto de elétrica.	28
Figura 4.3 – Planta baixa do projeto de detalhamento de área molhada. Detalhe para as referências às vistas, de “A” a “E”.	29
Figura 4.4 – Vista B do projeto de detalhamento, com ponto de tomada dupla inexistente tanto na planta baixa quanto em demais projetos.	29
Figura 4.5 – Vista E do projeto de detalhamento. No local correto do ponto de tomada dupla segundo os demais projetos, há ponto de tomada simples.	30
Figura 4.6 – Parte do projeto de arquitetura do duplex em questão, com destaque para a área do lavabo.	31
Figura 4.7 – Parte do projeto de arquitetura do reservatório, com indicação de laje impermeabilizada acima da área do lavabo.	32
Figura 4.8 – Parte do projeto de formas, sem a presença da laje de teto do lavabo.	33
Figura 4.9 – Parte do projeto de alvenaria, que mostra os banheiros do quarto e da suíte, com destaque para o posicionamento das portas.	34
Figura 4.10 – Parte do projeto de arquitetura que mostra a área em questão, com um diferente posicionamento das portas.	35
Figura 4.11 – Planta Baixa Piso 3 - Rev. 18.	37
Figura 4.12 – Planta Baixa Pav. 3 - Rev. 28.	37
Figura 4.13 – Especificação da pia da cozinha extraída do modelo.	38
Figura 4.14 – Modelo 3D do edifício com piso 3 com layout de área de uso comum.	39
Figura 4.15 – Modelo 3D do edifício com piso 3 com layout de apartamento.	39
Figura 4.16 – Demarcação aproximada da área de rocha a ser retirada.	40
Figura 4.17 – Cálculo de volume de rocha através de métodos convencionais.	41
Figura 4.18 - Cálculo de volume de rocha através de métodos convencionais.	41
Figura 4.19 – Modelagem 3D do terreno para aferição do volume de rocha.	42
Figura 4.20 – Visão geral do terreno após a execução do desmonte da rocha.	43
Figura 4.21 – Escaneamento do terreno.	44
Figura 4.22 – Topografia do terreno em modelagem 3D.	44
Figura 4.23 – Modelo 3D do terreno com os locais em que ocorrerá movimentação de terra.	45



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 – Lista das partes nas quais foi planejada a elaboração da ABNT NBR 15965 com indicação das Tabelas que já foram publicadas e daquelas que ainda estão sendo desenvolvidas.

15



## 1 INTRODUÇÃO

Desde o início do século, pudemos acompanhar o surgimento de um número expressivo de transformações e inovações tecnológicas em diversos setores do mercado. Podemos citar por exemplo, a democratização e popularização dos smartphones junto com o desenvolvimento das redes móveis, possibilitando um novo, e mais efetivo, modelo de comunicação, através dos diversos aplicativos de mensagens e redes sociais. Além disso, nos últimos anos foram fundados bancos digitais de sucesso (Nubank, por exemplo) que vieram definitivamente para competir com os grandes e tradicionais bancos, oferecendo serviços com mais eficiência e menos burocracia.

Em ritmo menos acelerado, o setor da construção civil também apresentou inovações e tecnologias visando oferecer um atendimento mais adequado aos clientes. A primeira ferramenta que ocasionou grande mudança no segmento foi o AutoCad. Programa criado pela empresa Autodesk no ano de 1982, passou a ser utilizado em larga escala no final dos anos 90, colaborando para o aumento da produtividade e eficiência dos projetistas, tendo em vista que os desenhos passaram a ser elaborados nos computadores.

Uma outra ferramenta que vem transformando a indústria da construção foi a Metodologia BIM (Building Information Modeling). Porém, o setor é conhecido pelo atraso na adoção de novas tecnologias, principalmente no Brasil. De acordo com o estudo Mapeamento de Maturidade BIM no Brasil, desenvolvido pela Sienge em parceria com a empresa de consultoria Grant Thornton, apenas 38,4% das empresas já utilizam a tecnologia BIM no Brasil.



Além da grande maioria das empresas ainda não adotarem essa tecnologia citada, muitas delas ainda não se conscientizaram da importância de uma técnica simples: a compatibilização de projetos, processo que visa encontrar interferências entre os diversos projetos da edificação. A adoção desse método permite reduzir o número de retrabalho, gastos e problemas durante a execução da obra.

Quando a compatibilização não é adotada durante a fase de desenvolvimento dos projetos, temos consequências negativas para diversas as partes envolvidas. O construtor terá que resolver diversos problemas no canteiro de obra, mais retrabalho e desperdício de material, acarretando, geralmente, na redução de rentabilidade; o cliente receberá um produto com menor qualidade, e com atrasos no cronograma físico.

O sucesso de um projeto de construção civil está diretamente ligado à produtividade e eficiência, fazendo-se necessária a adoção de tecnologias e técnicas que facilitem o dia a dia no canteiro, com foco na identificação e resolução de problemas na fase de planejamento de obra.

## **1.1 Objetivo**

O presente trabalho visa apresentar conteúdos referentes às técnicas disponíveis para a compatibilização de projetos para obras civis, demonstrando casos em que a partir da falta de compatibilização são gerados trabalhos e gastos extras tanto aos projetistas como à equipe responsável pela execução. Dessa maneira, conseguimos destacar a importância e os benefícios dessa prática.



## 2 DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS:

O projeto é um dos elementos fundamentais para a produção no setor da construção civil. A palavra projeto é derivada do latim *projectum*, que significa aquilo que vem antes da ação. Ou seja, o projeto é considerado como um plano para a execução de um produto.

O termo projeto é conceituado por Valeriano (1998) como a elaboração e consolidação de informações destinadas à execução de uma obra ou à fabricação de um produto ou, ainda, ao fornecimento de um serviço ou execução de um processo.

Outra definição conhecida é oriunda do PMBOK (Conjunto de melhores práticas para gestão de projetos): "Um projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo. A natureza temporária dos projetos indica que eles têm um início e um término definidos. O término é alcançado quando os objetivos do projeto são atingidos ou quando o projeto é encerrado porque os seus objetivos não serão ou não podem ser alcançados, ou quando a necessidade do projeto deixar de existir."

A elaboração de um projeto sucede a atender as exigências e necessidades de um cliente, empreendedor e/ou mercado. Muitos projetos são complexos e elaborados, que possuem muitas informações e detalhes. Por isso, o desenvolvimento de projeto exige conhecimento técnico, teórico e experiência.



Importantes aspectos para o desenvolvimento de projetos podem ser encontrados na NBR 13531/1995 – Elaboração de projetos de edificações – Atividades técnicas. Esta norma tem como objetivo fixar as atividades técnicas de projeto de arquitetura e engenharia que são exigidas para o processo construtivo de edificações. Com isso, ela define as seguintes atividades técnicas para elaboração do projeto de edificação e de seus elementos, instalações e componentes:

- Topografia;
- Sondagens de reconhecimento do solo;
- Arquitetura;
- Fundações e estruturas;
- Instalações elétricas;
- Instalações mecânicas;
- Instalações hidráulicas e sanitárias;
- Luminotécnica;
- Comunicação visual;
- Paisagismo;
- Arquitetura de interiores (decoração);
- Impermeabilização;
- Outros.

Além disso, estas atividades têm seus processos de desenvolvimento divididos em partes sucessivas. São definidas pela norma as seguintes etapas:

- Levantamento;
- Programa de necessidades;
- Estudo de viabilidade;
- Estudo preliminar;
- Anteprojeto e/ou pré-execução;
- Projeto legal;



- Projeto básico (opcional);
- Projeto para execução.

Definindo ainda outros aspectos dos projetos de edificação, como informações, programação das etapas, aplicação e avaliação, a NBR: 13531/1995 é uma das principais normas utilizadas pelo setor da construção civil e demonstra a importância do processo de desenvolvimento de projetos.

Além da norma citada acima, outra norma possui relevante importância no processo de desenvolvimento de projetos, a NBR 6492/1994 - Representação de projetos de arquitetura. Essa norma engloba as condições exigíveis para representação gráfica de projetos de arquitetura, visando à sua boa compreensão.

Essa norma determina definições essenciais para a elaboração de um projeto, como por exemplo:

- Planta de situação;
- Planta de locação;
- Planta de edificação;
- Corte;
- Elevações;
- Fachada;
- Escala;
- Detalhes;
- Outros.

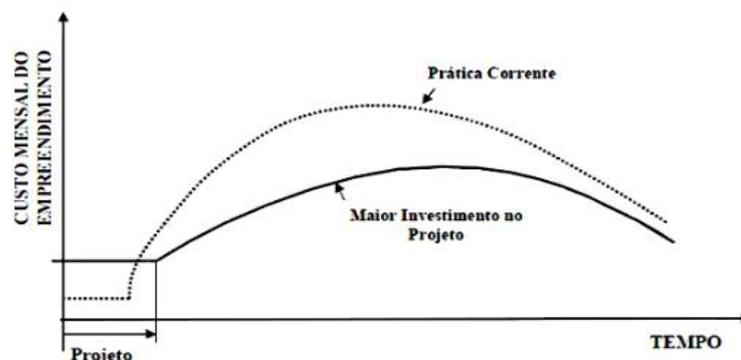


A NBR 6492/1994 também especifica algumas condições gerais e específicas para garantir uma boa representação gráfica na elaboração do projeto. Dessa maneira, essa norma junto a NBR 13531/1995 concentra informações importantes e se destaca para guiar um bom desenvolvimento de um projeto.

Com a crescente concorrência no mercado da construção civil, empresas estão investindo em tecnologias que visam otimizar e racionalizar seus processos, para entregar produtos de melhor qualidade, e ao mesmo tempo pretendem aumentar o retorno do investimento. Uma excelente estratégia para atingirem esse objetivo é dar a devida atenção à etapa de elaboração de projetos.

Quando não é atribuída a devida importância a essa etapa, a obra recebe projetos muitas vezes incompletos e com falhas, diminuindo a produtividade e eficiência da equipe responsável pela execução dos serviços. Como consequência temos um produto de pior qualidade, com características diferentes das que foram idealizadas. Isso fica evidenciado pelo grande número de problemas patológicos dos edifícios atribuídos às falhas de projeto.

O fruto do investimento nessa etapa inicial poderá ser colhido em etapas posteriores, pois como reforçado por Cornick (1991), estudos demonstram que aproximadamente metade dos erros na construção civil são provenientes de decisões inadequadas tomadas na fase de projetos. Nesta fase os projetistas têm a oportunidade de diminuir o número de falhas, não deixando-as chegarem ao canteiro de obras. Desta maneira, como podemos observar na Figura 1, com o maior investimento financeiro e tempo na etapa de projeto, menor é a quantidade de falhas, maior será a probabilidade de redução de custos e prazos.



**Figura 2.1** - Comparação custo mensal com maior investimento na fase de projeto x prática corrente.

**Fonte:** Barros e Melhado, 1993

A execução de um empreendimento compreende projetos de diferentes áreas. Como exemplo, podemos citar os projetos arquitetônicos, de elétrica, hidrossanitário, de estruturas, ar-condicionado, entre outros âmbitos. Cada projeto é desenvolvido, isoladamente, por um projetista especializado. Dessa maneira, faz-se necessária a execução da compatibilização desses projetos, visando buscar e eliminar interferências físicas entre os projetos.



## 2.1 Compatibilização de projetos:

Por definição, a compatibilização de projetos compreende a atividade de gerenciar e integrar projetos correlatos, visando ao perfeito ajuste entre os mesmos e conduzindo para a obtenção dos padrões de controle de qualidade total de determinada obra (SEBRAE (1995)).

Callegari (2007) afirma que a compatibilização compreende a ação de detectar falhas relacionadas a interferências e inconsistências geométricas entre os subsistemas projetuais. A compatibilização dos projetos deve ser feita com base no projeto arquitetônico, fazendo com o que os outros projetos se adequem entre si de acordo com as imposições do projeto de arquitetura, pois é esse que atende as exigências e concretiza o desejo do cliente.

Tendo em vista que os projetos, geralmente, são elaborados por empresas terceirizadas, especializadas em diferentes disciplinas de projeto. Com isso, cada uma deve atender as instruções e exigências normativas de acordo com sua área de atuação. Muitas vezes, a comunicação entre elas no desenvolvimento do projeto pode ser ínfima, não executando a contabilização necessária, o que acarreta em retrabalho e gastos extras, principalmente na fase de execução da obra, além de atrasos no cronograma físico.

A compatibilização de projetos executada na fase inicial tem influência em todo o processo, corrigindo falhas e propondo soluções. Esse método possibilita o aumento da qualidade e eficácia do processo, já que ações corretivas são tomadas visando aperfeiçoar o projeto antes mesmo do problema atingir a equipe presente no canteiro de obra e afetar o cronograma e orçamento do empreendimento.



Abaixo estão destacadas técnicas e ferramentas que são utilizadas rotineiramente para a compatibilização de projetos:

- **Extranets:** Como já citado, a comunicação entre as partes responsáveis pelos projetos não é eficaz. Porém, com o avanço da internet durante os últimos anos, a comunicação é cada vez mais clara e eficiente. Os Extranets são websites para gerenciamento de projetos. Nestes sistemas, todos os projetos e documentos referentes ao empreendimento são gerenciados, e todas as partes possuem acesso a qualquer momento.
- **Sobreposição de projetos:** é uma técnica que pode ser utilizada para desenhos 2D com desenhos manuais, ou com o auxílio da ferramenta CAD, por exemplo, na qual são realizadas sobreposições de camadas entre os projetos de disciplinas distintas, a fim de verificar interferências.
- **Lista de checagem:** é uma ferramenta utilizada pelos coordenadores de projetos para revisar as atividades do projeto em todas as etapas. Ela contribui como método de prevenção de problemas ou interferências antes da obra ser iniciada. Elas são elaboradas através de um histórico de erros ocorridos e experimentados, utilizando soluções que já tiveram sucesso.

