

JÉSSICA CIMARA YAMASHITA

**COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS:
OS PRINCIPAIS IMPACTOS EM UMA AMPLIAÇÃO E REFORMA HOSPITALAR**

São Paulo

2019

JÉSSICA CIMARA YAMASHITA

**COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS:
OS PRINCIPAIS IMPACTOS EM UMA AMPLIAÇÃO E REFORMA HOSPITALAR**

Monografia apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção do
título de Especialista em Gestão de projetos na
Construção Civil.

Orientador:

Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco.

São Paulo

2019

Catálogo - na- Publicação

Yamashita, Jéssica

COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS: OS PRINCIPAIS IMPACTOS EM UMA AMPLIAÇÃO E REFORMA HOSPITALAR / J. Yamashita -- São Paulo, 2019
84 páginas.

Monografia (Especialização em Gestão de Projetos na Construção) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil.

1. Compatibilização de projetos 2. BIM 3. Empreendimentos 4. Compatibilização 5. Construção Civil I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil II.t

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por guiar meu caminho e me possibilitar realizando mais esse passo na minha vida.

Agradeço imensamente ao meu orientador no desenvolvimento deste trabalho. Prof. Luiz Sérgio Franco, pelo apoio, paciência, companheirismo e motivação durante todo o desenvolvimento do trabalho.

Agradeço ao meu marido, Bruno Asada, a pessoa que mais me motiva e me inspira a sempre superar meus obstáculos. Sem seu apoio, a conclusão deste trabalho não seria possível.

Agradeço a empresa, objeto estudo de caso, pela experiência adquirida ao longo dos anos, a qual veio me dar a oportunidade para realizar esse estudo acadêmico.

E não menos importantes, agradeço a todos meus amigos do curso pelas contribuições diversas e por compartilhar de diversas experiências tão enriquecedoras.

RESUMO

Devido ao aumento de competitividade no mercado imobiliário brasileiro, causado pelas exigências dos clientes por melhores qualidades nos produtos finais e em seus respectivos prazos, diversos aperfeiçoamentos nas técnicas de construção civil surgiram, criando com isso múltiplas interfaces, ferramentas e softwares para o aprimoramento da construtibilidade de projetos. Além disso, novas práticas relacionadas aos projetos surgem associadas ao desenvolvimento gerencial e tecnológico, como a implementação de modelo de informação. Porém, mesmo com todos estes avanços, diversos problemas ocorrem durante o planejamento e execução de obras, sendo alguns desses problemas causados pela falta de compatibilização entre projetos. Com isso, o objetivo deste trabalho é mostrar os diferentes impactos causados pela falta de compatibilização entre projetos utilizando-se, para isso, de um estudo de caso cujos dados foram coletados de uma obra em um hospital. Como conclusão, serão associadas as revisões bibliográficas a este estudo de caso e identificados e analisados os erros cometidos no gerenciamento de projetos na construção civil.

Palavras-chave: Compatibilização de Projetos, Gestão de Projetos, Planejamento, Construção Civil.

ABSTRACT

Due to the increase of competitiveness in the Brazilian real estate market, caused by the demands of customers for better qualities in the final products and their respective deadlines, several improvements in construction techniques have arisen, thus creating multiple interfaces, tools and software to improve the project constructability. In addition, new practices related to projects arise associated with the management and technological development, as the implementation of an information model. But even with all these advances, several problems occur during the planning and execution of works, some of which are problems caused by the lack of projects compatibilization. Therefore, the objective of this study is to show the different impacts caused by the lack of projects compatibilization, using a case study whose data were collected from a hospital project. In conclusion, it is associated bibliographic review to this case study and identified and analyzed the mistakes made in project management in construction.

Keywords: Design Integration, Project Management, Planning, Construction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Índices de produtividade laboral para indústria da construção vs. todas as indústrias não-agrícolas.	13
Figura 2 - O avanço construtivo do empreendimento em relação a chance de reduzir o custo de falhas do edifício.....	17
Figura 3 - Proposta para definição dos papéis das equipes envolvidas.	19
Figura 4 - Contextualização de construtoras e seus projetos no decorrer do tempo	22
Figura 5 - Demonstração de troca de informações entre Projetos Tradicionais (esquerda) e com uso da Plataforma BIM.....	26
Figura 6 - Origem das patologias na construção civil	26
Figura 7 - Processo de compatibilização	27
Figura 8 - Possibilidade de maior investimento na fase de projeto vs prática corrente.	28
Figura 9 - Utilização da plataforma BIM na indústria da AEC.....	33
Figura 10 - Os diversos níveis D do BIM – Adaptado.....	34
Figura 11 - Solibri detectando incompatibilidades do projeto.	35
Figura 12 - Tela do Tekla Structures® mostrando os detalhes de montagem da edificação.....	36
Figura 13 - Tela Autodesk Navisworks® compatibilização de projetos.....	37
Figura 14 - Clashes entre hidráulica e mecânica	38
Figura 15 - Exemplo de relatório de detecção de interferências.	39
Figura 16 - Localização do empreendimento.	42
Figura 17 - Ciclo PDCA.....	43
Figura 18 - Reunião diária com os funcionários.	44
Figura 19 - Quadro da cruz verde e procedimento de trabalho.	45
Figura 20 - Mapa do projeto hospitalar.	47
Figura 21 - Organograma de funcionários (Construtora x).	49
Figura 22 - Organograma dos funcionários (Hospital).....	50
Figura 23 - Projeto de fundação Inicial.	52
Figura 24 - Projeto de armação do bloco BL3.	53
Figura 25 - Envelopamento das instalações elétricas.....	54
Figura 26 - Projeto arquitetônico com identificação do local onde se localizou a interferência.....	55
Figura 27 - Projeto de fundação atualizado.....	56
Figura 28 - Projeto de armação atualizado.....	57

Figura 29 - Projeto de estrutura de concreto em Revit.	57
Figura 30 - Fotos in loco.	59
Figura 31 - Projeto de fundação inicial.	60
Figura 32 - Projeto de armadura dos tubulões.....	61
Figura 33 - Projeto de fundações atualizado.	62
Figura 34 - Projeto inicial BL201 vs. Projeto Atualizado BL203.....	63
Figura 35 - Projeto atualizado BL202	63
Figura 36 - Projeto de instalações elétricas inicial.	65
Figura 37 - Localização da interferência com o projeto de arquitetura.....	65
Figura 38 - Reposicionamento do interruptor, projeto atualizado.....	66
Figura 39 - Projeto de instalações inicial.	68
Figura 40 - Projeto de instalações elétrica com o reposicionamento da luminária.	68
Figura 41 - Projeto modificado pela construtora para aprovação do cliente.	70
Figura 42 - Projeto isométrico das instalações hidráulicas do vestiário.....	71
Figura 43 - Projeto de arquitetura com o posicionamento da interferência.....	71
Figura 44 - Projeto com a realocação do ponto de registro.....	72
Figura 45 - Projeto de estrutural com locação dos pilares.....	74
Figura 46 - Projeto de estrutura metálica inicial e seus detalhamentos.....	75
Figura 47 - Projeto de estrutura metálica do mezanino (inicial).	77
Figura 48 - Projeto de arquitetura com a interferência observada.....	77
Figura 49 - Projeto arquitetura (corte).....	78
Figura 50 - Croqui, representando o posicionamento das infraestruturas.	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Iniciativa de adoção do conceito de acordo com Wong et al. (2010).	15
Tabela 2 - Localização e metragem.....	46
Tabela 3 - Custo do serviço do caso 01.....	58
Tabela 4 - Custo do serviço do caso 02.....	64
Tabela 5 - Custo do serviço do caso 03.....	67
Tabela 6 - Soluções apresentadas ao cliente.	69
Tabela 7 - Custo do serviço do caso 05.....	72
Tabela 8 - Custo do serviço do caso 06.....	76

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção.
BIM	Building Information Modeling (Modelagem da Informação da Construção)
CAD	Computer - Aided Design
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CDRs	Clash Detection Reports (Relatórios de detecção de choque)
GSA	General Services Administration
IFC	Industry Foundation Classes
NBR	Norma Brasileira
PIB	Produto Interno Bruto
PMBOK	Project Management Body of Knowledge
CIFE	Center Integrated Facility Engineering

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1 CONTEXTO SETORIAL.....	12
1.2 OBJETIVO	14
1.3 JUSTIFICATIVA	14
1.4 MÉTODO DE PESQUISA.....	19
1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	20
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1 HISTÓRICO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	21
2.2 O QUE É COMPATIBILIZAR PROJETOS?	23
2.3 FALHAS DE PROJETOS.....	25
2.4 ATRASOS NO CRONOGRAMA DA OBRA.....	29
2.5 PERDAS DURANTE O PROCESSO DE EXECUÇÃO.....	30
2.6 FERRAMENTAS DE COMPATIBILIZAÇÃO	30
2.7 PLATAFORMA BIM (Building Information Modeling)	32
2.7.1 Software de Modelação BIM	34
2.7.2 Clash Detection (CDRs).....	37
3. PESQUISA EM CAMPO	40
3.1 O Hospital.....	40
3.2 A Construtora X.....	42
3.3 Escopo detalhado da obra.....	45
4. ANÁLISES DAS INCOMPATIBILIDADES	51
4.1 Incompatibilidade 01: Fundação da obra da Farmácia	51
4.2 Incompatibilidade 02: Estrutura da fundação na obra Pré-Parto	60
4.3 Incompatibilidade 03: Tomada do banheiro masculino no projeto refeitório	64
4.4 Incompatibilidade 04: Sentido da luminária no refeitório	67
4.5 Incompatibilidade 05: Interferência no vestiário da UTI.....	70
4.6 Incompatibilidade 06: Interferência no prédio da UTI.	73
4.7 Incompatibilidade 07: Pilar metálico do mezanino	76
4.8 Incompatibilidade 08: Pé direito da Cozinha	78
5. CONCLUSÕES.....	80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO SETORIAL

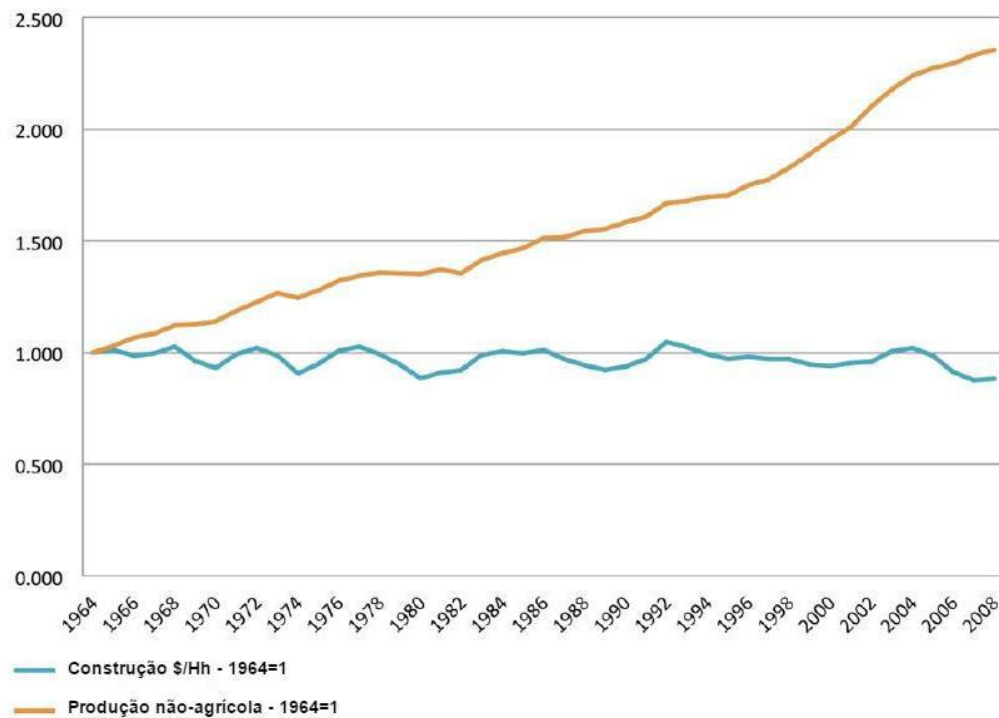
A economia brasileira sofreu recentemente o encolhimento de 3,8% em 2015 e 3,6% em 2016, tornando-se assim a pior recessão desde 1948, quando se iniciou a série histórica do Produto Interno Bruto (PIB). Além disso, foi a primeira vez que o PIB teve dois resultados anuais negativos seguidos, com perda acumulada em 7,2% (O GLOBO, 2017).

Com isso, o setor de construção perdeu milhões de vagas. Em fevereiro de 2014, havia 8 milhões de trabalhadores no setor. O contingente estava em 7,6 milhões em fevereiro de 2016, por conta das obras motivadas pelos megaeventos esportivos no país, que seguraram a ocupação no setor. No entanto, em fevereiro de 2017, a construção empregava 6,9 milhões de pessoas, o menor patamar da série histórica (EXAME, 2017).

Como forma de reduzir as perdas e voltarem a crescer, as grandes empresas se veem obrigadas a deixar a aversão tecnológica de lado. A demanda por sistemas e aplicativos que ajudem a evitar erros e desperdícios de materiais, produzir mais com menos e facilitar a vida dos futuros moradores é enorme (VOCÊ S/A, 2019).

Em uma pesquisa norte-americana desenvolvida pelo *Center Integrated Facility Engineering* (CIFE) na Universidade de Stanford (SENESCU, HAYMAKER e FISCHER, 2011) demonstrou-se que as práticas tradicionais da construção civil acabam gastando mais recursos e tempo por erros de projeto do que em execução de obra. Esses dados foram estudados em relação a índices de produtividade da construção civil em relação às demais indústrias.

Figura 1 - Índices de produtividade laboral para indústria da construção vs. todas as indústrias não-agrícolas.



Fonte: Adaptado de (SENESCU, HAYMAKER e FISCHER, 2011)

Os valores apontados são em dólares (reajustados) calculados em relação de homem-hora trabalhados. Observa-se, com isso, que a produtividade das indústrias não agrícolas mais que dobrou, enquanto a da indústria da construção teve uma queda de aproximadamente 10% em relação a 1964.

Um dos motivadores disso é a falta de eficiência em seus processos. Assim, a maior parte dos problemas são ocasionados por erros no fluxo de informação ou pela simples falta de informações consistentes. Isso se evidencia na pesquisa realizada por Freitas et al (2014), tendo como o pior item avaliado o de “Melhoria Contínuas”, demonstrando que as informações não estão sendo analisadas e utilizadas para melhorias no processo.

Além disso, à medida que os projetos se tornam mais complexos, faz-se necessário a sua divisão em subprojetos, possibilitando assim o seu melhor gerenciamento. Porém, quando estes projetos possuem conflitos entre si, é possível que resulte em desperdícios, retrabalhos, aumento de custos, diminuição de qualidade, entre outros problemas. Todos estes problemas podem ser resolvidos com a compatibilização entre os projetos.

Portanto, observa-se que o setor da construção civil enfrenta diversos desafios para voltar a crescer. Para que isso ocorra, algumas ações podem ser realizadas, tais como: a criação e utilização de mecanismos e métodos para redução de erros, adoção de novas tecnologias para melhorar a gestão de recursos, utilização de informações consistentes ao longo dos projetos para que se obtenha aumento na produtividade e, por fim, compatibilização entre projetos para se evitar diversos problemas durante a execução de um empreendimento.

1.2 OBJETIVO

O estudo apresentado neste trabalho tem como objetivo mostrar a importância da compatibilização de projetos logo na concepção do projeto. Assim, procurar-se-á identificar e avaliar as principais consequências da falta de compatibilização dos projetos e como essas podem afetar custos, prazos e qualidade de uma obra.

Para isso, será analisado um estudo de caso de um projeto, cujo escopo é a ampliação e reforma de um hospital, para se observar os impactos, acertos e equívocos tomados no decorrer do projeto. Ademais, esta pesquisa tratará da importância em se encontrar o equilíbrio entre planejar e executar.

Por fim, este estudo buscará registrar e relatar os erros resultantes da falta de compatibilização, propor melhorias, identificar as principais dificuldades encontradas e relatar quais os processos onde ocorreram a perda de informação.

1.3 JUSTIFICATIVA

Para garantir que todas as informações sejam disponibilizadas em todo o ciclo do projeto, é importante a integração e alinhamento de todos os envolvidos na fase inicial do projeto. Assim, o projeto será melhor implementado, uma vez que as informações foram identificadas e compatibilizadas já na fase inicial do projeto, fazendo com que todos os agentes envolvidos tenham maior interação e resultando em construções com melhor qualidade, menores custos e tempo de execução (Souza, 2016).

Uma das iniciativas que o setor da Construção de Edifícios busca implantar para sanar essas deficiências são os Modelos de Informação - *Building Information Modeling* (BIM). O BIM é um conjunto de tecnologias, processos e políticas que permitem aos envolvidos do projeto construir, projetar e operar de forma integrada.

Em países como Reino Unido, Estados Unidos, Finlândia, Dinamarca, Cingapura, Hong Kong e Noruega, o processo de introdução do conceito de modelagem da informação já se encontra em um nível de maturidade mais avançado que no Brasil. Isso foi possível através do forte incentivo dos governos, possibilitando tornar padrões o desenvolvimento do conhecimento BIM e o uso do IFC.

A tabela1 mostra as iniciativas aplicadas em cada um dos países mencionados:

Tabela 1 - Iniciativa de adoção do conceito de acordo com Wong et al. (2010).

País	Iniciativa
EUA	As iniciativas de implementação de Modelagem da Informação da Construção vêm ocorrendo através de instituições governamentais, tais como GSA (<i>General Services Administration</i>), responsável pela implementação no setor público, NIST (<i>National Institute for Standards and Technology</i>), institutos de pesquisa, organizações e associações do setor privado.
Dinamarca e Finlândia	Os clientes do setor público trabalharam na definição dos padrões de modelagem e diretrizes específicas para aplicação na Modelagem da Informação da Construção. Na Finlândia, o esforço dedicado ao desenvolvimento e uso de padrões IFC se destaca em iniciativas governamentais. Além disso, um projeto de pesquisa desenvolvido por agentes da cadeia produtiva gerou uma série de diretrizes para uso da Modelagem da Informação da Construção nas fases iniciais do processo do empreendimento, o ProIT.
Noruega	Foram desenvolvidas diretrizes para aplicação da Modelagem da Informação da Construção através de um projeto piloto do governo, além de investimento no desenvolvimento do IFC e definição de requisitos de intercâmbio de informações. Dentro do campo de processo, a iniciativa <i>Building SMART</i> tem uma série de projetos interdepartamentais trabalhando na implementação da Modelagem da Informação da Construção para projetos de edifícios.
Cingapura e Hong Kong	A utilização de um sistema automatizado que lê as informações em IFC dos modelos para aprovação de projetos representa as iniciativas políticas de implementação da Modelagem da Informação da Construção. Em Hong Kong, o setor público tem aplicado tecnologias de Modelagem da Informação da Construção para o projeto e estudos de sustentabilidade, coordenação de construção de seus projetos de habitação. No campo de processos, várias empresas vêm utilizando a Modelagem da Informação da Construção para compatibilização, visualização e avaliação de projetos de construção civil.

Reino Unido	A implantação da Modelagem da Informação da Construção é considerada importante para o atendimento às metas de crescimento do governo. A partir desta determinação, foi lançado pelo Governo um documento (<i>Building Information Modelling Working Party Strategy Paper</i>) onde é detalhada a estratégia estabelecida e a sua relação com a Modelagem de Informações de Construção, para a qual foi mobilizado um grupo de trabalho com abrangência setorial, o <i>Building Information Modelling Task Group</i> .
-------------	--

Fonte: Reproduzido de (SOUZA, WYSE e MELHADO, 2013).

Essas diversas iniciativas evidenciam a complexidade da atividade de implantação de um empreendimento que envolve diversas competências e agentes. Essa complexidade ocorre devido ao fato de que cada empreendimento é exclusivo, compreendendo sistemas, tecnologias e requisitos específicos ao projeto.

Considerando estes aspectos, diversas pesquisas mostram a preocupação com a melhoria dos processos do projeto, e algumas são focadas na apresentação de conceitos que permitam alterar a forma no qual os projetos são desenvolvidos (SHIGAKI; OZÓRIO; HIROTA, 2012; FABRICIO, 2002).

Um desses conceitos é a possibilidade das construtoras atuarem como integradoras do negócio, de forma a agregar novos serviços e atividades ao seu escopo, tais como coordenação do processo integrado com a produção e engenharia de valor.

O processo de projeto torna-se mais complexo na medida em que há mais especialistas e maior uso de processos e produto, além de maiores exigências como, por exemplo, as normas de desempenho. Com isso, necessitamos de investimentos na modernização do processo de produção, não só pelas inovações tecnológicas, mas também pela adoção de novas práticas gerenciais.

Umas dessas novas práticas se dá na interação do projeto com o processo construtivo, com o propósito de deixar mais claro o que cliente espera e quais as características devem ser atendidas. Atualmente isto ocorre ao se utilizar a tecnologia BIM (*Building Information Modeling*) para o projeto dos empreendimentos.

Esse tipo de Modelagem da Informação da Construção oferece recursos e ferramentas que contribuem com a melhoria da qualidade dos processos de projeto, sendo desde a compra do terreno adequado para o empreendimento, o levantamento topográfico e dos agentes envolvidos, até sua execução.