Além das técnicas citadas acima, uma tecnologia que vem sendo adotada exponencialmente pelas empresas é a tecnologia BIM (Building Information Modeling).



### 3 TECNOLOGIA BIM

#### 3.1 Histórico

BIM – “Building Information Modeling”, em português Modelagem da Informação da Construção, é uma plataforma desenvolvida para profissionais das áreas de arquitetura, engenharia e construção (AEC), como um modelo de construção integrado à informação. É um conjunto de tecnologias e processos que permite que várias áreas de atuação possam, de maneira colaborativa, projetar, construir e operar uma edificação ou instalação.

Segundo Penttilä (2006), “Building Information Modeling (BIM) é uma metodologia para gerenciar a base do projeto de construção e os dados do projeto em formato digital ao longo do ciclo de vida da construção”.

A criação deste conceito é proveniente das necessidades de agregar informações aos projetos desenvolvidos, ainda na década de 1970. Charles M. Eastman, professor do Instituto de Tecnologia da Georgia, em 1974, desenvolveu, juntamente com uma equipe de estudiosos, o conceito BDS (Building Description System – Sistema de Descrição da Construção).

Segundo Eastman, este sistema mostraria que uma descrição baseada em computador de um edifício poderia replicar ou melhorar todos os pontos fortes de desenhos como um meio para a elaboração de projeto, construção e operação, bem como eliminar a maioria de suas fraquezas.



Com o desenvolvimento de softwares e o conceito BDS, foram impulsionadas novas discussões de facilidades tecnológicas. Em 1986, Robert Aish, que trabalhava em uma desenvolvedora de softwares, publica um artigo utilizando pela primeira vez o termo “Building Modeling”, citando conceitos como modelagem tridimensional, componentes inteligentes e paramétricos, banco de dados relacionais, entre outros.

Seguindo esta direção, em 1992, G.A. van Nederveen e F.P. Tolman publicam o artigo “Automation in Construction”, no qual ocorre a variação do termo utilizado por Aish para “Building Information Modeling”. A publicação aborda as múltiplas visões de modelagem da construção e a ideia de que a modelagem de informações da construção é útil para fundamentar a estrutura de um modelo. Isto gera uma mudança no tratamento independente dos aspectos do projeto para um tratamento integrado das informações da construção.

### **3.2 Características e classificações**

A criação da tecnologia BIM representa um grande avanço na concepção de projetos e resolução de problemas na construção civil. De acordo com Eastman et al. (2014, p. 1) BIM é um dos mais promissores desenvolvimentos na indústria relacionada à arquitetura, engenharia e construção (AEC). Com a tecnologia BIM, um modelo virtual preciso de uma edificação é construído de forma digital.



A ferramenta está ligada diretamente ao desenvolvimento e compatibilização de projetos, pois permite a interação e análise de projetos de forma organizada, com as incompatibilidades sendo esclarecidas. No entanto, esta tecnologia não está restrita apenas à fase inicial do processo construtivo. O BIM está presente desde o levantamento topográfico até o pós-obra, com operação e gestão da infraestrutura. Desta forma, o BIM desempenha um papel importante na manutenção, tanto corretiva quanto preventiva.

Segundo Freitas (2014), a principal característica do BIM é a combinação do seu sistema de modelação 3D com uma gestão, partilha e troca de dados durante a vida útil do edifício.

Além disso, os modelos possuem diferentes dimensões, de acordo com tipo de informações que são obtidas. Um modelo contendo dados espaciais e qualitativos do projeto, do qual é possível extrair compatibilização espacial, especificação de materiais e acabamentos e quantitativos, é um modelo 3D.

Há também o modelo 4D, caracterizado por receber informações de prazo e fornecer informações como cronograma de obra, ritmo de produção e configuração espacial a cada etapa de execução.

Já um modelo BIM 5D, recebe informações de custo dos materiais e serviços, sendo possível obter o custo das atividades da obra e curva ABC, enquanto o modelo 6D é usado para analisar o uso da edificação, recebendo informações de validade dos materiais e consumos (como de água e energia) e retornando custos de operação e manutenção da edificação.



Campestrini (2015) afirma que “quanto mais dimensões tiver o modelo, maiores serão os tipos de informações possíveis de serem modeladas a partir deles, tornando as tomadas de decisão mais complexas e acertadas.”

Há ainda comentários de uma próxima dimensão que poderia surgir futuramente: a modelagem 7D. Esta seria responsável por melhorar o ciclo de vida operacional, inclusive com aspectos referentes a sustentabilidade.

O BIM vai além do conceito de modelagem de produto (product modeling), pois procura modelar todos os assuntos relativos à edificação, como produtos, processos, documentos, etc.

Campbell (2007) apresenta seis características do sistema BIM:

- I. Digital – permite a simulação do projeto e da construção;
- II. Espacial – admite representação em 3D;
- III. Quantificável – informações podem ser quantificadas;
- IV. Compreensivo – guarda informações relativas ao design, performance, sequência de execução da construção, aspectos financeiros;
- V. Acessível – formato acessível e disponibilidade de informações para todos os participantes;



VI. Durável – aplicável a todas ao longo de todo ciclo de vida do empreendimento; projeto, construção, manutenção.

Atualmente no Brasil, as informações da construção são classificadas através da NBR 15965, com a finalidade de permitir a padronização das nomenclaturas e processos em todo o país. Esta norma é composta por 13 tabelas, elaboradas através da adaptação de 15 tabelas do sistema utilizado pelo mercado da construção nos EUA e Canadá, para a realidade brasileira das soluções construtivas e técnicas.

Com isso, o sistema de classificação das informações brasileiro é composto de sete partes, nas quais a NBR 15965 é dividida. São elas:

- **Parte 1: Terminologia e classificação**, publicada em 2011;
- **Parte 2: Características dos objetos da construção**, publicada em 2012;
- **Parte 3: Processos da construção**, publicada em 2014;
- **Parte 4: Recursos da construção**, publicada em 2021;
- **Parte 5: Resultados da construção**, em desenvolvimento/aprovação;
- **Parte 6: Unidades da construção**, em desenvolvimento/aprovação;
- **Parte 7: Informação da construção**, publicada em 2015.



**Tabela 3.1** - Lista das partes nas quais foi planejada a elaboração da ABNT NBR 15965 com indicação das Tabelas que já foram publicadas e daquelas que ainda estão sendo desenvolvidas.

Estrutura de Classes					NORMAS PUBLICADAS
Classificação e Terminologia					ABNT NBR 15965-1:2011
Identificador de Grupo	Tema	Assunto	Tabela	OMNICLAS S	
0	Características dos Objetos	Materiais	0M	41	ABNT NBR 15965-2:2012
		Propriedades	0P	49	
1	Processos	Fases	1F	31	ABNT NBR 15965-3:2014
		Serviços	1S	32	
		Disciplinas	1D	33	
2	Recursos	Funções	2N	34	<i>Tabelas 2N-Funções e 2Q-Equipamentos já aprovadas em plenária. Tabela 2C-Componentes ainda incompleta</i>
		Equipamentos	2Q	35	
		Componentes	2C	23	
3	Resultados da construção	Elementos	3E	21	<i>Tab 3E-Elementos já aprovada em plenária 3R-Resultados em análise plenária</i>
		Construção	3R	22	
4	Unidades e Espaços da construção	Unidades	4U	11 e 12	<i>Tabelas já aprovadas nas sessões plenárias e em fase final de revisão pelo coordenador.</i>
		Espaços	4A	13 e 14	
5	Informação da construção	Informação	5I	36	ABNT NBR 15965-7:2015

Fonte: Catelani e Santos, 2016.



### 3.3 Benefícios

Com todas as suas utilidades, a tecnologia BIM gera diversos retornos para o processo construtivo e para os arquitetos e engenheiros. Em geral, sua utilização racionaliza e otimiza o processo, tendo conseqüentemente ganhos de produtividade e eficiência.

Kymmell (2008) ressalta que o uso de modelos 3D permite que o entendimento do projeto seja acessível a todos, não sendo limitada apenas àqueles que conhecem as simbologias e representações de desenho. Com isso, facilita o entendimento dos clientes e do usuário final e contribui para a formulação de soluções mais alinhadas às suas necessidades.

Algumas vantagens obtidas com o uso da tecnologia BIM, listadas por Birx (2006, apud Souza, Amorim, Lyrio, 2009), são:

I. Facilidade na coordenação dos projetos (as interferências entre os elementos podem facilmente notadas sendo destacadas visualmente);

II. Redução de carga horária por projeto (redução de custo através da redução as horas trabalhadas no projeto);

III. Maior qualidade de projeto e de detalhes; já que se gasta menos tempo com representações gráficas;

IV. Mais controle das informações de projeto, já que o BIM se torna banco de dados central das informações do projeto como um todo;



V. Expansão do mercado de atuação da empresa, pois gera novos produtos onde o escritório pode ofertar, como imagens, estimativas de custos, quantitativos;

VI. Instrução a jovens arquitetos, que precisam elaborar soluções construtivas em pouco tempo, melhorando a qualidade de projeto nas etapas iniciais;

VII. Grande facilidade no gerenciamento de mudanças no projeto.

Os ganhos com o BIM estão diretamente ligados à melhora do fluxo de informações durante um projeto e da tomada de decisão pela equipe envolvida. É difícil de se medir de fato o quanto se ganha com a utilização do modelo, no entanto há exemplos concretos de benefícios gerados ao se trabalhar com a tecnologia:

- Informações de compatibilidades espaciais, com a identificação de inconformidades pelo usuário facilitada pela tecnologia, ou até a possibilidade de detecção automática de erros;
- Extração de quantitativos, simplificando muito o levantamento para processo de orçamentação ou qualquer que seja o caso;
- Qualidade das informações contidas nos desenhos enviados à obra, que evita as alterações desordenadas em projetos, que podem ocorrer em obras sem modelagem. Com BIM, mesmo que alterações sejam necessárias, há mais facilidade, e com isso as soluções são mais ágeis e mais assertivas;
- Estudos para movimentação de terras e terraplanagem, com possibilidade de simulações de volume de terra e posição da edificação através da tecnologia, extraindo os resultados;
- Atividades de produção não identificadas no projeto, que muitas vezes são executadas apenas através da experiência profissional, e com um modelo BIM podem ter a execução visualizada através de animação.



Para o presente trabalho, a vantagem mais significativa é a eficiência na identificação de incompatibilidades de projeto.

### **3.4 Softwares com tecnologia BIM**

Com avanço tecnológico da construção civil, podemos acompanhar a criação de diversos softwares, desenvolvidos por diferentes empresas, que contemplam a tecnologia BIM. Os softwares geralmente são elaborados focando em um setor ou especialidade, como por exemplo, estruturas, arquitetura ou instalações.

Um ponto importante a ser destacado é da produção e difusão de objetos e componentes BIM. Sem esses itens não seria possível obter modelos detalhados e informativos como se espera da metodologia. Com o avanço do BIM no setor, podemos observar, também, o aumento do número de bibliotecas BIM, que concentram milhares de objetos, possibilitando uma modelagem de informação rica. Essas bibliotecas tanto de origem privada e pública, criadas em sua maioria na Europa e América do Norte, são importantes ferramentas para centralizar e democratizar o acesso à informação de BIM.

No Brasil, a difusão dessas informações acelerou com o lançamento da Plataforma BIM BR e da Biblioteca Nacional BIM BR pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial em parceria com o Governo Federal. Em aproximadamente dois anos, a plataforma já possui quase 2mil objetos BIM disponíveis para download gratuito e mais de 14 mil usuários cadastrados, fomentado o uso de processos BIM.



Além de softwares responsáveis pela modelagem do projeto, existem também softwares focados no planejamento e gestão BIM. Essa metodologia não visa entregar apenas um modelo visual, como também informações multidisciplinares importantes para o processo.