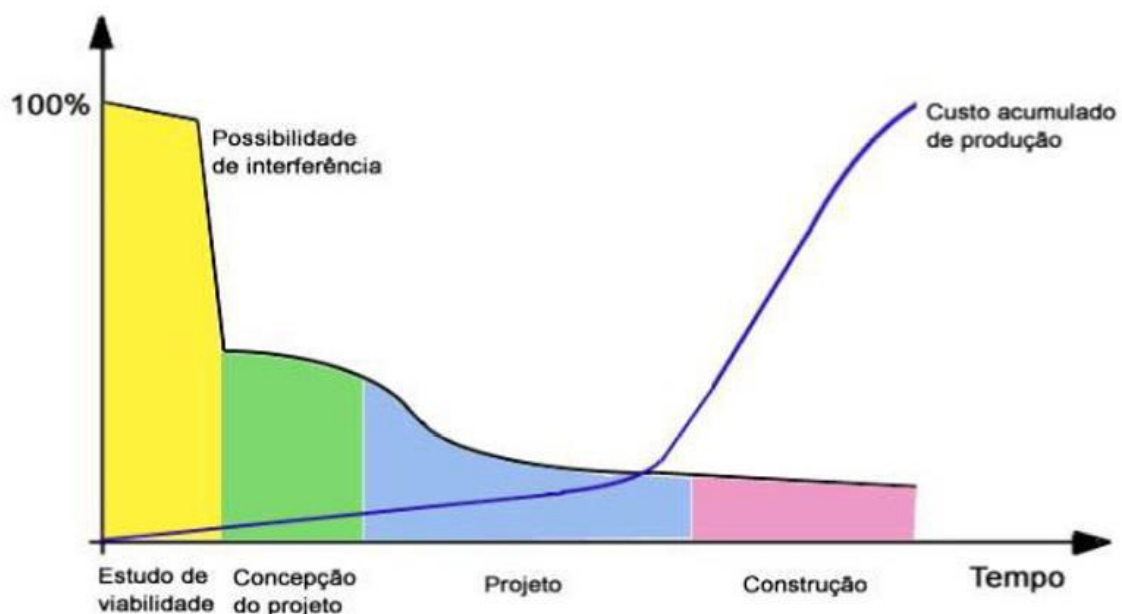
O processo de projetos possui um papel importante na busca de melhoria da eficiência produtiva, uma vez que ele interfere diretamente nos resultados econômicos do empreendimento, na eficiência do produto ao reduzir patologias e no auxílio na execução da obra. Isto acontece pois, através de um projeto bem detalhado, consegue-se elaborar planejamentos mais próximos da realidade e compatíveis com o que será executado.

Melhado (1994) resalta alguns pontos problemáticos no processo de projeto que geram, principalmente, atrasos e retrabalhos. Alguns exemplos desses fatores são: o nível de compatibilização das interfaces, atendimento às normas técnicas e detecção de pontos mal resolvidos:

Avaliação do projeto ou de uma sua parte, propondo alterações ou complementações, visando atender a uma dada diretriz ou atingir um dado objetivo – adequar características do produto, aumentar sua construtibilidade, reduzir custos ou prazos, otimizar métodos construtivos e racionalizar a produção, ou quaisquer outros que contribuam para a qualidade. (MELHADO, 1994)

Sendo assim, um projeto bem elaborado proporciona um produto com eficiência e qualidade. Com isso, haverá uma redução de improvisações, custo e tempo na fase de execução da obra, conforme pode ser visualizado na figura 2.

Figura 2 - O avanço construtivo do empreendimento em relação a chance de reduzir o custo de falhas do edifício.



Fonte: Melhado (2005).

É possível racionalizar a produção e melhorar o desempenho da obra como um todo, por meio da compatibilização e análise crítica das interfaces envolvidas. Amâncio e Kruger (2010) afirmam que, através do detalhamento de projetos, é possível fazer a integração das atividades desenvolvidas no escritório com a prospecção das atividades da obra.

Ao avançar na definição dos termos, observa-se que a compatibilização de projetos tem como objetivo a redução das incompatibilidades entre os projetos (arquitetônico, estrutural, instalações, ar condicionado) antes de sua execução.

Segundo Ávila (2011), à medida que as etapas de projeto avançam, menor é o poder de antecipação dos problemas no canteiro de obras, já que algumas falhas e incompatibilidades serão detectadas apenas durante a construção e nesta fase espera-se que a equipe de projeto esteja atenta para transitar entre os seguintes fatores:

- a. **Normas e regras:** na concepção do projeto devem ser estudadas as interfaces executivas que estão vinculadas com os parâmetros já tradicionais. Questões relativas às licenças, aspectos sanitários, questões ambientais, normas e garantias que o novo processo construtivo se propõe também deverão ser observadas.
- b. **Compatibilização de projetos:** com base na evolução nos métodos construtivos e de concepção de projeto, destaca-se a importância de se explorar ao máximo o tempo na hora da concepção, para que se evitem problemas nas fases posteriores, buscando assim uma melhoria contínua na qualidade, além da economia de tempo e insumos.
- c. **Controle cruzado:** deve-se executar o cruzamento do projeto nos diversos pacotes de trabalho, para cada interface, estabelecendo como serão distribuídas as obrigações que geram influência no projeto pela gerenciadora, pela fiscalização e por equipes especializadas externas e indicando como serão alocadas e controladas as aprovações, certificações e controles tecnológicos.
- d. **Papéis e responsabilidades:** são definidos os papéis de cada setor envolvido, tais como: o escritório definirá a execução, a obra fará a programação da execução e a fiscalização se posicionará quanto às necessidades de gerir as alternativas, conforme proposto na figura 3. O grande benefício de se ter papéis e responsabilidades bem definidos é evitar que existam determinadas tarefas sem suas respectivas atribuições ou, ainda, que existam responsabilidades conflitantes no projeto.

Figura 3 - Proposta para definição dos papéis das equipes envolvidas.



Fonte: Qualharini, 2008.

- e. **Planejamento de alternativas:** neste ponto está o preparo para alcançar a qualidade necessária para o projeto, a definição do escopo, o conhecimento dos gargalos técnicos e os insumos disponíveis na região e a elaboração de plano de contingências e atividades secundárias.

Por fim, fica evidenciado a importância do uso de ferramentas e metodologias de compatibilização de projetos para o aprimoramento dos processos de construção. Serão mostrados, ao longo deste trabalho, diversos problemas que surgiram pela falta de compatibilização de projetos e que, portanto, não puderam ser antecipados e corrigidos nas fases iniciais de planejamento, acarretando em aumento de custos, de prazos e retrabalho.

1.4 MÉTODO DE PESQUISA

O trabalho tem como objetivo demonstrar os benefícios da compatibilização de projetos. Para este fim, a compatibilização será aplicada a um projeto durante a execução da obra, cuja compatibilização não havia sido realizada anteriormente. Além disso, este trabalho visa problematizar e refletir sobre as consequências diretas da não utilização da compatibilização de projetos.

Para a coleta de informações do trabalho, serão utilizados artigos e outros materiais de autores renomados e profissionais do ramo da construção civil. Também serão coletados dados de um projeto em obra que servirão de análise e identificação dos principais impactos que um empreendimento sofre com a falta de compatibilização.

Por fim, será apresentada a conclusão com todos os pontos de vista e consequências que puderam ser apuradas através das leituras mencionadas.

1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta monografia está dividida da seguinte maneira:

Capítulo 01: Introdução do trabalho, com a contextualização setorial da construção civil brasileira. Na sequência, são apresentados os objetivos da pesquisa, a justificativa, seu método de pesquisa e qual a forma de estrutura do trabalho.

Capítulo 02: Nesta seção serão apresentados principais conceitos utilizados ao longo deste trabalho, sendo eles: processo de projetos, compatibilização de projetos, falhas de projetos, atrasos em cronogramas, perdas na construção civil e ferramentas de compatibilização.

Capítulo 03: Serão apresentadas as informações do hospital (cliente), da construtora e o escopo detalhado da obra estudada.

Capítulo 04: Aborda as metodologias adotadas, coletas dos dados e observação dos impactos das interferências na obra.

Capítulo 05: Apresentação da conclusão do trabalho, relacionando os resultados obtidos com a revisão bibliográfica e identificando as etapas onde a utilização da plataforma BIM poderia ter evitado diversos problemas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 HISTÓRICO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Com o desenvolvimento da engenharia, houve a evolução na tecnologia que afeta os contextos históricos e sociais, ou seja, iniciaram-se as primeiras transformações científicas com a finalidade de melhorar a vida das pessoas. Pode-se afirmar, portanto, que a engenharia surgiu a partir da preocupação com a aplicação e aprimoramento de técnicas que facilitam os trabalhos realizados no cotidiano. (AFONSO & FLEURY, 2012).

O início das atividades da engenharia no Brasil foi dado de forma não regulamentada no período colonial com a construção de fortificações e igrejas (MORAES, 2005). Durante esse período, de acordo com Telles (1984), existiam somente duas categorias de profissionais que atuavam no campo da engenharia:

- **Oficiais Engenheiros:** pertenciam ao exército português, tinham domínio sistemático da área e possuíam um curso regular;
- **Mestres Pedreiros:** sem nenhum conhecimento científico, pois seus conhecimentos eram herdados de gerações.

Com isso, a formalização dos cursos de engenharia iniciou-se em 17 de dezembro de 1792, com a criação da Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho, na cidade do Rio de Janeiro. De fato, a abertura de cursos de graduação de Arquitetura e Engenharia Civil, em várias partes do país, ajudaram a expansão do setor construtivo nacional e na qualificação da mão de obra interna (PARDAL; LEIZER, 1996).

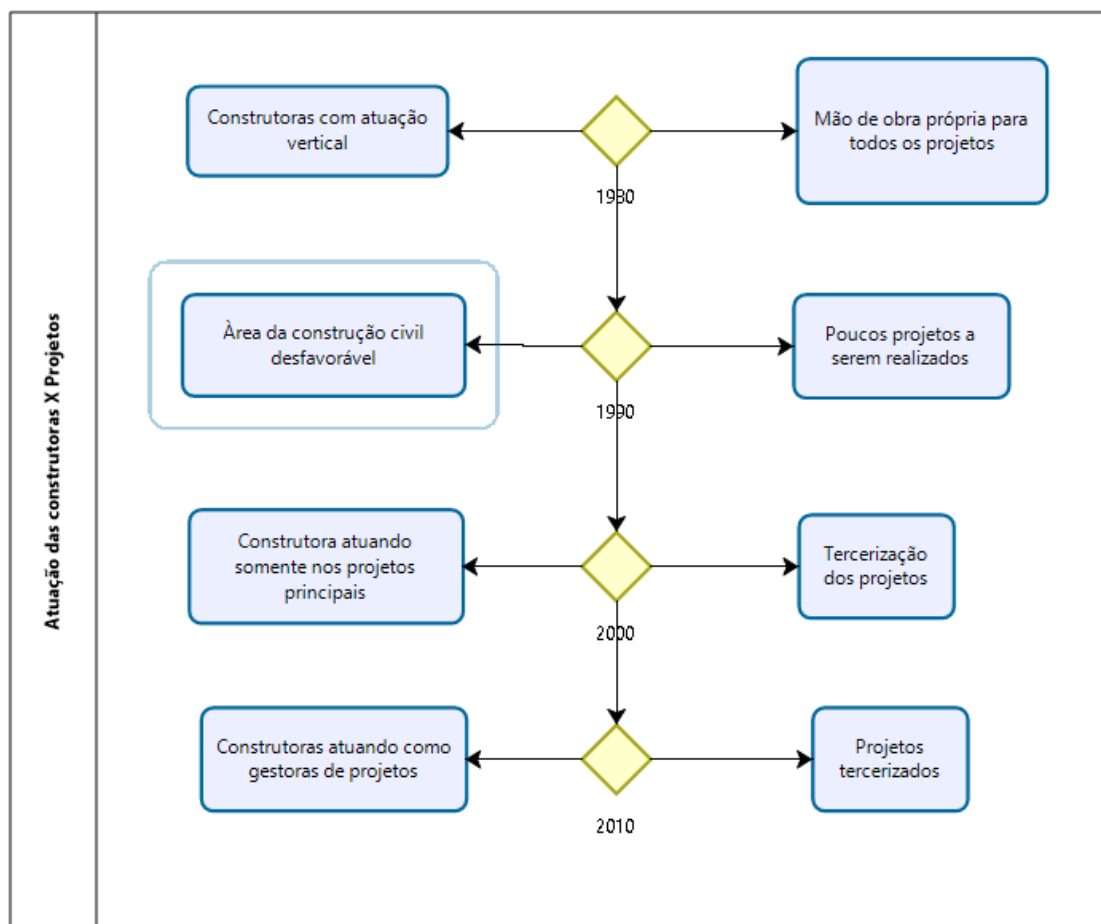
Com toda essa evolução e mudanças, a concepção de projetos foi se adequando às necessidades atuais, satisfazendo os pedidos dos construtores, da equipe e dos consumidores em relação a qualidade e eficiência (RODRÍGUEZ & HEINECK, 2001).

Projeto significa, genericamente, empreendimento e, como tal, é um trabalho que visa a criação de um produto ou a execução de um produto específico, temporário, não repetitivo e que envolve um certo grau de incerteza na realização. Como qualquer empreendimento, as atividades precisam ser planejadas, programadas e, durante a execução, precisam ser controladas (KEELLING, 2002).

Uma maior atenção no uso de conceitos de compatibilização de projetos é datada o final da década de 80 e início de 90, sendo utilizado em larga escala nos dias atuais, em diversos tipos de projetos, tanto na construção civil como demais áreas da engenharia.

Com o decorrer do tempo, e com o enfraquecimento político-econômico, as empresas da indústria da construção foram obrigadas a diminuir a quantidade de seus funcionários, fazendo com que muitos desses profissionais montassem seus pequenos escritórios ou até mesmo se tornassem profissionais autônomos. Em meados dos anos 90, ocorreu uma reformulação nas grandes construtoras, que passaram a gerenciar os projetos e terceirizar algumas partes, conforme figura4.

Figura 4 - Contextualização de construtoras e seus projetos no decorrer do tempo



Fonte: Autora.

Pensou-se na padronização dos projetos, porém na engenharia civil dificilmente um projeto é igual a outro. Todo projeto tem sua peculiaridade, suas especificações definidas por normas, particularidades dos locais de implantação, de seu entorno ou imposição do mercado. Com isso, todo projeto é único.

Além disso, dependendo do seu porte, o projeto pode possuir alta complexidade de execução, demandando grande esforço para o gerenciamento eficaz das inúmeras tarefas, dos diversos recursos (físicos, humanos e financeiros), mitigação ou eliminação dos riscos, entre outros. Desta forma, é comum dividir o projeto em subprojetos, de forma a facilitar o seu gerenciamento.

Após realizada a divisão em subprojetos, estes comumente são distribuídos em escritórios diferentes, o gerenciamento das informações se torna ainda mais importante para que se evitem problemas durante a concepção do produto, o que futuramente geraria problemas no planejamento, na definição dos orçamentos, nos gastos excessivos com materiais e mão de obra.

Portanto, a fase da concepção do projeto tem grande importância, sendo necessários estudos preliminares com consultas aos possíveis usuários, projetistas, especialistas e órgãos regulamentadores. Desta forma, para se buscar a qualidade do produto final, temos que tratar o projeto como elemento principal, de modo a criar uma relação estreita entre a execução e agregação de valor ao empreendimento.

Outro aspecto também importante é o gerenciamento das informações geradas ao longo da produção. São eles documentos, tabela, desenhos e informações, que se gerenciados com eficiência, poderão gerar ganhos e custo e tempo de processamento das informações. O gerenciamento eficaz dessas informações é facilitado com a Tecnologia da informação (TI), que vêm para complementar e auxiliar no desenvolvimento crescente das interações entre as equipes envolvidas no projeto como um todo.

2.2 O QUE É COMPATIBILIZAR PROJETOS?

Com o objetivo de aumentar a produtividade e diminuir custos advindos do desperdício de material e do retrabalho da mão de obra, as empresas responsáveis pela construção civil passaram a enxergar na compatibilização dos projetos a oportunidade de reduzir o desperdício.

Segundo Nascimento, (2013) a compatibilização nada mais é que o ato de gerenciar projetos relacionados entre si, visando o perfeito ajuste entre os mesmos e conduzindo-os para obtenção dos padrões de controle de qualidade total de determinado empreendimento.

Graziliano (2003), afirma que compatibilizar projetos é verificar se há componentes conflitantes, isto é, se os diversos componentes das instalações que configuram uma obra civil ocupam um mesmo espaço na estrutura. Além disso, é papel da compatibilização de projetos garantir que os dados compartilhados sejam confiáveis até o fim da obra.

De acordo com Picchi (1993) a compatibilização de projetos compreende a atividade de sobrepor os vários projetos e identificar as interferências, bem como programar reuniões entre projetistas e coordenação com o objetivo de resolver possíveis interferências que tenham sido detectadas.

Fazer a compatibilização é ferramenta fundamental no processo de desenvolvimento dos projetos, detectando e eliminando problemas ainda na fase de concepção, reduzindo retrabalhos, custo e prazo de execução, qualificando o empreendimento e aumentando sua competitividade frente ao mercado (NASCIMENTO,2013).

A falta de compatibilização dos projetos segundo Santos et al (2013) resulta em desperdício que, por sua vez, afeta o custo total e qualidade do empreendimento e é causado por falhas na especificação de materiais, falhas de projeto, falha de durabilidade dos componentes, falhas da mão de obra, dentre outros fatores que agravam a situação.

Um exemplo da falta de compatibilização dos projetos ocorre quando o arquiteto desenvolve o projeto de arquitetura, conhecido como projeto base. Este projeto base é utilizado por outros especialistas que desenvolvem seus projetos, como por exemplo: estrutura, elétrica, hidráulica, ar condicionado, telecomunicações, entre outros. Porém, entre esses especialistas não existe a troca de informação, o que resulta em incompatibilização dos projetos. Um exemplo desta incompatibilidade de projetos ocorre quando o projeto de elétrica não está alinhado com o de ar condicionado, e a infraestrutura de elétrica acaba sendo instalada no local onde os dutos de ar condicionado deveriam ser instalados.

Estas incompatibilidades demandam tempo e esforços de todos os envolvidos para suas resoluções. Além de aumentar o custo de uma obra, a ausência da compatibilização afetará diretamente as outras duas áreas da trílice restrição, trazidas na PMBOK (5º edição), quais sejam: tempo e qualidade.

O objetivo é destacar a importância da compatibilização e observar que a prática pode ser utilizada tanto em empresas de pequeno porte como as de grande porte. Segundo Carl V. Limmer (1997), o que se observa na maior parte das construtoras, tanto na execução quanto no gerenciamento, é um sistema informal, onde não existe uma integração mínima entre as equipes participantes do processo, sendo esta integração necessária para racionalizar os procedimentos de implementação do projeto.

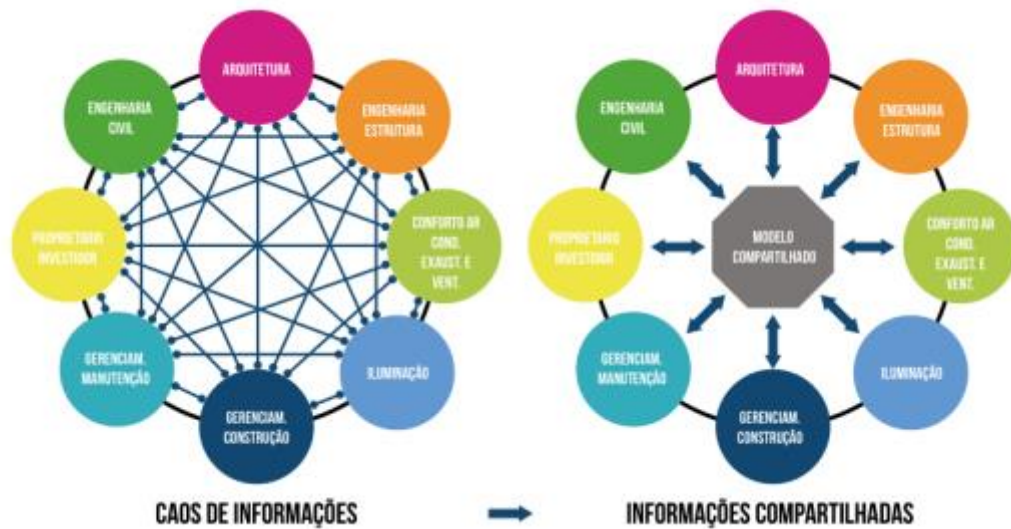
2.3 FALHAS DE PROJETOS

Para os profissionais que atuam na construção civil, uma das principais formas de perder dinheiro reside justamente no desperdício de materiais e no retrabalho. Este fato pode claramente ser associado à falta de compatibilização de projetos, que será debatido na sequência do trabalho. Outro fator que resulta em desperdício são erros de concepção dos projetos.

No Brasil, segundo Ávila (2011), as empresas de construção se especializam na parte civil e, quase sempre, terceirizam os profissionais de outras disciplinas, tais como: elétrica, hidráulica, ar condicionado, entre outros. Porém, muitas vezes o preço, ou o tempo, são os critérios utilizados para a contratação destes terceiros, o que diminui a qualidade e melhoria de execução. Além disso, essa terceirização fragmenta o projeto, exigindo-se um maior gerenciamento das atividades e seus respectivos prazos, de forma que haja a compatibilização dos projetos.

Podem ser visto na figura5 a representação de como é desenvolvida a troca de informações entre projetos feitos de forma tradicional do lado esquerdo e do lado direito com o funcionamento do modelo de compartilhamento entre as disciplinas na plataforma BIM:

Figura 5 - Demonstração de troca de informações entre Projetos Tradicionais (esquerda) e com uso da Plataforma BIM.