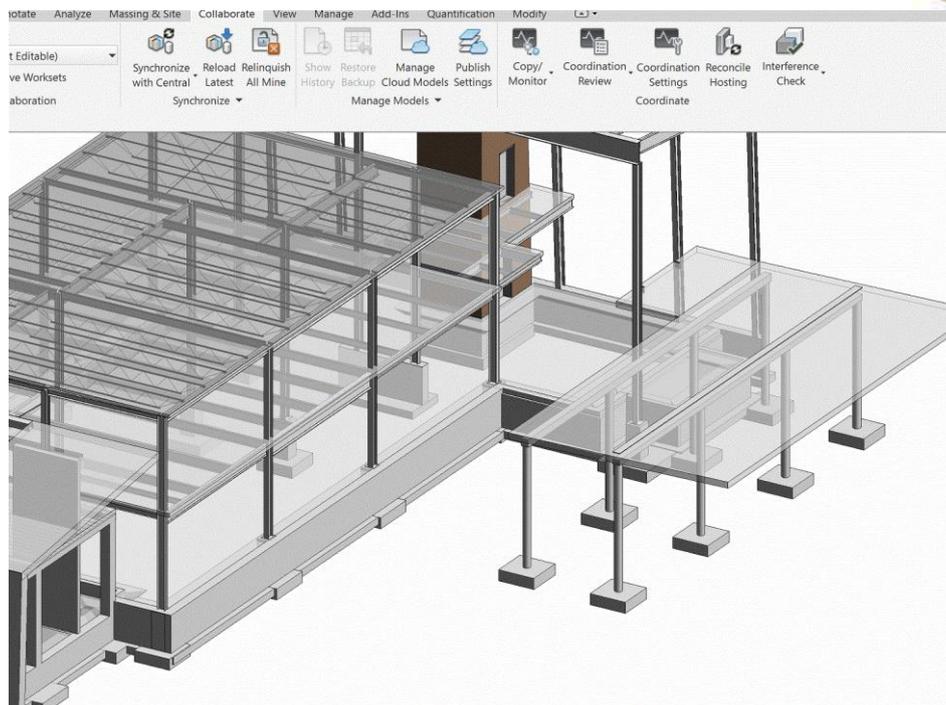
#### - **Autodesk Revit**

Anteriormente conhecido apenas como Revit Architecture, esse software foi desenvolvido pela empresa Revit Technology Corporation. No ano de 2002 foi comprado pela Autodesk, empresa detentora da marca Autocad, e passou a ser denominado de Autodesk Revit.

No seu início, suas ferramentas eram específicas para o desenvolvimento e modelagem de projetos de arquitetura. Com o avanço da tecnologia, o programa expandiu suas áreas de atuação, como por exemplo engenharia estrutural (Revit Structure) e de instalações (Revit MEP). O software é referência no setor, e atualmente é o mais utilizado pelas empresas elaboradoras de projetos.

Além da modelagem dos componentes da construção com detalhamento bem completo, o software é capaz de gerar tabelas de levantamento de quantidade de material, além de carregar consigo as especificações dos elementos.

O próprio software é capaz de fazer o sobreamento entre os diferentes projetos, possibilitando a identificação de interferências. A integração entre os projetos de arquitetura, estrutural e de instalações facilita a compatibilização de projetos.



**Figura 3.1** - Exemplo de modelagem em Revit.

**Fonte:** Site Autodesk

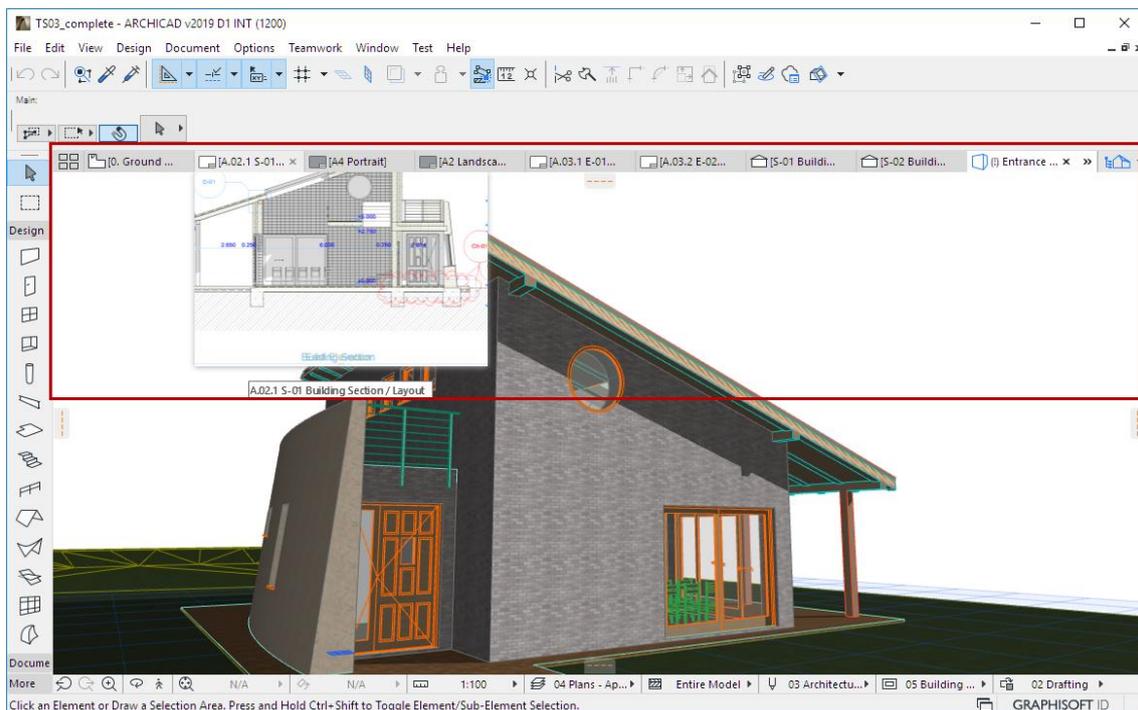
#### - **Archicad**

Criado pela empresa Graphisoft, o software foi desenvolvido com foco na modelagem de projetos de arquitetura. No mundo BIM, é o principal concorrente do Revit, e é o programa para arquitetura mais usado no Japão e na Europa, gerando modelos em 2D e 3D.

Esse programa também elabora tabelas de quantidades de material, e carrega todas as informações de cada elemento do modelo. Além disso, o Archicad gera automaticamente animações e cenas em realidade virtual, função de grande valor, possibilitando o cliente de imergir na obra antes do fim da mesma.

O software proporciona grande eficiência no quesito compatibilização de projetos. Primeiramente, o produto da Graphisoft possui uma base ampla de usuários espalhados pelo mundo todo. Além disso, arquitetos e engenheiros podem trabalhar de forma colaborativa, com seus arquivos vinculados ao modelo federado (um único arquivo) no servidor BIM. Dessa maneira, para qualquer alteração basta salvar no servidor, que os outros colaboradores podem acompanhar automaticamente.

Outra iniciativa adotada é a participação no Open BIM, possibilitando que os profissionais compartilhem seus arquivos independente do software que esteja modelado o projeto.



**Figura 3.2** - Interface de modelo Archicad.

**Fonte:** Site Graphisoft



## - Tekla Structures

O software Tekla Structures foi desenvolvido pela Tekla Corporation, que em 2012 foi adquirida pela empresa Trimble Navigation. A Tekla não é focada apenas no ramo de edificações, atendendo também os setores de infraestrutura e energia. Na década de 90, o produto inicial era conhecido como Xsteel, destinado ao detalhamento de projetos em aço.

Para atender a demanda, o software foi evoluindo, ampliando suas ferramentas para o detalhamento de estruturas em concreto pré-moldado, concreto armado e madeira.

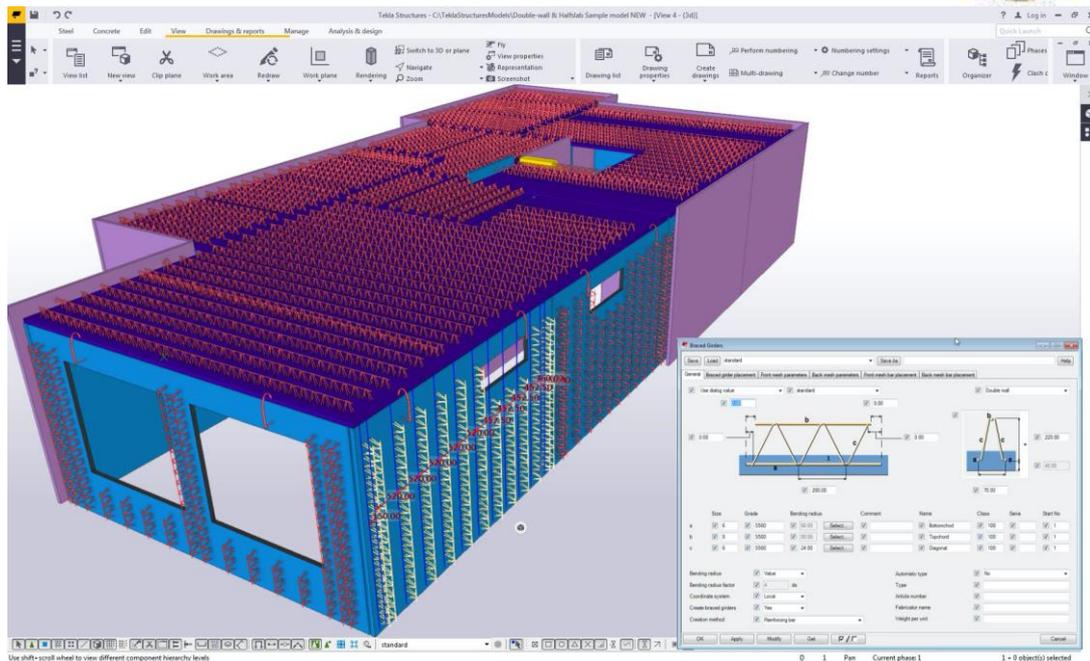
Alguns pontos positivos e negativos do Tekla Structures são citados por Eastman et al. (2014):

- **Positivos:**

- Capaz de modelar e detalhar estruturas que incorporam todos os tipos de materiais estruturais;
- Habilidade para suporte a modelos muito grandes e operação de múltiplos usuários ao mesmo tempo no mesmo projeto;
- Suporta bibliotecas de componentes personalizados paramétricos complexos com pouca ou nenhuma programação.

- **Negativos:**

- Funcionalidades complexas para aprender e utilizar plenamente;
- Incapaz de importar superfícies multicurvadas complexas de aplicações externas.



**Figura 3.3** - Modelagem do modelo estrutural de uma estrutura em concreto pré moldado

Fonte: Site Tekla Structures

### - Autodesk NavisWorks

O Navisworks, desenvolvido pela empresa Autodesk, é um software destinado à arquitetura, engenharia e construção. Sua principal aplicabilidade é na análise de projetos. A sua utilização possibilita aos profissionais responsáveis um controle mais assertivo do projeto.

Suas ferramentas permitem integrar os modelos das diferentes especialidades de um projeto, unificando toda a modelagem, geometria e dados. Dessa maneira, é possível executar a compatibilização de todos os projetos e verificação de todas interferências. Por esse motivo, no ramo da construção essa ferramenta é uma das mais importantes.



Esse programa possui funcionalidades para diferentes esferas do BIM: 3D (Coordenação), 4D (planejamento) e 5D (análise de custo). Para a coordenação do projeto o software disponibiliza navegação 3D, geração de animações e imagens foto realistas e verificação de interferências. Já para o planejamento podemos citar a integração de cronogramas, análise de desvios ao cronograma inicial e simulação da sequência da construção. Por último, o software colabora ao gerenciamento de custos do projeto através da geração de listagens detalhadas de medições/custos e medições com base no modelo 3D e 2D.

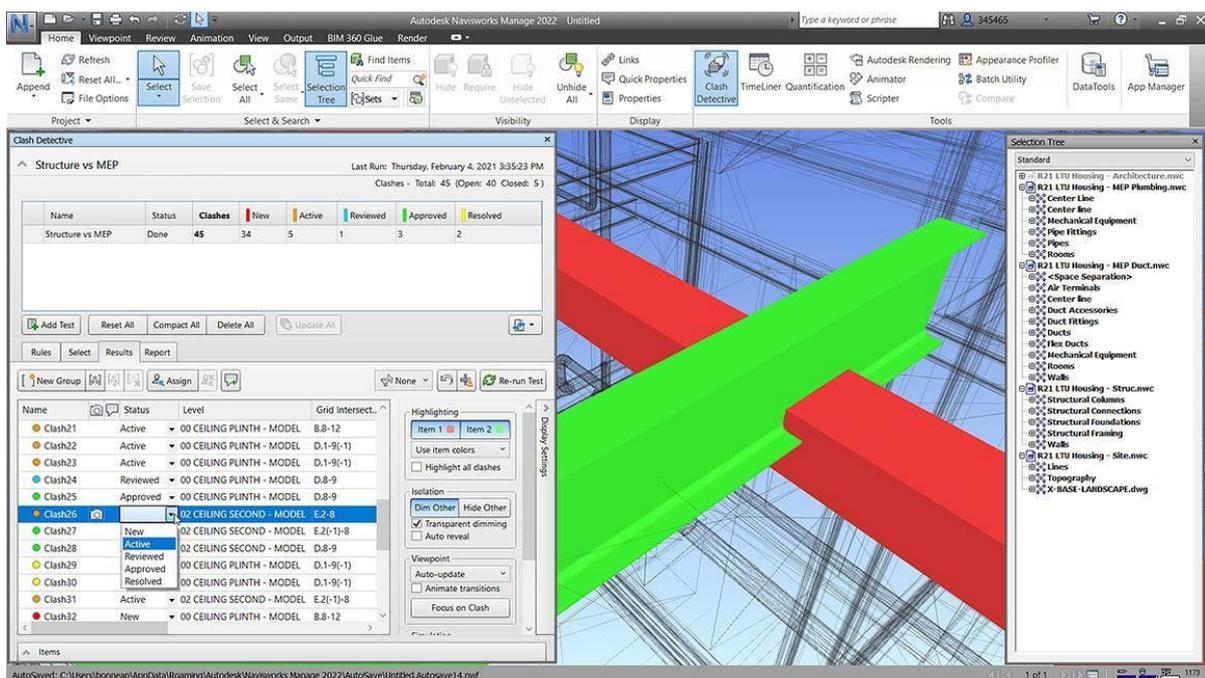


Figura 3.4 - Verificação de interferências pelo NavisWorks.