Fonte: CBIC (2016, p.58)

Por não ter devida atenção que a atividade de projeto necessita, via de regra, os projetos são entregues aos engenheiros de obra repletos de erros, lacunas e interferências. Ocasionalmente ocasionando perdas de eficiência na execução das atividades, além de, por vezes, fugir do escopo definitivo antes da sua execução.

Como já era esperado, as principais causas das patologias nascem na concepção do projeto, como mostrado na figura 6, muito por conta de não haver o gerenciamento eficaz em todas as fases do empreendimento.

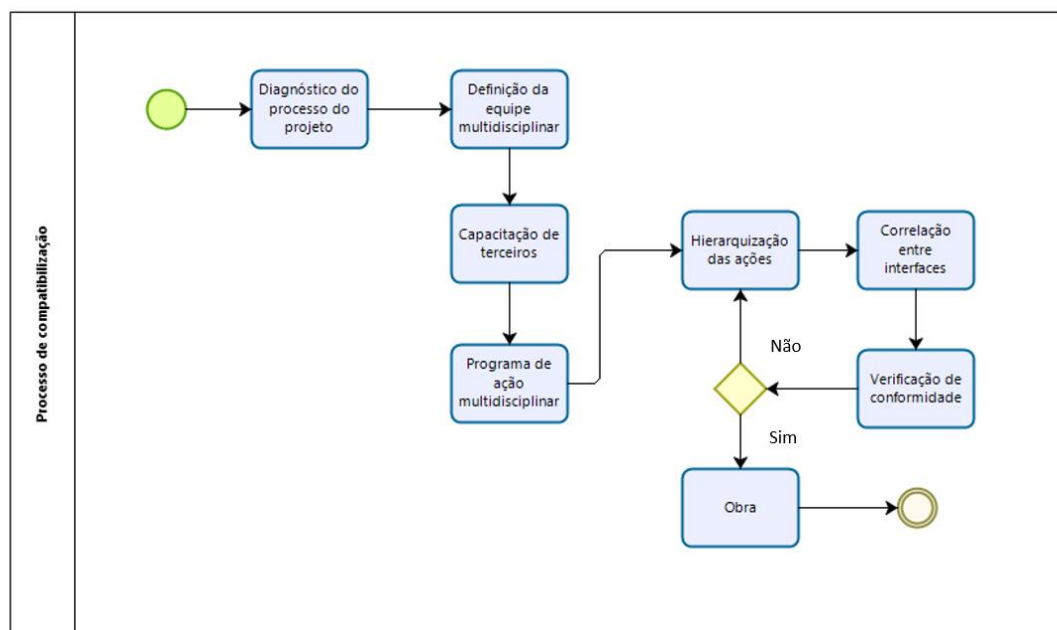
Figura 6 - Origem das patologias na construção civil



Fonte: (SOUZA, 2010).

O coordenador de projetos deve percorrer as etapas desde o diagnóstico do processo de projetos até sua definitiva entrega à produção. A figura 7 indicada as etapas intermediárias para definição da equipe, capacitação de terceiros e outras ações que permitam o coordenador de projetos ter a dimensão das incompatibilidades e as soluções que devem ser adotadas. É na etapa de verificação de conformidade que deverão ser identificadas e tratadas as possíveis incoerências entre projetos para que, ao final, sejam submetidas a aprovação e consequentemente sejam executadas.

Figura 7 - Processo de compatibilização



Fonte: Autora.

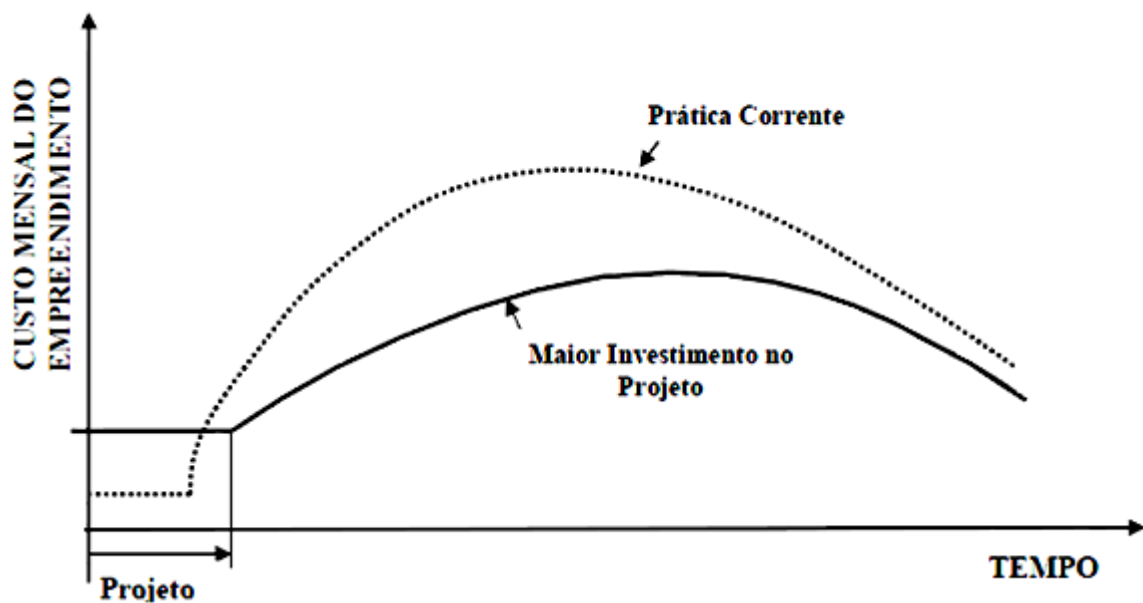
Várias falhas podem ocorrer durante a etapa de concepção do empreendimento, podendo se originar durante o lançamento da estrutura ou durante a elaboração do projeto de execução (OLIVEIRA,2013). Compatibilizar projetos não se limita ao tratamento das superposições de projetos, elas cumprem o papel de integrar as informações das disciplinas, projetistas, construtores, sistemas construtivos, escopos e podem ser definidas como:

- Analisar as alternativas técnicas;
- Conhecer os projetistas envolvidos;
- Identificar as intervenções futuras;
- Estabelecer como comunicar e documentar;

- Verificar as interfaces nos processos executivos;
- Analisar problemas complexos, com vários empreiteiros;
- Checar os sistemas construtivos e seus escopos;
- Ser proativo e analisar o futuro da construção.

Quanto maior o investimento, tanto em tempo quanto em custo, durante a elaboração do projeto, maior será a redução nos custos finais da obra, conforme podemos ver na figura 8 abaixo (MELHADO,2005).

Figura 8 - Possibilidade de maior investimento na fase de projeto vs prática corrente.



Fonte: Melhado (2005).

O custo total do empreendimento é definido nas primeiras etapas de viabilidade e elaboração de projeto. Logo, as decisões tomadas nas fases iniciais têm grande influência sobre o custo de construção (SOUZA, 2013). Ao menosprezar o valor de um bom projeto, assume-se o risco de entregá-lo repleto de erros e inconsistências que, no decorrer da obra, geram perdas de produtividade e prejuízos financeiros nas atividades de execução (CALLEGARI, 2007).

O autor afirma que o projeto deve ter autossuficiência e ser capaz de transmitir suas informações com facilidade, a fim de permitir planejamentos e programações eficientes. Ainda

segundo Callegari (2007), um excessivo número de problemas patológicos existentes nos edifícios pode ser atribuído à falta de qualidade dos projetos.

A compatibilização de projetos tem como intuito subordinar os interesses individuais dos projetistas às demandas do processo como um todo e salienta a necessidade que se trabalhe dentro de uma visão sistêmica, onde todos os intervenientes passam a ter um papel fundamental no processo, tanto na participação cooperativa no desenvolvimento dos projetos, quanto no próprio aprimoramento contínuo deste processo (GRILO, 2002).

Sobrepondo as informações com o auxílio de um software como, por exemplo, o CAD 2D, é possível detectar as interferências e propor adequações ao projeto em tempo hábil, minimizando desta forma possíveis atrasos e gastos extras. Assim, de forma resumida e simplificada, é possível notar que a falta de compatibilização de projetos durante o seu desenvolvimento, resulta basicamente em dois problemas: atrasos no cronograma de obra e perdas durante o processo de execução.

2.4 ATRASOS NO CRONOGRAMA DA OBRA

O cronograma é um artefato de gerenciamento muito importante na fase de execução, utilizado para listar tarefas, relacionar suas interdependências, atribuir os recursos que as executarão e seus respectivos prazos. Assim, com o cronograma é possível visualizar o progresso da obra e direcionar maior atenção para tarefas que possuem impactos diretos no prazo da obra, também conhecido como caminho crítico do projeto.

A preocupação com o caminho crítico do projeto é de suma importância, pois atrasos em obras geralmente resultam em pagamentos de multas, aumento de despesas com funcionários extras para diminuir os atrasos e possíveis diminuições na qualidade das entregas.

Um dos fatores que pode gerar aumento de duração do projeto, são as atividades que possuem restrição de tempo para serem executadas, somente sendo possível suas execuções em intervalos de tempo limitados. São os casos de atividades que dependem de condições climáticas favoráveis, por exemplo, e nestes casos o adiamento das atividades podem gerar prejuízos elevados (WILLIANS, 2003).

2.5 PERDAS DURANTE O PROCESSO DE EXECUÇÃO

Perdas na construção civil não ocorrem somente com o desperdício de materiais, mas também em qualquer ineficiência na utilização de materiais, equipamentos e mão de obra. De forma mais abrangente, podem ocorrer em todas as tarefas sem propósitos que geram custos adicionais e não agregam valor ao empreendimento.

Um dos grandes causadores do desperdício na construção civil se deve à falta de detalhamento de projeto e improvisações que são realizadas no momento da execução (THOMAZ,2001).

Mesmo que notadas apenas durante a etapa de execução, a origem dos desperdícios e perdas podem ocorrer nas etapas antecessoras do processo construtivo, como o planejamento, fabricação de materiais, suprimentos e preparação dos recursos humanos (SOUZA et al, 1998).

O desenvolvimento das atividades de projeto requer diretrizes e procedimentos sistematizados, além de um eficiente sistema de gerenciamento de dados e informações. Deste modo, consolidam-se soluções de projeto com maiores detalhamentos e métodos de construtibilidade, restando apenas decisões de caráter operacional para as etapas de produção (NOVAES,1998).

Para Romminger,Moccellin (2001) são desperdiçados o equivalente a 6% do custo da obra por consequência da falta de otimização dos projetos. Para o autor, compatibilizar os projetos consiste em sobrepor os mesmos e, com isso, identificar as incongruências, promover reuniões entre os diversos projetistas e a coordenação, e resolver as discordâncias de projeto que foram identificadas.

2.6 FERRAMENTAS DE COMPATIBILIZAÇÃO

A partir da década de 90 os softwares e profissionais consolidaram o uso da informática para elaboração de projetos. No entanto, é preciso compreender que o computador é uma ferramenta, mas não faz milagres. A sua rapidez e capacidade podem proporcionar uma falsa

sensação de segurança que nem sempre garantem resultados satisfatórios. Os programas de projeto estão ficando cada vez mais complexos.