Fonte: Site Autodesk



- **Solibri Model Checker**

Desenvolvido pela empresa Solibri, o Solibri Model Checker é um software de análise, que possui como principal funcionalidade a verificação da integridade dos modelos, buscando interferências e incompatibilidades de acordo com regras e parâmetros estabelecidos. Além disso, o software é capaz de verificar se o projeto está de acordo com o Código de Obras e dentro das normas de segurança e acessibilidade, por exemplo.

Como já dito, o software realiza a análise de acordo com as regras selecionadas que podem ser: duplicidade de elementos, interseções entre elementos estruturais e de instalações, por exemplo. Dessa maneira, o controle de qualidade do projeto pode ser realizado de maneira mais filtrada e específica. Com os resultados disponibilizados em tabelas como as abaixo, a previsão de erros e definição de soluções ocorre nas etapas mais iniciais.

Σ RESULT SUMMARY					
Issue Count	85	495	1	457	122
Issue Density	4.3	25	0.050	23	6.2

	Crítico
	Importância moderada
	Pouco importante
	Rejeitado
	Aceite

**Figura 3.5** - Exemplo de tabela e legenda para verificação da integridade do modelo.

Fonte: <https://spbim.com.br/o-que-e-o-solibri/>



## **4 EXEMPLOS DE CASOS**

### **4.1 Casos de incompatibilização de projetos**

Apesar de todas as ferramentas e possibilidades existentes para um desenvolvimento de projetos minimizando os imprevistos, não é isso que ocorre na maioria dos casos. Os métodos de modelagem ainda não são unanimidade nas obras e escritórios, especialmente aqui no Brasil.

Os projetos muitas vezes são elaborados através de softwares que não possuem tecnologia BIM, acarretando em falhas e desencontros de informações fornecidas pelos projetos. Isto é, quando a modelagem não está presente no processo de desenvolvimento de um projeto, há grande possibilidade de existirem incompatibilidades.

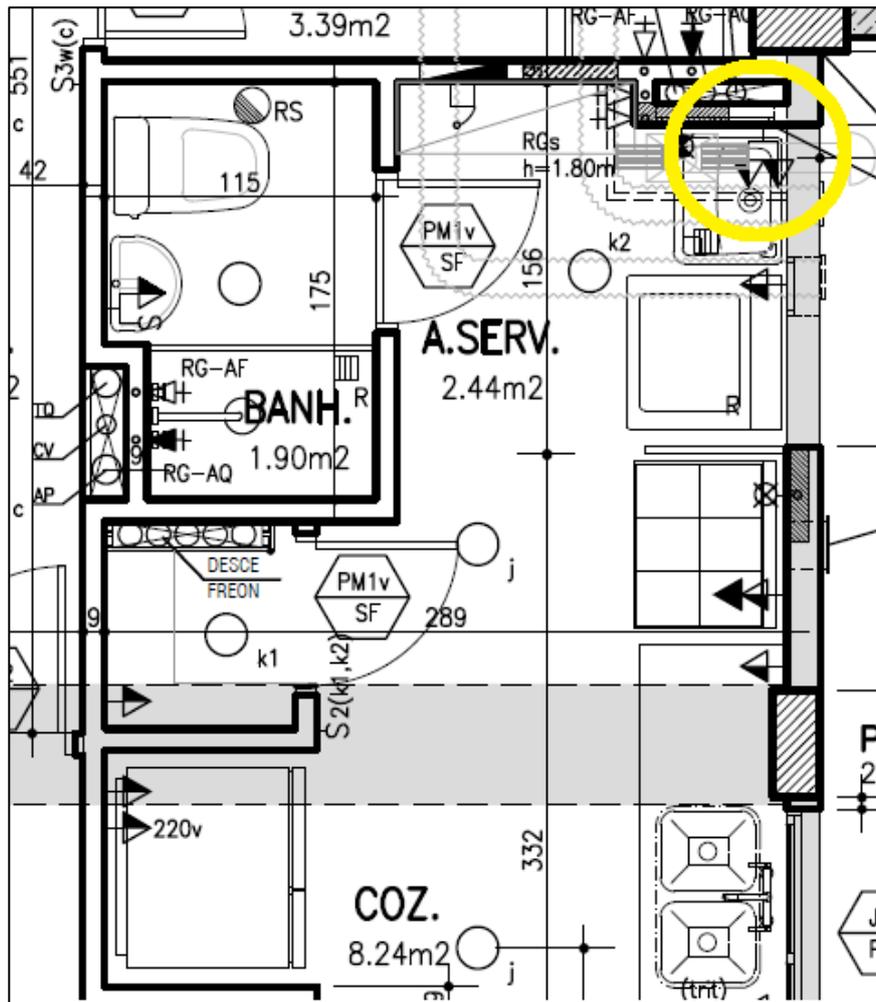
Além disso, as alterações de projeto são comuns na engenharia civil, seja por soluções necessárias para uma questão que surge no campo, ou por determinações de proprietários, como ocorre em muitas obras residenciais.

Através do acompanhamento de uma obra residencial em andamento na Barra da Tijuca, alguns casos puderam ser observados e demonstrados para reforçar o cenário de incompatibilização de projetos na construção civil. Nesta obra não há utilização de modelagem, os projetos são executados e compatibilizados através de AutoCad.

#### **4.1.1 Caso 1**

Uma primeira situação comum e simples de incompatibilização foi identificada, com relação a pontos de instalações.

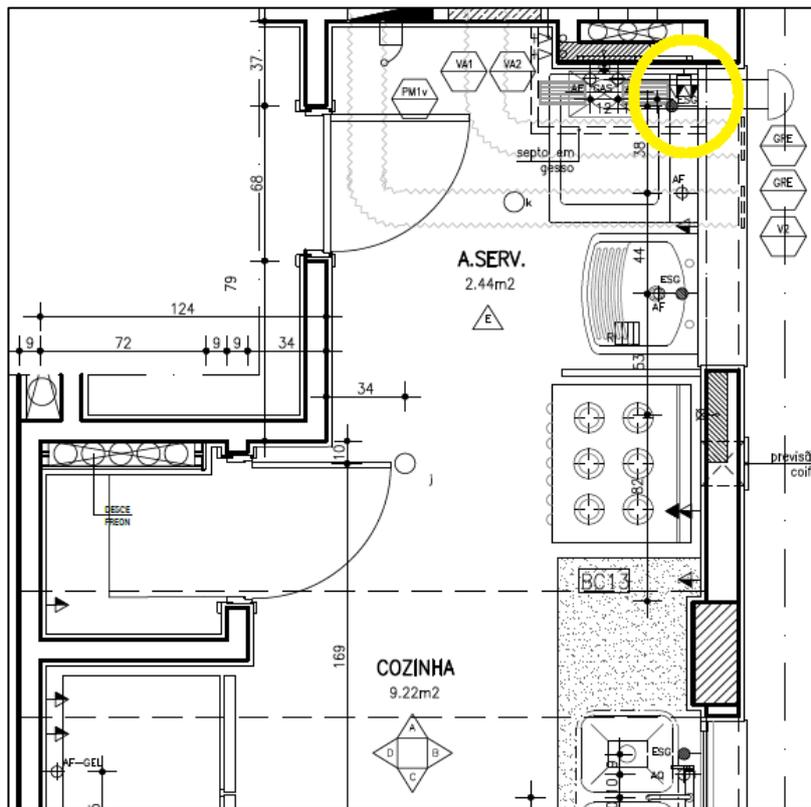




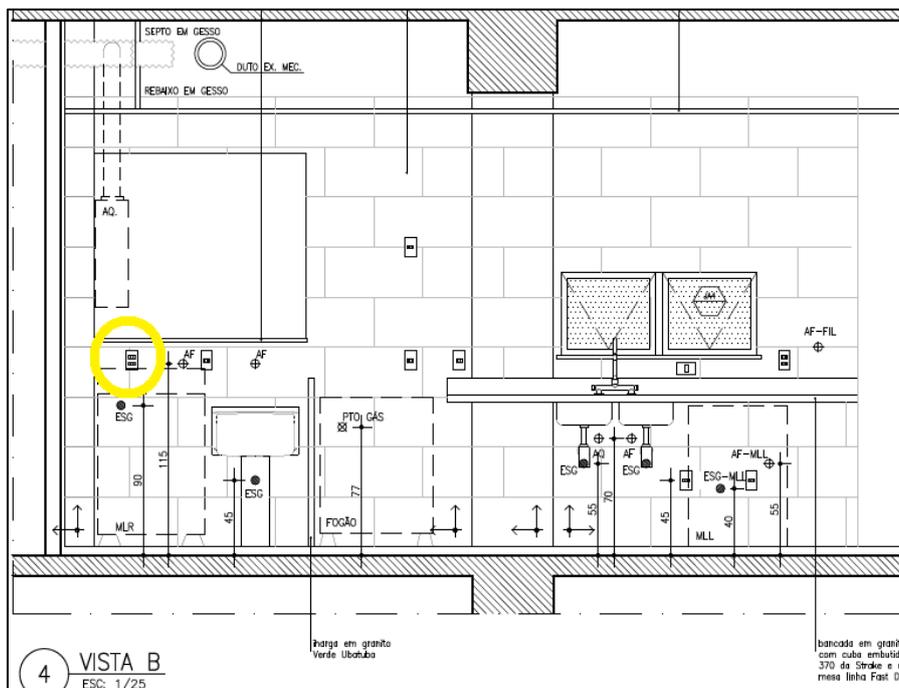
**Figura 4.2** - Projeto executivo de arquitetura da área de serviço em questão, com a configuração de pontos compatível com o projeto de elétrica.

Fonte: Projeto disponibilizado em estágio do autor.

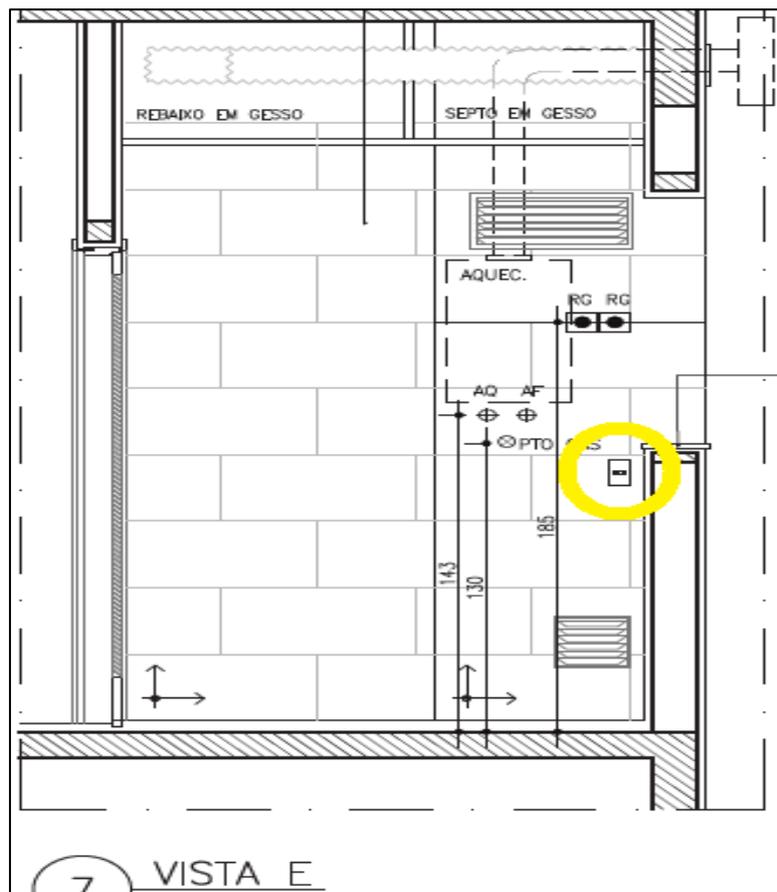
Na verdade, neste caso, além da diferença entre os projetos, há uma discrepância dentro do próprio projeto de detalhamento da área de serviço. Na planta baixa (Figura 4.3), o posicionamento segue corretamente o que se observa nos demais projetos. No entanto, as vistas mostram um posicionamento de pontos diferente dos demais e, portanto, incorreto.



**Figura 4.3** - Planta baixa do projeto de detalhamento de área molhada. Detalhe para as referências às vistas, de "A" a "E".  
 Fonte: Projeto disponibilizado em estágio do autor.



**Figura 4.4** - Vista B do projeto de detalhamento, com ponto de tomada dupla inexistente tanto na planta baixa quanto em demais projetos.  
 Fonte: Projeto disponibilizado em estágio do autor.



**Figura 4.5** - Vista E do projeto de detalhamento. No local correto do ponto de tomada dupla segundo os demais projetos, há ponto de tomada simples.

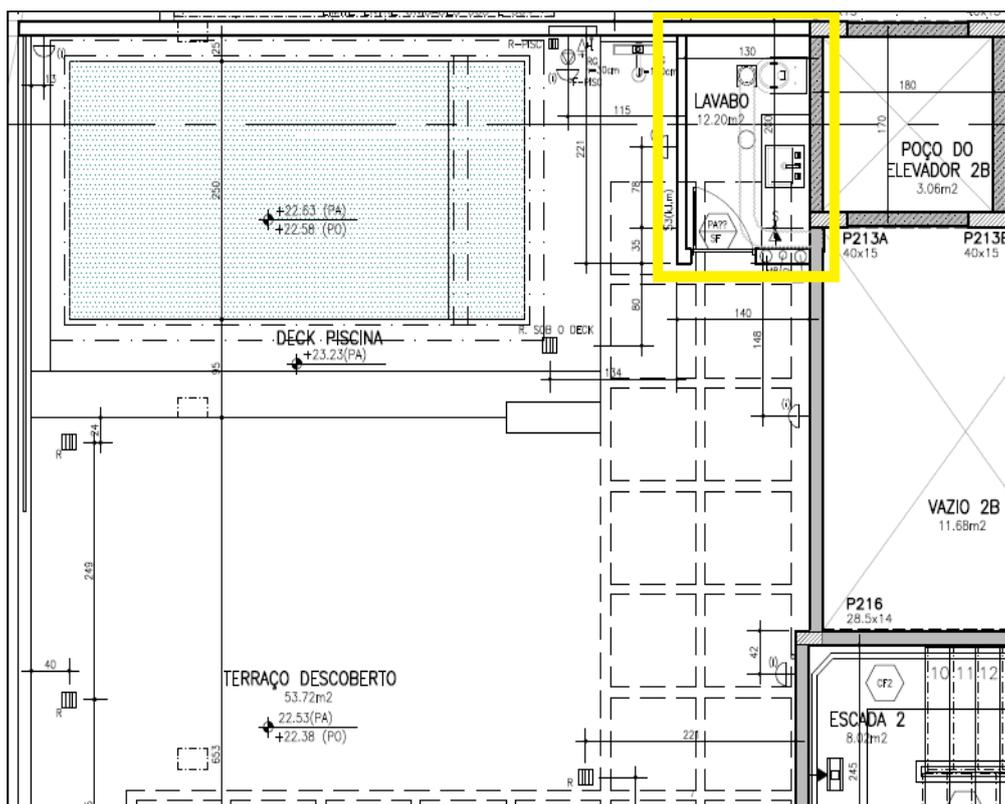
Fonte: Projeto disponibilizado em estágio do autor.

Isto pode ser interpretado como uma pequena falha no desenho das vistas, com a informação correta sendo encontrada nas demais plantas. Porém, o profissional que executa as marcações, corta as alvenarias e instala os pontos, seguindo as vistas presentes no detalhamento, poderia cometer um equívoco. Isto, se não identificado no momento, ocasionaria uma falha que exige retrabalho para corrigir posteriormente. Além disso, caso esta seja uma planta tipo do empreendimento, o erro seria replicado diversas vezes e multiplicaria os prejuízos, mostrando a importância de uma análise prévia de todos os projetos para evitar esse tipo de problema.

#### 4.1.2 Caso 2

Na mesma obra residencial, foram encontradas também discrepâncias entre o projeto de arquitetura e o projeto de formas.

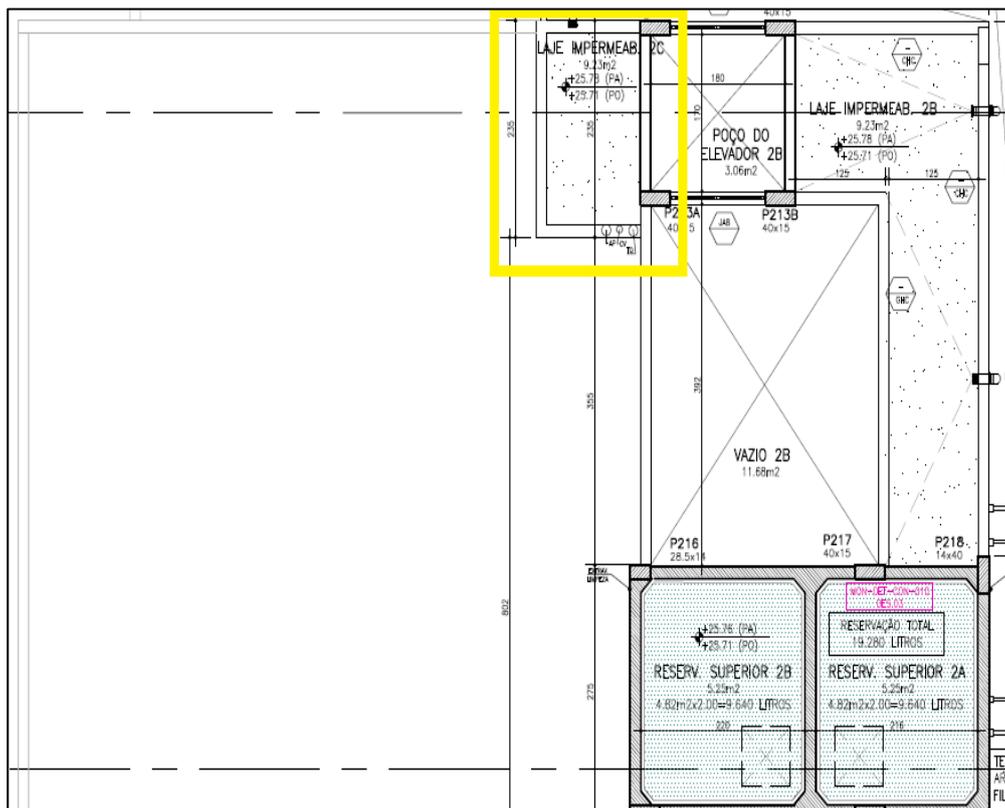
No empreendimento em questão, algumas unidades de cobertura são duplex, possuindo terraço e dependências superiores. Como se pode ver no projeto de arquitetura (Figura 4.6), uma dessas coberturas possui, no pavimento superior, além de sala e um quarto, um terraço com piscina e, ao lado, um lavabo.



**Figura 4.6** - Parte do projeto de arquitetura do duplex em questão, com destaque para área do lavabo.

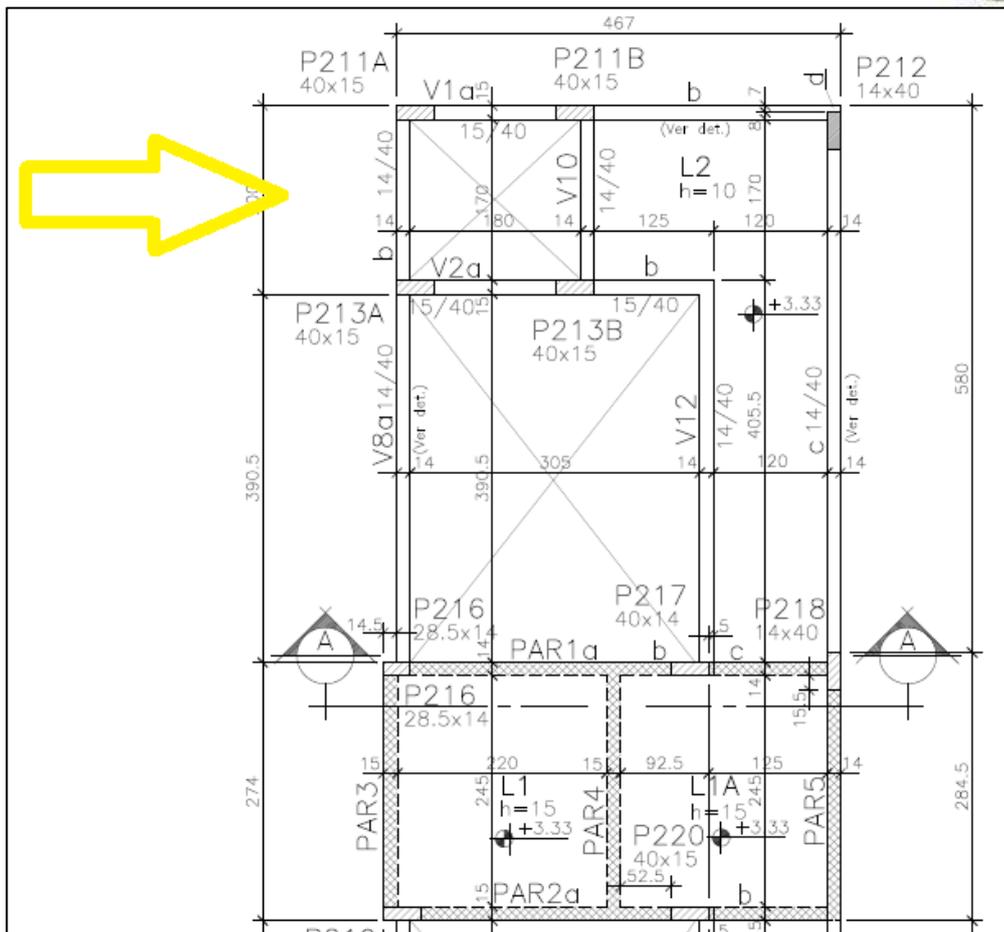
Fonte: Projeto disponibilizado em estágio do autor

Este lavabo, uma área coberta separada das demais áreas cobertas, é evidenciado também na planta de arquitetura do reservatório (Figura 4.7), devido a presença da laje impermeabilizada 2C, que cobre esse ambiente.



**Figura 4.7** - Parte do projeto de arquitetura do reservatório, com indicação de laje impermeabilizada acima da área do lavabo.  
 Fonte: Projeto disponibilizado em estágio do autor.

Todavia, ao abrir o projeto de formas do duplex (Figura 4.8), a laje que deveria cobrir o lavabo não está presente. Assim, como a empresa contratada para realizar os serviços de formas segue seu projeto, esta laje não foi executada.



**Figura 4.8** - Parte do projeto de formas, sem a presença da laje de teto do lavabo.  
 Fonte: Projeto disponibilizado em estágio do autor.

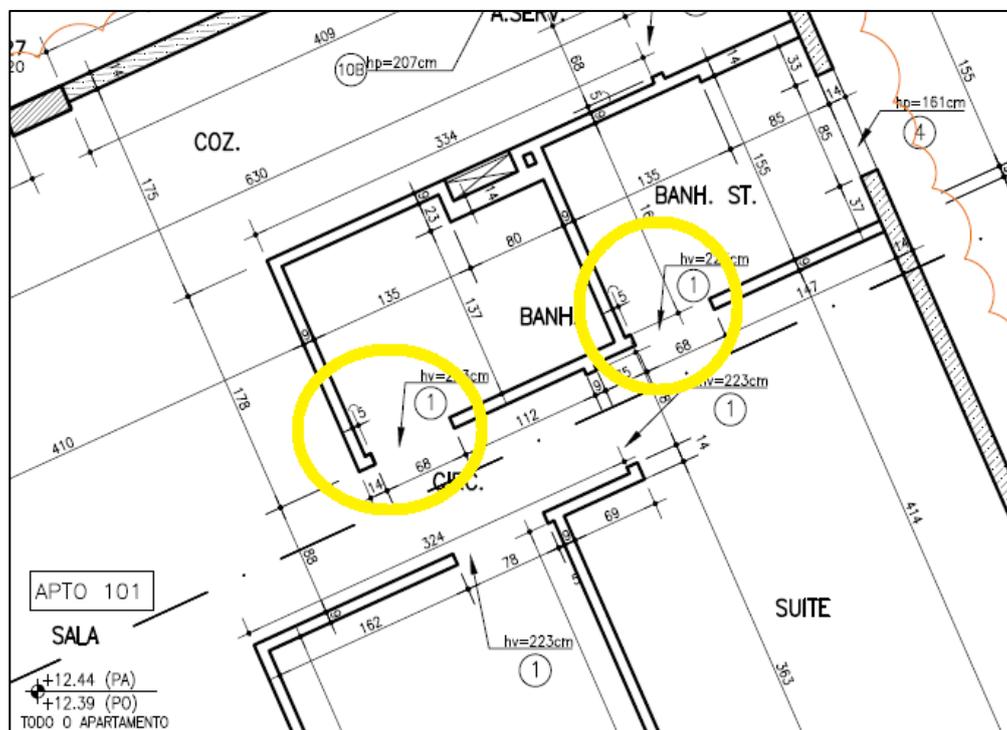
Devido a esta incompatibilização, o projeto do local teve que ser revisado após sua execução e reenviado ao calculista, para que a laje do teto do lavabo possa ser incorporada à estrutura, o que não é algo simples.

Esta discrepância entre os projetos de arquitetura e formas pode ter ocorrido em um momento de revisão requisitada pelos proprietários do apartamento. Um terraço originalmente sem lavabo, como consta no projeto de formas, que teria sido revisado para a inclusão deste. Porém, como os projetos de arquitetura e de formas são executados independentemente, houve atualização em apenas um deles.

### 4.1.3 Caso 3

Com o andamento da obra, na fase de alvenarias, mais discordâncias foram reveladas.