Atualmente existem programas eficientes que são utilizados de uma maneira integrada, estão mais sofisticados no que tange a recursos e soluções que apresentam. É possível superpor projetos em 2D e 3D com ilustração clara das interferências entre projetos em uma mesma plataforma. O uso destas ferramentas propicia ganho de tempo para identificar impactos e permite que um projeto seja validado já em fases iniciais.

O próximo passo de evolução desses sistemas é a plataforma BIM, que insere os elementos do projeto indicando de imediato que dois corpos não ocupam o mesmo lugar no espaço, garantindo a intervenção do projetista para mitigar possíveis problemas.

A utilização de ferramentas para compatibilização de projetos está cada vez mais frequente nos escritórios de arquitetura e engenharia. Alguns dessas ferramentas são:

1-) Extranets: segundo Nascimento (2013), extranet nada mais é que uma rede de computadores que utiliza da internet para conectar empresas e profissionais que compartilham objetivos comuns. A extranet surge com o intuito de otimizar o trabalho do coordenador de projetos. Onde as partes envolvidas no projeto utilizam-se de e-mails e de um ambiente colaborativo para se comunicar de forma mais efetiva. Neste caso, cada agente tem acesso individual e, obviamente, controlado pelo coordenador, sendo possível transferir e compartilhar arquivos do projeto e tornando assim o processo de gestão do projeto mais eficiente.

2-) Sistema CAD: segundo Souza (2010), até meados do século XIX, os projetistas utilizam ferramentas simples de desenho para detalhar elementos dos projetos da construção civil. Foi após a evolução dos computadores que chegaram os primeiros softwares *Computer Aided 13 Design* (CAD). Em pouco tempo tal tecnologia foi adotada maciçamente na indústria da construção civil.

Ainda segundo o autor, o CAD tem oferecido grandes benefícios na concepção e gestão do projeto, justamente por proporcionar aos projetistas um grande aumento na produtividade e a integração das diversas interfaces, proporcionando assim, uma visão detalhada das soluções adotadas e uma visão geral do sequenciamento da execução e suas etapas.

3-) Tecnologia BIM: o *Building Information Modeling* (BIM) surge como a tecnologia capaz de desbancar o outrora insubstituível sistema CAD. Segundo Souza (2010), no conceito

BIM, todos os componentes do desenho deixam de ser linhas e traços e passam a receber um significado, simbólico ou abstrato, com atributos quantitativos e/ou qualitativos, como durabilidade, vida útil ou resistência.

Souza (2010) afirma ainda que como a tecnologia BIM trabalha com o modelo real do edifício ou outro qualquer outro empreendimento, e não apenas com uma representação 2D, é perfeitamente possível levantar questões como relatórios de análises de perda de calor, controle financeiro, dados sobre as fases de execução, além de facilitar a obtenção de cortes, perspectivas e animações através da planta inicial.

2.7 PLATAFORMA BIM (Building Information Modeling)

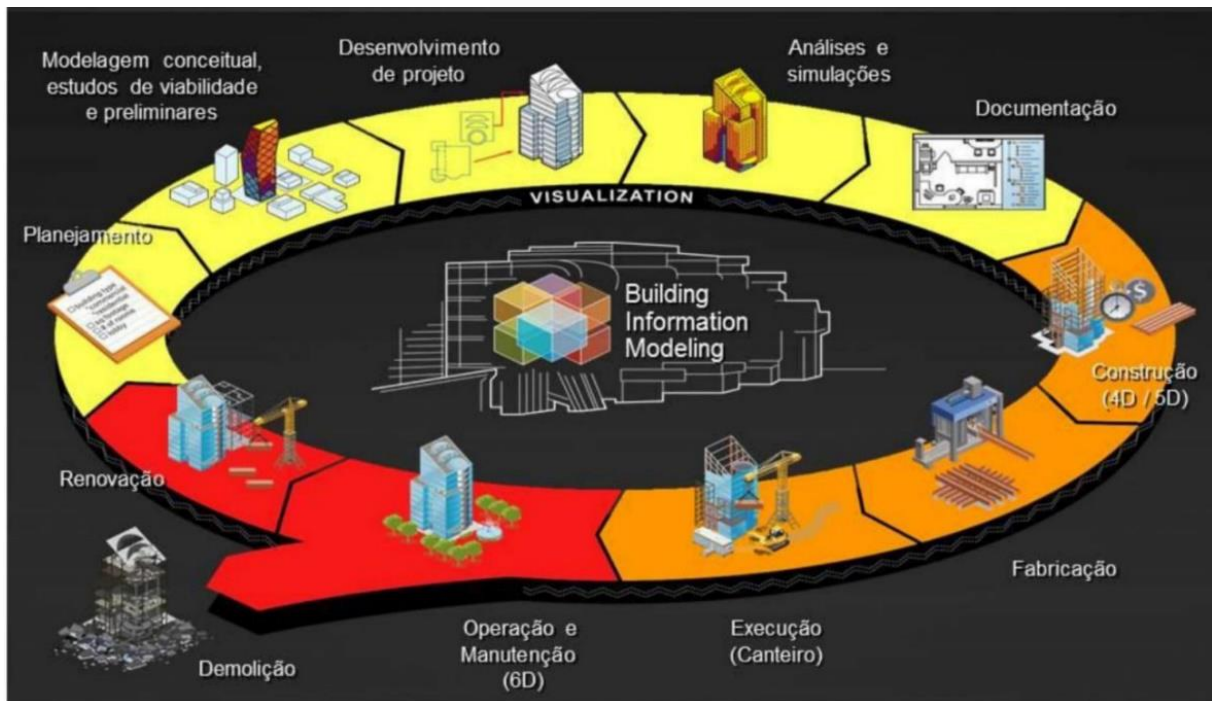
Com a necessidade de novas ferramentas de compatibilização de projetos, a criação Tecnologia BIM pode ser considerada de suma importância para um grande avanço na resolução de diversos problemas na construção civil.

Essa tecnologia vem crescendo e de acordo com Eastman et al. (2014.p.1), o BIM se torna uma das tecnologias mais promissoras no desenvolvimento da arquitetura, engenharia e construção (AEC). Portanto, é de suma importância que o processo de implementação do BIM, e consequentemente a implantação das ferramentas (softwares) que o viabilizam sejam apropriados e completos.

Segundo Campestrini (2015), na fase de orçamento de uma obra os profissionais necessitam de informações dos materiais, tais como marca, modelo, fabricante e quantidade, para posteriormente prosseguir com orçamento. Com as novas tecnologias aplicadas, automaticamente o orçamentista, assim como todos os envolvidos, terá essas informações através dos sistemas utilizados.

A ferramenta vai além de somente esse pré-requisito importantíssimo. Essa tecnologia está presente desde o levantamento topográfico do terreno até a sua pós-entrega. figura 9:

Figura 9 - Utilização da plataforma BIM na indústria da AEC



Fonte: Mello (2012).

De acordo com Campestrini (2015), os diferentes tipos de modelagem podem oferecer suas vantagens:

- Modelo 3D = fornece ao usuário uma compatibilização espacial do projeto, informações sobre os materiais, acabamentos e quantitativos dos materiais;
- Modelo 4D = possibilita o acesso a informações de prazo como: produtividade da equipe, número de equipes necessárias e melhor sequência executiva, além de ser possível extrair o cronograma da obra, obtendo datas de início e término de cada atividade;
- Modelo 5D = mostra aos proprietários o que acontece com a programação e o orçamento quando houver alguma modificação no projeto, além de possuir um banco de dados com informações sobre custos, preços e taxas de produtividade do trabalho;
- Modelo 6D = somente é utilizado quando se deseja obter informações sobre o uso da edificação.

- Modelo 7D = é utilizado logo após a ocupação da edificação. Para otimizar e fazer a gestão da construção, o modelo permite aos participantes sigam os dados e ativos relevantes, tais como status do componente, especificações, manutenção, manuais de operação e datas de garantias.

Analisando-se os modelos acima, percebe-se que quanto maior o nível, maior será o detalhamento das informações colhidas e analisadas sobre a edificação, conforme figura10:

Figura 10 - Os diversos níveis D do BIM – Adaptado.



Fonte: : <https://hashtagbim.wordpress.com/2015/10/12/bim-do-3d-ao-7d/>. Acessado em março 2019.

2.7.1 Software de Modelação BIM

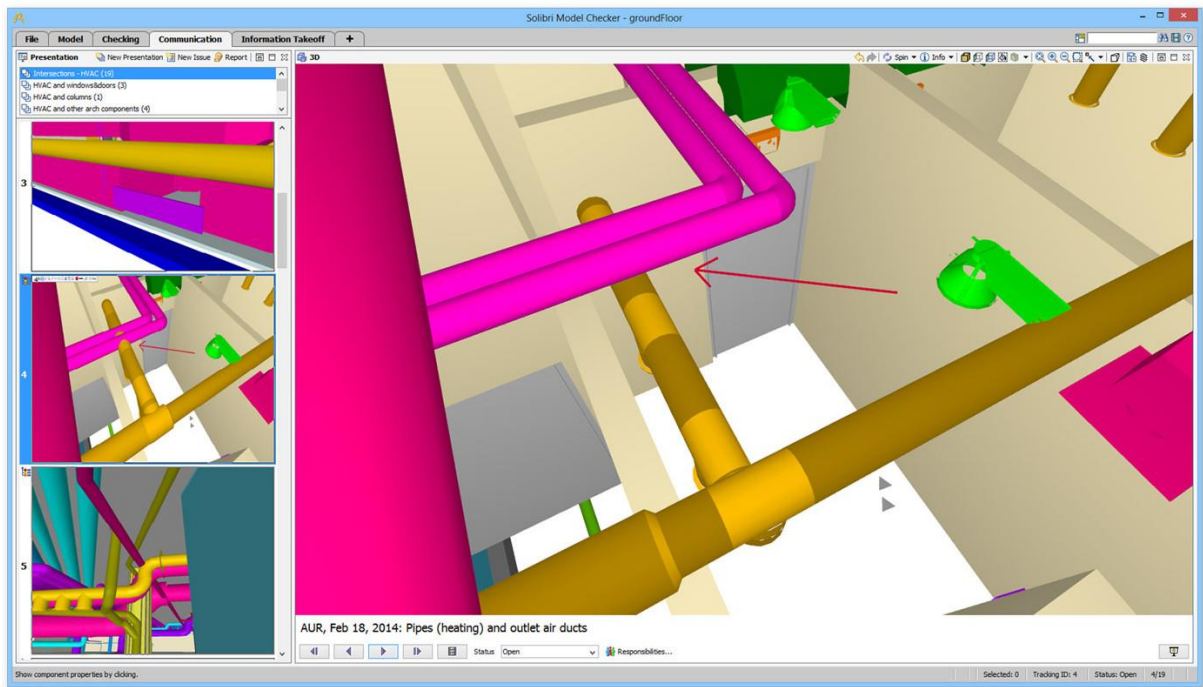
Nesta secção apresentados alguns dos *softwares* BIM utilizados na construção civil:

- Solibri®:

Uma solução completa para a análise dos modelos BIM, verificando sua integridade, qualidade e aderência as mais diversas regras de projeto. O Solibri oferece recursos de visualização e navegação fáceis de usar incluindo um caminhar através muito intuitivo. Através de um simples clique de mouse, o Solibri faz um “raio X” completo do modelo da edificações revelando falhas e inconsistências do projeto, destacando desde interferências

entre disciplinas até a conformidade do modelo com os seus códigos e melhores práticas de construção. Conforme exemplo da figura 11:

Figura 11 - Solibri detectando incompatibilidades do projeto.