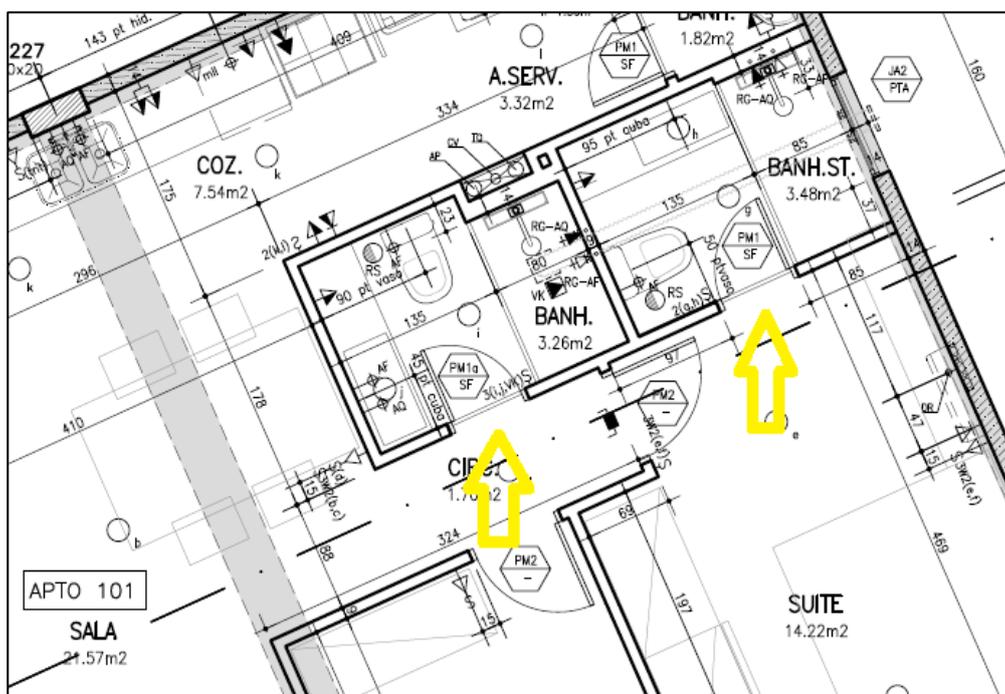
O projeto de alvenarias (Figura 4.9) mostra, em uma unidade, os vãos das portas de dois banheiros no canto do cômodo, a apenas cinco centímetros do fim dos mesmos.



**Figura 4.9** - Parte do projeto de alvenaria, que mostra os banheiros do quarto e da suíte, com destaque para o posicionamento dos vãos das portas.

Fonte: Projeto disponibilizado em estágio do autor.

Desta forma, a empresa responsável pela execução das alvenarias, seguindo este projeto, concluiu os serviços, com as alvenarias já levantadas e os devidos apertos. O problema é que, no projeto de arquitetura (Figura 4.10), no qual há louças e bancadas posicionadas, os vãos das portas dos devidos banheiros encontram-se com um posicionamento diferente. Neste projeto, eles estão mais centralizados, pois nos cantos em que supostamente estariam, há louças e bancadas.



**Figura 4.10** - Parte do projeto de arquitetura que mostra a área em questão, com um diferente posicionamento das portas.

Fonte: Projeto disponibilizado em estágio do autor.

Neste cenário, o posicionamento a ser seguido é o que consta no projeto de arquitetura. Já que os serviços de alvenaria do local haviam sido concluídos, houve necessidade de quebra da alvenaria na posição correta do vão, assim como o fechamento no vão que fora deixado como previsão para porta incorretamente.



## 4.2 Casos com modelagem

A adoção de novas tecnologias na construção civil é uma tendência necessária e de grande valor para o setor. No Brasil ainda não encontramos com frequência obras com projetos modelados para o formato BIM. Porém, com o desenvolvimento e crescimento da indústria da construção civil a tendência é que esse número cresça de forma gradual.

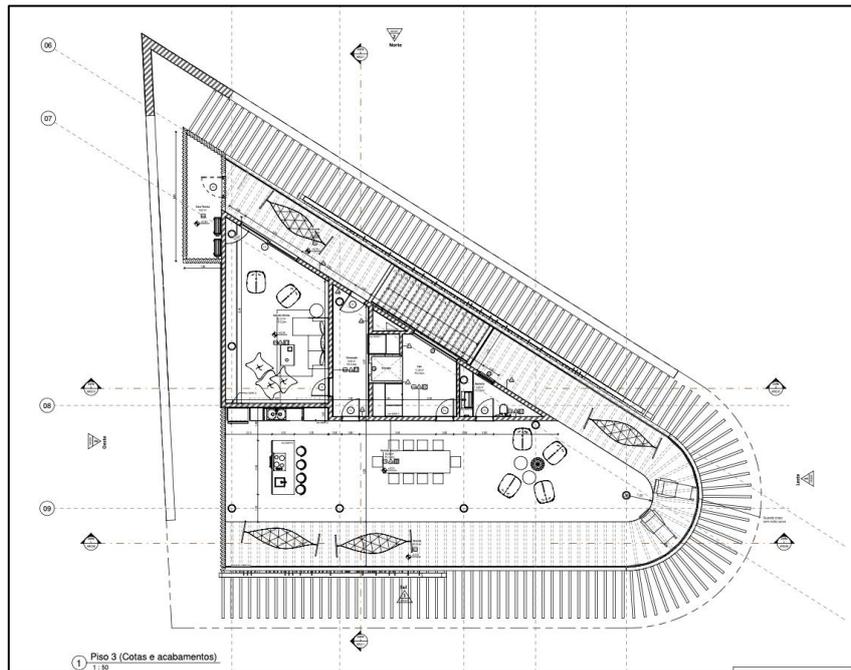
Conforme já foi citado anteriormente, a utilização da modelagem BIM do projeto proporciona muitos benefícios para diversas etapas da obra, porém para os estudos de caso em questão são destacados dois:

- Facilidade no gerenciamento de mudanças no projeto.
- Estudos para movimentação de terras e terraplanagem, com possibilidade de simulações de volume de terra e posição da edificação através da tecnologia, extraindo os resultados.

Os projetos e os modelos demonstrados nos casos a seguir são de autoria do escritório Mareines Arquitetura e as informações e dados citados foram obtidos durante experiência de estágio na empresa de engenharia responsável pela execução da obra.

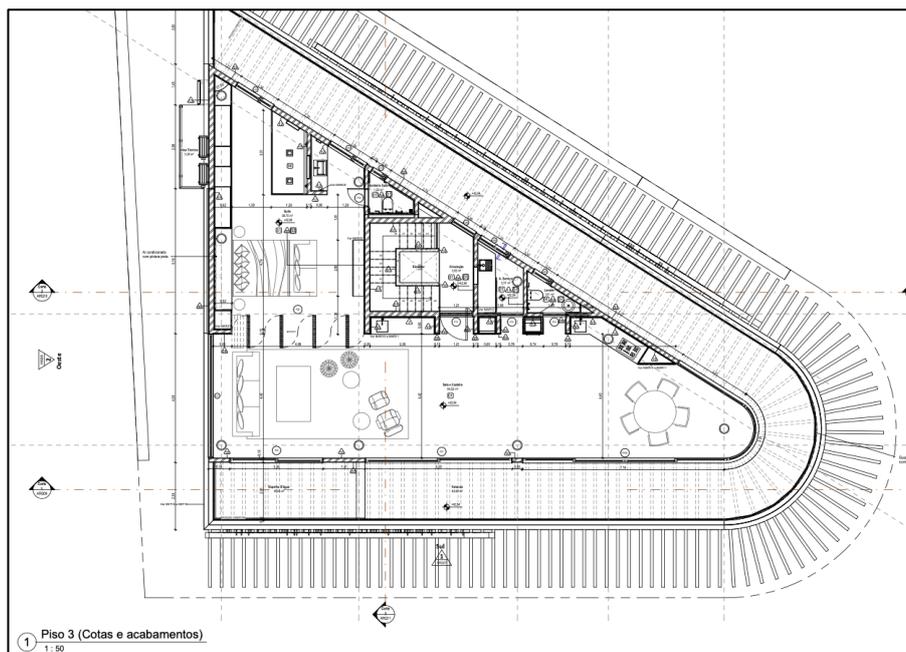
### 4.2.1 Caso 1: Alteração de layout

Esse caso é proveniente da execução de uma obra de um prédio residencial particular com 3 andares, no bairro Joá, no Rio de Janeiro. O projeto inicial era composto por pavimento térreo, dois pavimentos tipo, e um pavimento cobertura, com uma área social. Esse pavimento era composto por um hall, banheiro, varanda gourmet, e sala de cinema, como podemos ver na figura 4.11.



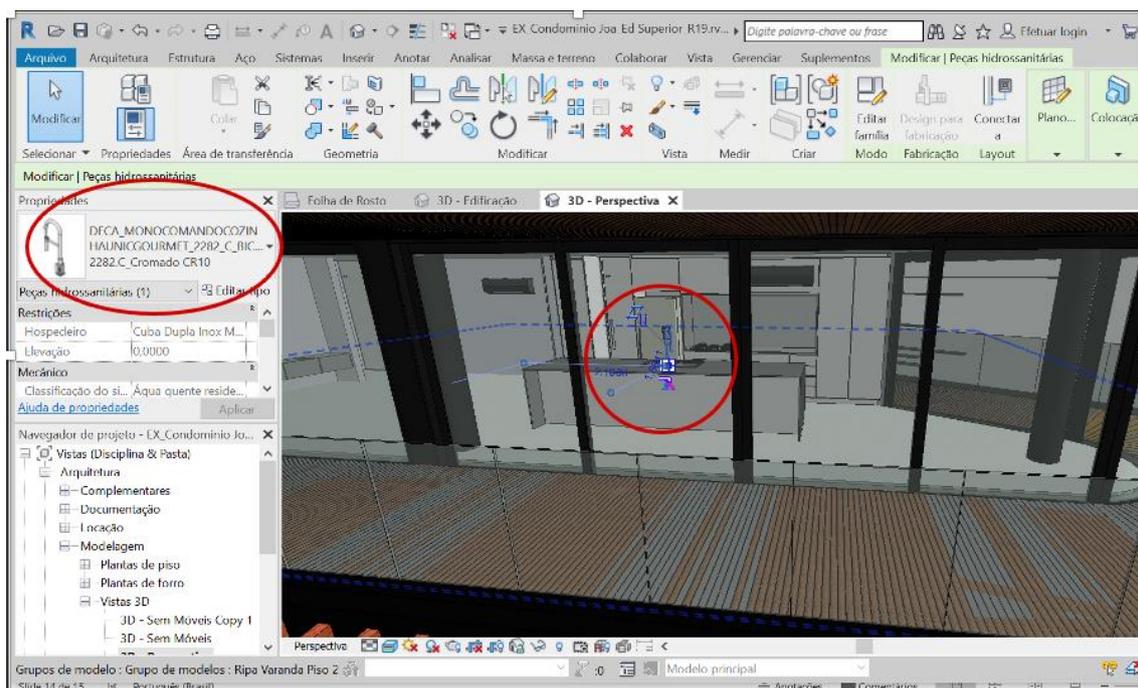
**Figura 4.11 - Planta Baixa Piso 3 - rev. 18.**  
Fonte: Projeto disponibilizado em estágio do autor.

Após 6 meses de serviços de desmonte de rocha e mais 8 meses de construção, o proprietário resolveu alterar o layout do piso 3 transformando-o em mais um apartamento residencial, porém com planta baixa diferente do pavimento tipo.