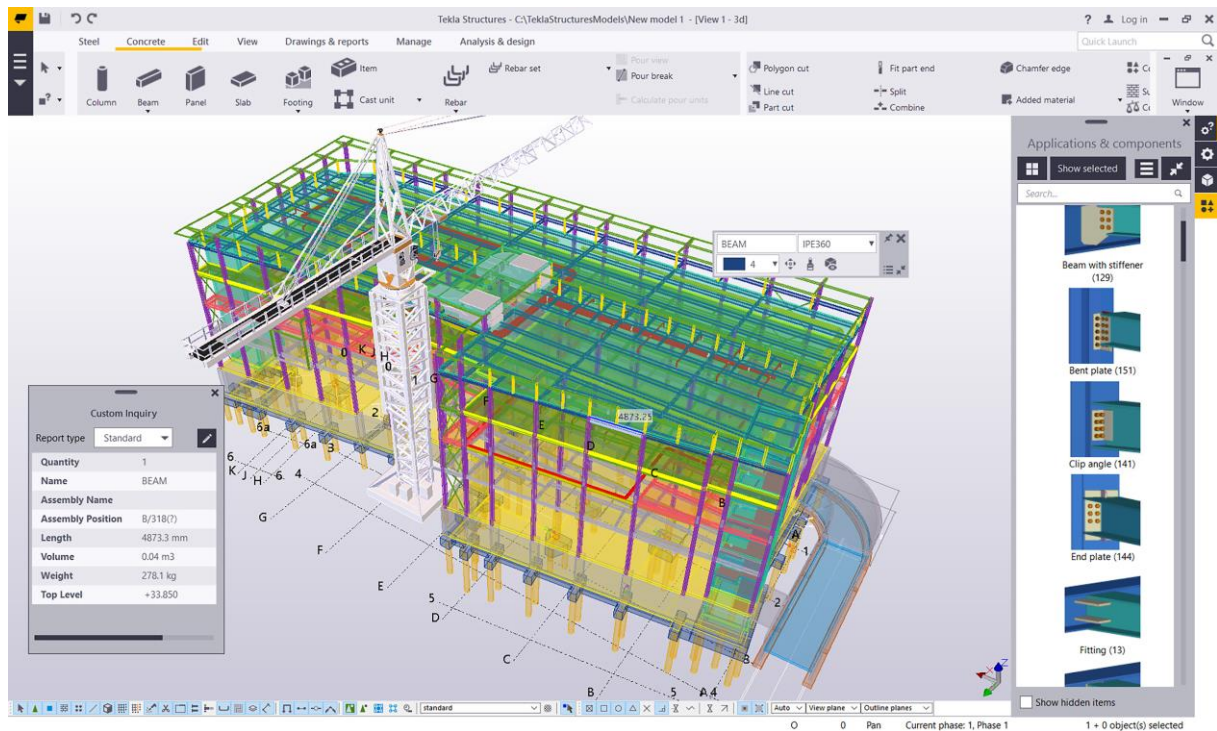


Fonte: <https://www.makebim.com/2016/07/31/solibri-model-checker-a-solucao-completa-para-a-analise-bim/> acessado em março 2019.

- Tekla Structures®:

Foi criado por uma empresa finlandesa fundada em 1996, que começou seus trabalhos com o desenvolvimento do Xsteel em 1990, crescendo e tornando-se o aplicativo de detalhamento de aço mais utilizado no mundo. Posteriormente, buscando expandir suas funcionalidades, desenvolveu a parte do concreto armado e dos pré-moldados. Como consequência, o software foi renomeado Tekla Structures®, sendo referência em suporte para concreto armado, pré-moldado, madeira, aço e para engenharia estrutural (EASTMAN et al., 2014). Conforme exemplo da figura 12:

Figura 12 - Tela do Tekla Structures® mostrando os detalhes de montagem da edificação.

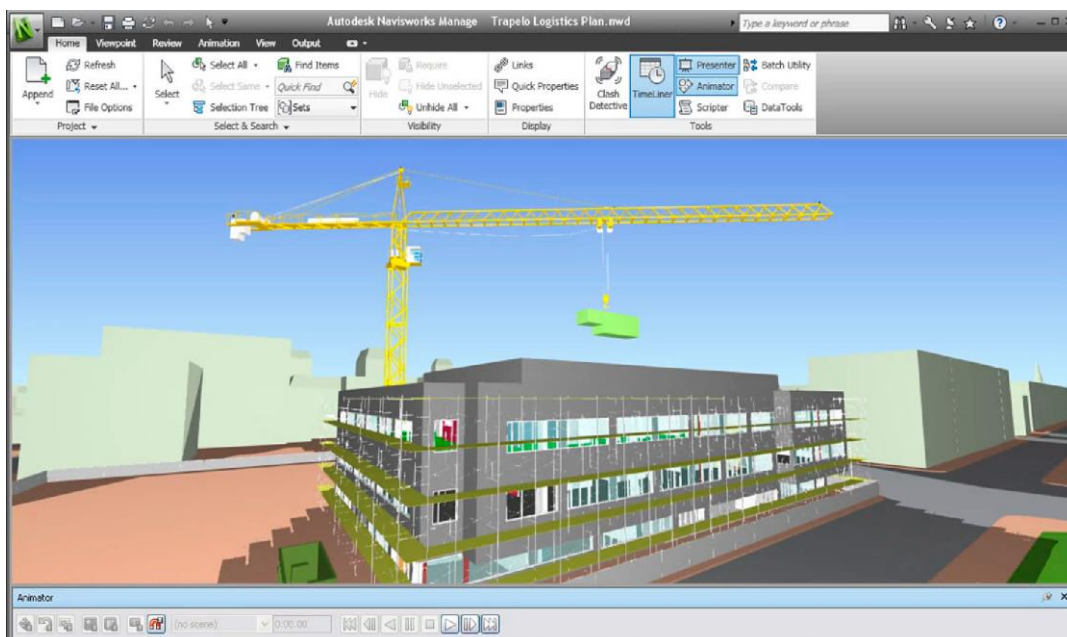


Fonte: <https://www.tekla.com/br/produtos/tekla-structures> acessado em março 2019.

- Autodesk Navisworks®:

Este software integra, partilha e prepara modelos gravados em diversos formatos com todos os detalhes do projeto. Além disso, faz a integração, análise e comunicação entre as equipes na coordenação da disciplina de forma a solucionar interferências, conforme exemplo da figura 13:

Figura 13 - Tela Autodesk Navisworks® compatibilização de projetos.



Fonte: <http://www.mapdata.com.br/produtos/autodesk/navisworks/> acessado em março 2019.

2.7.2 Clash Detection (CDRs)

O termo Clash Detection, conhecido como CDRs (Clash Detection Reports) ou Relatórios de Detecção de Choques, surge como meio para se administrar e orientar a coordenação de projeto e construção, monitorando os conflitos encontrados e seus tempos de soluções, ou seja, a análise preventiva dos conflitos geométricos existentes no modelo.

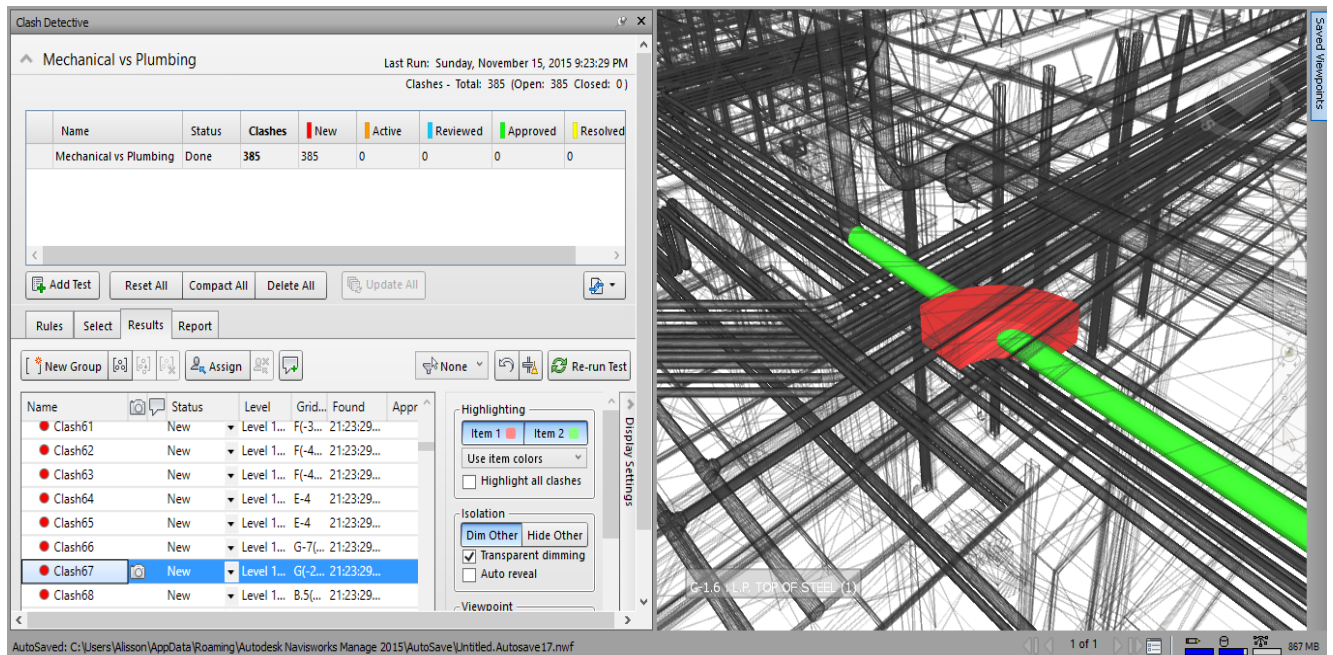
As equipes de projetos podem decidir rastrear seus conflitos, podendo ser individuais ou, então, agrupá-los e rastreá-los como um único problema, o que ajudaria as equipes de projetos a garantir as interações entre os projetos e suas devidas soluções, garantindo que o produto final seja totalmente coordenado.

Descobrir as incoerências entre os projetos e ajustá-las na fase que antecede a construção é fundamental para evitar: multas por atrasos na entrega da obra, perdas de materiais, mão-de-obra ociosa e retrabalhos, gerando-se economia em tempo e custos.