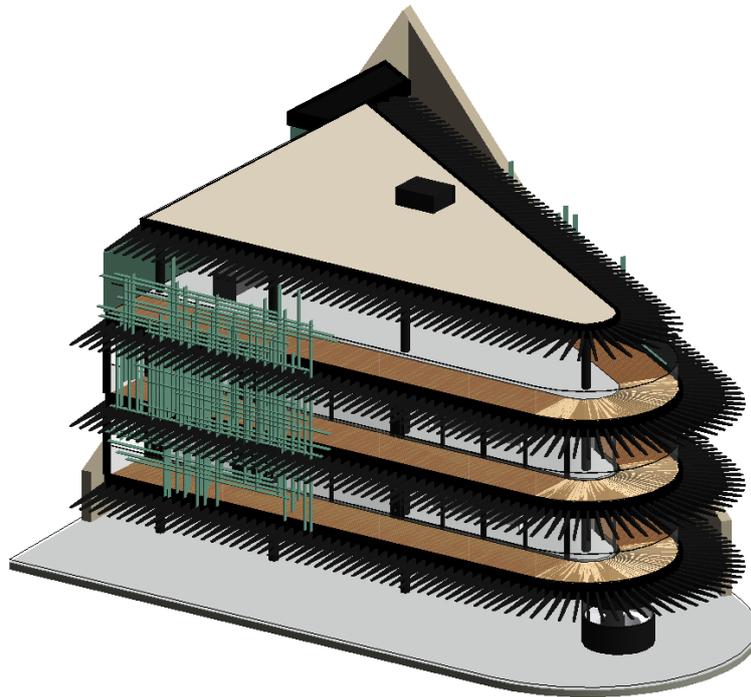


**Figura 4.12 - Planta Baixa Piso 3 - rev. 28.**  
Fonte: Projeto disponibilizado em estágio do autor.

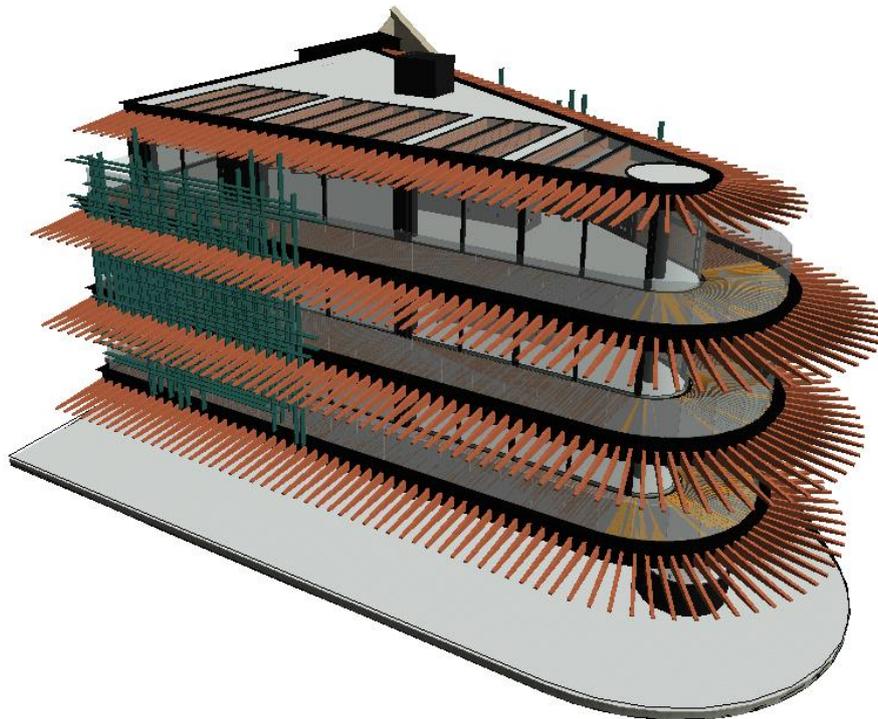
Como o projeto em questão foi executado no Revit, o processo para alteração do layout e compatibilização com outros projetos foi realizado de maneira rápida e eficaz, podendo atender à solicitação do cliente sem grandes adversidades. Para a empresa responsável pela execução da obra, os transtornos da mudança também foram amenizados, pois com o projeto modelado, logo após a realização do layout, o novo quantitativo e especificações dos materiais puderam ser extraídos do arquivo imediatamente. As consequências poderiam ter sido mais drásticas sem a utilização da modelagem, pois a demora para realizar a compatibilização dos projetos poderia ter causado um atraso no cronograma da obra.



**Figura 4.13** - Especificação do monocomando da pia da cozinha extraída do modelo.  
 Fonte: Disponibilizado em estágio do autor.



**Figura 4.14** - Modelo 3D do edifício com layout do piso 3 como área de uso comum.  
Fonte: Projeto disponibilizado em estágio do autor.



**Figura 4.15** - Modelo 3D do edifício com layout do piso 3 como apartamento.  
Fonte: Modelo disponibilizado em estágio do autor.

#### 4.2.2 Caso 2: Medição de desmonte e movimentação de rocha

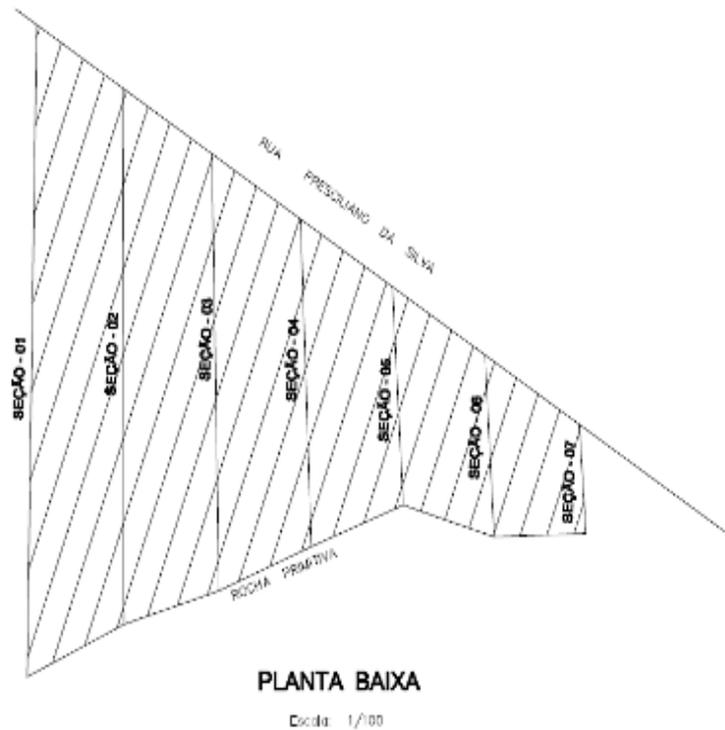
O seguinte caso a ser apresentado também ocorreu na obra do edifício residencial descrito no caso 1, no bairro do Joá. O terreno da obra era composto por uma rocha bem grande, e foi necessário o seu desmonte e remoção para que a elevação do edifício pudesse ter início.



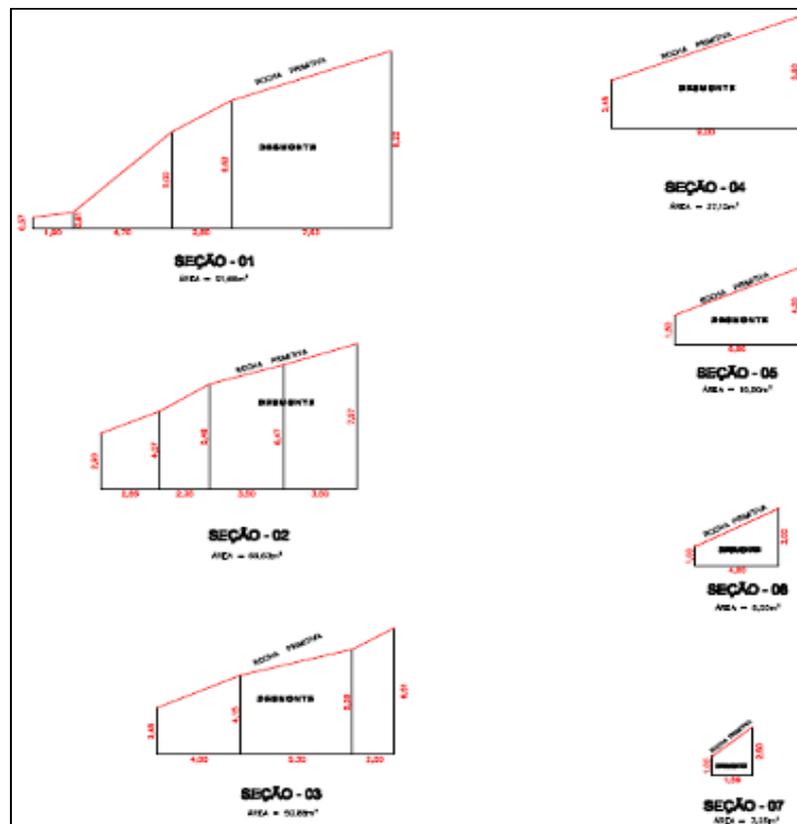
**Figura 4.16** - Demarcação aproximada da área de rocha a ser retirada.

Fonte: Disponibilizado em estágio do autor.

Após a finalização do desmonte da rocha, a empresa que executou apresentou uma medição do serviço, por meio de m<sup>3</sup> de rocha, de 754 m<sup>3</sup>, obtidos através de métodos de cálculo tradicionais como o das figuras 4.17 e 4.18.

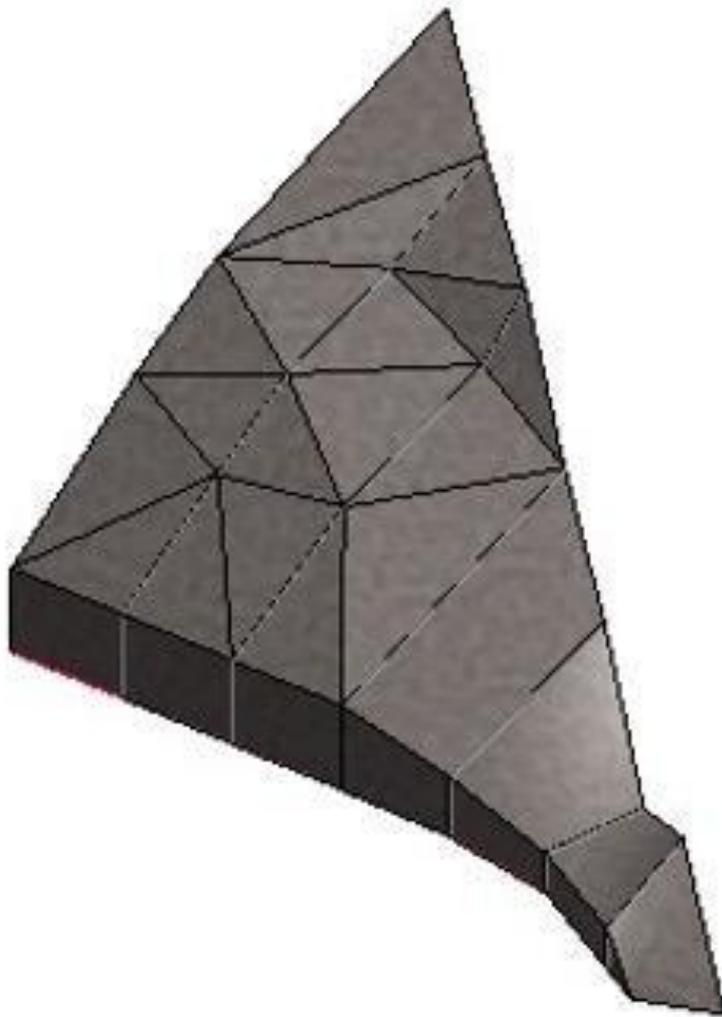


**Figura 4.17** - Cálculo do volume de rocha através de métodos convencionais.  
Fonte: Projeto disponibilizado em estágio do autor.



**Figura 4.18** - Cálculo do volume de rocha através de métodos convencionais.  
Fonte: Disponibilizado em estágio do autor.

A empresa de engenharia responsável pela execução da obra verificou o volume de rocha através da modelagem 3D do terreno feita por drone, como uma espécie de escaneamento do terreno. Dessa maneira, o volume encontrado, com mais precisão e rapidez, foi de 635 m<sup>3</sup>, gerando uma economia expressiva no aspecto financeiro da obra.



**Figura 4.19** - Modelagem 3D do terreno para aferição do volume de rocha.

Fonte: Modelo disponibilizado em estágio do autor.



**Figura 4.20** - Visão geral do terreno após a execução do desmonte de rocha.

Fonte: Disponibilizado em estágio do autor.

### **4.2.3 Caso 3: Medição de movimentação de terra**

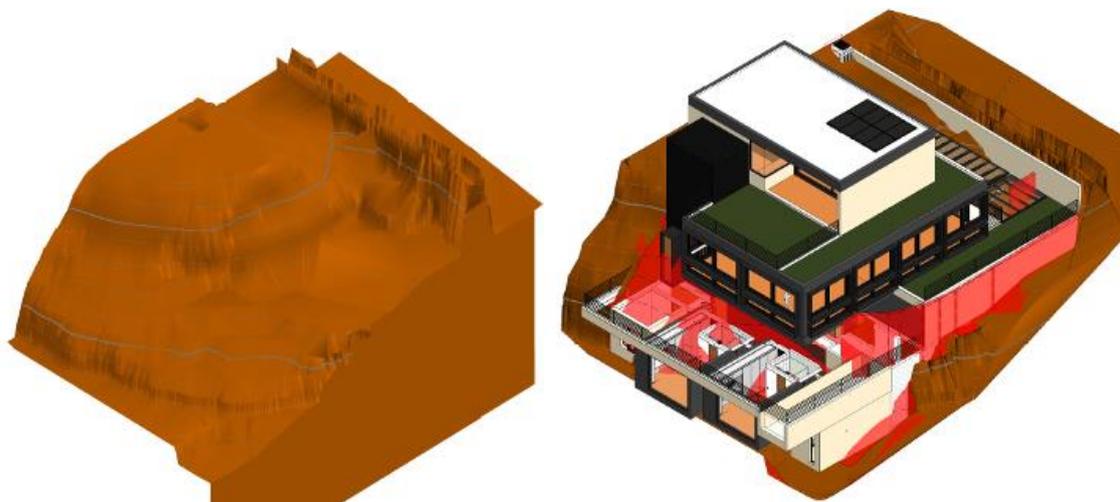
O terceiro caso se refere a uma obra residencial, com sua locação posicionada em um terreno com bastante declive. Por esse motivo, foi necessário realizar a movimentação de um grande volume de terra. O projeto da obra foi todo modelado no formato 3D, e o terreno passou por escaneamento executado através de drone para que também pudesse ser extraído para o formato 3D.



**Figura 4.21** - Escaneamento do terreno feito por drones.

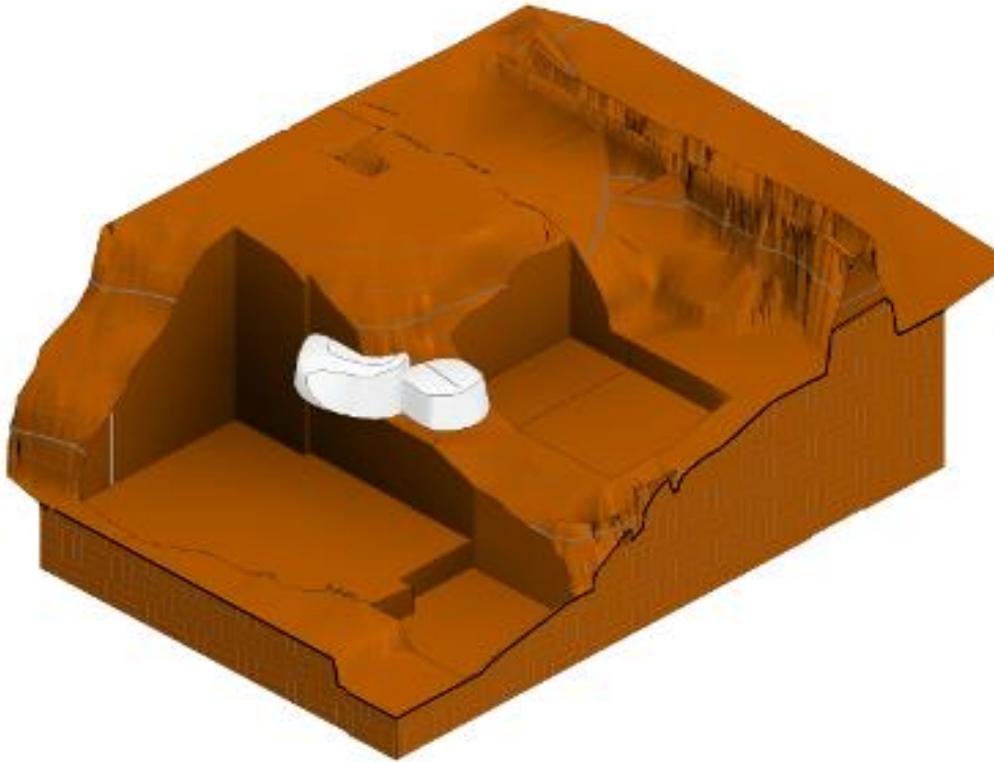
Fonte: Disponibilizado em estágio do autor.

A partir desse escaneamento foi possível extrair a topografia do terreno, e dessa maneira poder alocar a casa no mesmo, e verificar onde seria necessário realizar a movimentação de terra.



**Figura 4.22** - Topografia do terreno em modelagem 3D.

Fonte: Disponibilizado em estágio do autor.



**Figura 4.23** - Modelo 3D da topografia do terreno já com os cortes para movimentação de terra.

Fonte: Disponibilizado em estágio do autor.

O problema encontrado pela construtora foi o mesmo citado no caso anterior, no qual a empresa de execução da movimentação de terra fez uma medição do volume de terra diferente da encontrada pela construtora através do uso da tecnologia. A diferença entre os volumes foi de aproximadamente 90 m<sup>3</sup>. O uso de novas tecnologias, mais uma vez, possibilitou uma maior economia para a empresa responsável pela obra.



## 5 CONCLUSÃO

A partir dos casos apresentados no presente trabalho, percebe-se que a engenharia civil ainda tem a evoluir quando se diz respeito ao desenvolvimento e compatibilização de projetos, principalmente no Brasil. Buscando cada vez mais eficiência e produtividade, o setor exige o melhor em todas as etapas do processo, e, em uma obra, a harmonia entre os projetos significa um bom andamento, com menos prejuízo e retrabalho.

Enquanto que, sem a presença da tecnologia de modelagem, qualquer situação de inconformidade na obra gera uma necessidade de tomada de decisão sem planejamento que pode prejudicar a continuidade dos processos, com o uso do BIM as questões são solucionadas de forma mais simples pois estão integradas em um só programa, e então deixam de ser imprevistos.

Evidencia-se, portanto, ao confrontar a problemática apresentada às ferramentas tecnológicas utilizadas, a relevância das técnicas de compatibilização de projetos na engenharia civil, não apenas pelos benefícios gerados, mas também a fim de evitar o excesso de gastos e falhas ao longo do caminho rumo ao sucesso de um empreendimento.

O BIM demonstra-se como uma importante plataforma para facilitar e aprimorar a verificação de interferências entre os projetos, permitindo diminuir o número de alterações a serem realizadas durante a execução da obra. Isso, na maioria dos casos, acarreta em um ganho também financeiro, com economia de recursos, tempo e esforço. Além dessa vantagem, por conta da modelagem 3D, essa metodologia permite um maior entendimento das intenções da arquitetura e design do projeto, possibilitando uma entrega de produto de melhor qualidade.



De acordo com pesquisa da McGraw Hill Construction de 2013, mais de 85% de empresas brasileiras que já utilizam o BIM em seus projetos apresentaram ROI (Return on Investment) positivo. Isso comprova o beneficiamento dessa ferramenta em relação ao cronograma físico e prazo da obra, como também ao controle financeiro, tendo em vista que esses dois fatores estão relacionados ao sucesso de um empreendimento.

Com o crescente número de novas tecnologias sendo introduzidas em diversos setores, a engenharia civil busca acompanhar a evolução e atualizar seus métodos. A tendência mundial no cenário da construção civil atual é adotar a metodologia BIM como um padrão para a realização de obras, e já podem ser observados exemplos concretos dessa evolução.

Países como EUA, Reino Unido, Singapura, Holanda e França tiveram impulsionamento do BIM através da esfera pública, com a exigência da modelagem em projetos custeados pelo governo. Por outro lado, a iniciativa privada também tem papel importante na difusão do BIM, acompanhando os impulsos governamentais, como é o caso em países como a Alemanha.



Pode-se dizer que os grandes mercados do BIM, mundialmente, são Europa e Ásia, além dos EUA, que chegaram a liderar a implementação da modelagem com um programa nacional de incentivo em 2003. Citando outros países que já possuem exigências de utilização de BIM, mesmo que de formas diferentes, podendo ser em obras públicas, complexas ou caras, há Dinamarca, Suécia, Noruega, Finlândia, Hong Kong, Coreia do Sul, Emirados Árabes e Catar. A China, como grande mercado de Arquitetura, Engenharia e Construção, utiliza e incentiva a metodologia BIM, porém ainda não possui exigências.

Outro aspecto importante para a consolidação da modelagem na construção são os canais de suporte e disseminação. Nos países que implementam o BIM, são observados empenhos na elaboração de conteúdos como guias, normas e bibliotecas de objetos.

Na América Latina, Brasil e Chile estão liderando este quesito, desenvolvendo bibliotecas nacionais e a normalização do uso do BIM. O governo federal brasileiro estabeleceu, em 2020, por meio de decreto, a utilização do BIM na execução de obras públicas, com um plano de adaptação de longo prazo que inclui um Comitê Estratégico de implementação (CE-BIM) e um Grupo de Apoio Técnico (GAT-BIM).

O estabelecimento da modelagem na construção civil não é simples, exige investimento, mais planejamento e capacitação dos envolvidos como alguns pré-requisitos para funcionar. Porém, seguindo nesta linha, não só os construtores serão beneficiados, mas todos os envolvidos, como os investidores, incorporadores, projetistas e também os clientes, já que a metodologia BIM se faz presente em todo o ciclo de vida de um empreendimento, trazendo praticidade e qualidade para o produto.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **GUIA 2 – Classificação da Informação no BIM**. Vol. 2. Brasília, DF. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6492**: Representação de projetos de arquitetura. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13531**: Elaboração de projetos de edificações – Atividades técnicas. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15965-1**: Sistema de classificação da informação da construção – Parte 1: Terminologia e estrutura. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15965-2**: Sistema de classificação da informação da construção – Parte 2: Características dos objetos da construção. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15965-3**: Sistema de classificação da informação da construção – Parte 3: Processos da construção. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15965-4**: Sistema de classificação da informação da construção – Parte 4: Recursos da construção. Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15965-7**: Sistema de classificação da informação da construção – Parte 7: Informação da construção. Rio de Janeiro, 2015.

BARROS, M.M.S.B.; MELHADO, S.B. **Racionalização do projeto de edifícios construídos pelo processo tradicional**. São Paulo, 1993. / Seminário apresentado no curso de pós-graduação da EPUSP.

**Breve histórico do BIM**. SAEPRO. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/saepro/saepro-2/conheca-o-projeto/breve-historico-do-bim/>>. Acesso em: setembro de 2021.

CALLEGARI, S. **Análise da Compatibilização de Projetos em Três Edifícios Residenciais Multifamiliares**. Dissertação – Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2007.

CAMPBELL, D. A. **Building information modeling**: the Web3D application for AEC. In Proceedings of the Twelfth international Conference on 3D Web Technology (Perugia, Italy, April 15 - 18, 2007). Web3D '07. ACM, New York, NY, 173-176. Disponível em <<http://doi.acm.org/10.1145/1229390.1229422>>. Acesso em: set. 2021.

CAMPESTRINI, T. F. **Entendendo BIM** - Uma visão do projeto de construção sob o



foco da informação. 1. ed. Cuiabá: FABRÍCIO NOGUEIRA COSTA. 2015.

CATELANI, W. S.; SANTOS, E. T. Normas brasileiras sobre BIM. **Concreto & Construções**, São Paulo, v. 44, n. 84, p. 54-59, 2016. Disponível em: <<https://www.makebim.com/wp-content/uploads/2017/05/NORMAS-BIM-BRASIL.pdf>> Acesso em: nov. 2021.

CORNICK, T. **Quality Management for Building Design**. Butterworth – Heineman Ltd, Guilford, 1991.

EASTMAN, Chuck, TEICHOLZ, Paul, SACKS, Rafael, LISTON, Kathleen. **Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**, 2014.

FARIAS, Julio Cesar. **O que é o Solibri?**. SPBIM, 2020. Disponível em: <<https://spbim.com.br/o-que-e-o-solibri/>>. Acesso em: 09 de outubro de 2021.

FETTERMAN, Paula. **Decreto estabelece a utilização do BIM em obras públicas**. ABDI, 2020. Disponível em: <<https://www.abdi.com.br/postagem/decreto-estabelece-utilizacao-do-bim-em-obras-publicas>>. Acesso em: 02 de novembro de 2021.

FREITAS, Gonçalo Andrade Freitas. **Metodologia BIM – uma nova abordagem, uma nova esperança**. Dissertação de Mestrado, Universidade da Madeira, 2014.

GONZAGA, Amanda. NBR 15965: entenda como funciona a norma BIM no Brasil. **Papo de Engenheiro**. 2021. Disponível em: <<https://www.orcafascio.com/papodeengenheiro/nbr-15965/>>. Acesso em: nov. 2021.

KYMMEL, W. **Building Information Modeling**. Plannig and managing constrction Project with 4D and simulations. McGraw – Hill, 2008.

**Mapeamento Internacional de Bibliotecas de Building Information Modelling (BIM)**. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. Brasil, 2018.

MCGRAW HILL CONSTRUCTION. **The business value of BIM for construction in major global markets: how contractors around the world are driving innovation with Building Information Modeling**. EUA: McGraw Hill Education, 2014.

NASCIMENTO, José. **A importância da compatibilização de projetos como fator de redução de custos na construção civil**, 2014. – Revista Especialize On-line IPOG - Goiânia - 7a Edição no 007 Vol.01/2014 Julho/2014. Disponível em: <<http://www.ipog.edu.br/download-arquivo-site.sp?arquivo=a-importancia-da-compatibilizacao-de-projetos-como-fator-de-reducao-de-custos-na-construcao-civil-1711121211.pdf>>.

Nakamura, Juliana. **Software para BIM: uma lista completa e comentada**. SIENGE, 2019. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/software-para-bim/>>. Acesso em: 30 de setembro de 2021.



**Navisworks: saiba tudo sobre o uso do software na engenharia.** AEA AI, 2020. Disponível em: <<https://aeaai.org.br/2020/11/09/navisworks-saiba-tudo-sobre-o-uso-do-software-na-engenharia/>>. Acesso em: 09 de outubro de 2021.

PENTTILÄ, H. **Describing the Changes in Architectural Information Technology to Understand Design Complexity and Free-Form Architectural Expression.** Journal of Information Technology in Construction, v. 11, edição especial, p. 395-408, 2006

**PIM. Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos.** Guia PMBOK® 5a Ed. EUA: Project Management Institute, 2013.

**PLATAFORMA BIM BR.** Disponível em: <<https://plataformabimbr.abdi.com.br/bimBr/#/>>. Acesso em: 21 de novembro de 2021.

RODRÍGUEZ, M. A. A.; HEINECK, L. F. M. **A Construtibilidade no processo de projeto de edificações,** 2001. Artigo técnico.

SANTANA, Leonardo. BIM no mundo: a revolução mundial da construção inteligente. **SIENGE,** 2020. Disponível em: < <https://www.sienge.com.br/blog/bim-no-mundo/>>. Acesso em: nov. 2021.

SEBRAE/ SINDUSCON – PR (Serviço Brasileiro de Apoio às Pequenas e Micro Empresas do Paraná) **Diretrizes Gerais para Compatibilização de Projetos,** Curitiba, 1995, 120p.

SIENGE; GRANT THORNTON. **Mapeamento de maturidade BIM Brasil.** Brasil, 2020.

SOUZA, L. L. A.; AMORIM, S. R. L.; LYRIO, A. M. **Impactos do Uso do BIM em escritórios de Arquitetura: Oportunidades no Mercado Imobiliário.** 2009. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/download/50958/55043>>. Acesso em: out. 2015.

VALERIANO, D. L. **Gerência em projetos.** São Paulo: Makron Books, 1998.