Temos a seguir um exemplo no qual, ao executar o detector de conflitos em um projeto nas disciplinas hidráulica e mecânica, foram identificados 385 conflitos (clashes). O programa lista todos os conflitos encontrados, além de destacar em cores verde e vermelho, para facilitar

a visualização, conforme figura 14. Com isso, é possível designar os recursos necessários para solucionar estes conflitos, sendo possível manter no sistema o registro da pessoa e a data em que foi resolvido.

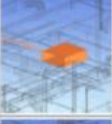
Figura 14 - Clashes entre hidráulica e mecânica



Fonte: <https://bimexperts.com.br/naviswork-manage-recursos-e-possibilidades/> acessado em março 2019.

Figura 15 - Exemplo de relatório de detecção de interferências.

03-Main 03 P vs M		Tolerance	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved	Type	Status
		0.03m	22	0	21	0	0	1	Hard	Old

							Item 1			Item 2		
Image	Clash Name	Status	Distance	Description	Date Found	Clash Point	Item ID	Layer	Path	Item ID	Layer	Path
	Clash7	Active	-0.08	Hard	2011/11/18 16:52.03	x:167287.34, y:41991.65, z:512.03	Element ID: 2329647	<No level>	File > File > > <No level> > P - Sanitary Vent > Solid	Entity Handle: 8850	SA-RECT-3D	File > File > > SA-RECT-3D > MAPS_SOLID > Subentity
	Clash13	Active	-0.12	Hard	2011/11/18 16:52.03	x:167313.16, y:41969.75, z:511.98	:	<No level>	File > File > > <No level> > P - Sanitary Vent > Solid	Entity Handle: 8734	SA-RECT-3D	File > File > > SA-RECT-3D > MAPS_SOLID > Subentity
	Clash14	Active	-0.04	Hard	2011/11/18 16:52.03	x:167297.31, y:41960.10, z:511.97	Element ID: 1972614	<No level>	File > File > > <No level> > P - Sanitary Vent > Solid	Entity Handle: 287A	SA-RECT-3D	File > File > > SA-RECT-3D > MAPS_SOLID > Subentity
	Clash36	Active	-0.17	Hard	2011/12/13 17:25.54	x:167299.89, y:41935.20, z:511.95	:	<No level>	File > File > > <No level> > P - Sanitary Waste > Solid	Entity Handle: DB1A	SA-RECT-3D	File > File > > SA-RECT-3D > MAPS_SOLID > Subentity
	Clash39	Active	-0.13	Hard	2011/12/13 17:25.54	x:167306.30, y:41966.84, z:512.01	Element ID: 2697591	<No level>	File > File > > <No level> > P - Domestic Hot Recirc > Solid	Entity Handle: DE46	SA-RECT-3D	File > File > > SA-RECT-3D > MAPS_SOLID > Subentity
	Clash41	Active	-0.10	Hard	2011/12/13 17:25.54	x:167306.45, y:41967.04, z:512.01	Element ID: 1969994	<No level>	File > File > > <No level> > P - Sanitary Vent > Solid	Entity Handle: DE46	SA-RECT-3D	File > File > > SA-RECT-3D > MAPS_SOLID > Subentity

Fonte: GSA (2016).

Alguns *softwares* que tem a função de clash detection são Navisworks e Solibri, oferecendo o formato padronizado de lista de interferências, incluindo a imagem do problema e referência da sua localização, como mostrado na figura 15. Isso se torna bastante útil em casos de projetos muitos extensos e com várias disciplinas com execuções em paralelo.

No Brasil, o conceito e a utilização destes softwares veem se desenvolvendo ao longo dos anos, o que veem aprimorando os projetos, como se tem observado que projetos com aplicação do conceito e apoio de tecnologias com o Revit, AutoCAD e Infraworks tem gerado ganhos de produtividade e grandes reduções de desperdício nas obras.

3. PESQUISA EM CAMPO

Para este estudo de caso, serão analisadas as principais incompatibilidades de projetos encontradas em um projeto hospitalar, cujo escopo consiste tanto na construção de novas áreas, como na reforma do hospital já em funcionamento.

O motivador deste projeto é atender a necessidade do Hospital por equipamentos e softwares de última geração, que serão utilizados na área de diagnósticos, UTI e Hemodinâmica. Um desses aparelhos é conhecido como Artis Q, fabricado pela Siemens, e será o primeiro em funcionamento em todo o estado de São Paulo e o segundo em todo o Brasil.

Assim, em 2012 foi criado um projeto base de arquitetura por uma empresa projetista terceirizada e, a partir deste projeto base, foram contratados especialistas de fundação, estrutura de concreto, elétrica, hidráulica, ar condicionado, gases medicinais, estrutura metálica, impermeabilização, pavimentação, prevenção e combate a incêndio e caixilhos. Cada um destes profissionais criara seus respectivos projetos, porém sem que houvesse comunicação entre eles e, conseqüentemente, não houve preocupação na compatibilidade entre os projetos.

Em janeiro de 2018 esses projetos foram apresentados para diversas construtoras que haviam sido selecionadas para participarem da concorrência. Cada construtora enviou seus orçamentos, que foram analisados pelo conselho do hospital e este determinou a Construtora X como vencedora, iniciando suas atividades em outubro de 2018.

Desta forma, o escopo do projeto a ser executado pela construtora prevê as obras de ampliação da UTI Adulto, Refeitório, Cozinha, Sala de Espera da Internação, Estacionamento, Farmácia, Depósito, Centro Cirúrgico, Pré-Parto e Pós-Parto e Leitos. A previsão de término das obras de ampliação e reformas é setembro de 2019.

Portanto, neste estudo de caso iremos analisar as principais incompatibilidades de projetos encontradas ao longo da execução desta obra. Nos próximos tópicos encontram-se as informações detalhadas do hospital, da Construtora X e da obra a ser executada.

3.1 O Hospital

Em 1967 na cidade de Santos, os dirigentes da Associação e dos Sindicatos dos Médicos, inconformados com o desempenho insatisfatório da medicina estatal e preocupados

com o surgimento e crescimento do mercantilismo médico, resolveram criar um sistema de assistência médica eficiente que fosse economicamente viável, e que preservasse a dignidade do médico e os postulados éticos da profissão.

Assim sendo, o hospital, também citado neste trabalho como “cliente”, é uma cooperativa e a maior operadora de planos de saúde do Brasil. Fundada em 28 de novembro de 1975, o sistema de cooperativas médicas, que teve um faturamento de 33 bilhões de reais em 2012, é líder no mercado privado nacional (40% do mercado doméstico de planos de saúde) e está presente em 83% do território brasileiro. É também considerada a maior cooperativa de saúde do mundo.

São 347 cooperativas em todo o país (comparáveis a subsidiárias, mas geridas de maneira autônoma), controladas pelos 113 mil médicos cooperados, além de 34 cooperativas regionais, que fazem a intermediação entre as subsidiárias e a controladora nacional. O sistema conta com 18 milhões de beneficiários, 2.611 hospitais credenciados e 114 hospitais próprios.

Para atender tantos beneficiários da melhor maneira possível, o hospital busca ser reconhecido como uma das instituições que prestam os melhores serviços de saúde do país, oferecendo as melhores soluções em saúde, promovendo a qualidade de vida, o atendimento humanizado e a valorização de seus médicos e colaboradores.

A unidade hospitalar utilizada neste estudo de caso encontra-se na cidade de Sorocaba, interior do estado de São Paulo e possui área total de 6.188 m². Localizada conforme figura16:

Figura 16 - Localização do empreendimento.



Fonte: Google Earth (2019).

3.2 A Construtora X

A Construtora X, também citada neste trabalho como “construtora”, foi constituída em 1973 e é uma subsidiária da multinacional japonesa Construtora Y, uma das maiores construtoras do mundo, sendo esta fundada em 1804.

Desde sua fundação, a Construtora X mantém a política de priorizar a satisfação dos seus clientes, através de parcerias com os fornecedores e a preservação do seu patrimônio humano, buscando sempre a qualidade com segurança, economia e respeito aos prazos de suas obras.

Atualmente a Construtora X possui um quadro funcional de aproximadamente 147 funcionários, distribuídos em seus escritórios da matriz, em São Paulo, e filiais nas cidades de

Sumaré/SP e Manaus/AM, além de outros 970 operários distribuídos em obras espalhadas por outros estados.

Assim, a Construtora X conta com profissionais de diversas especialidades, tais como: projetos, cálculo estrutural, orçamentos, segurança, planejamento de empreendimentos, engenharia de construção, instalações e profissionais em diversas funções administrativas.

Para continuar crescendo em um mercado cada vez mais competitivo, a construtora utiliza-se do ciclo PDCA para melhorar a qualidade de suas entregas. Este ciclo é uma ferramenta muito eficaz de melhoria contínua de processos, sendo ele formado por quatro ações:

- Planejamento (**P**lan): etapa de planejamento do trabalho que será realizado;
- Execução (**D**o): executar o trabalho que foi planejado na etapa anterior;
- Verificação (**C**heck): medição e avaliação do trabalho realizado, analisando a diferença entre o resultado final com o que havia sido planejado;
- Ação (**A**ct): aplicar correções para diminuir a diferença entre o trabalho planejado e o realizado, caso as metas não tenham sido atingidas. Se não houver divergência entre o planejamento e a execução, então o plano aplicado será adotado como padrão.

Figura 17 - Ciclo PDCA.



Fonte: Construtora

As atividades desempenhadas na engenharia civil utilizam processos para obtenção de resultados específicos que, em conjunto e articulados, cumprirão objetivos mais amplos. O ciclo

PDCA, ilustrado na figura 17, é importante nesse sentido, pois possibilita a análise constante dos processos utilizados e mapeamento de pontos a serem melhorados.

Por fim, a construtora possui uma rígida política de segurança, sendo garantida através da atuação de uma equipe experiente de técnicos de segurança, comandada por um engenheiro de segurança. Assim, esta equipe é responsável pela implantação de todas as medidas de segurança necessárias, assim como o treinamento constante dos funcionários.

Como medidas de segurança padrão, são realizadas reuniões diárias com todos os funcionários da obra conforme. figura 18, para que sejam alinhadas todas as atividades relevantes e quais medidas de segurança deverão ser adotadas. Nesse momento também são abordados alguns assuntos como higiene, bem-estar e doenças.

Figura 18 - Reunião diária com os funcionários.



Fonte: Autora

Além disso, têm-se de maneira visível a todos os funcionários um quadro com a cruz verde marcando os dias em que a obra não teve acidente, e também a quantidade de dias consecutivos que a obra prossegue sem acidentes, e o procedimento de trabalho de cada área, representado na figura 19.

Figura 19 - Quadro da cruz verde e procedimento de trabalho.



Fonte: Autora

3.3 Escopo detalhado da obra

A área atual de UTI (Bloco L) possui 600 m² de área e é constituída por oito leitos e suas áreas de apoio dos médicos. Com a obra de ampliação, ela terá mais de 2.700 m² de área, onde serão instalados 22 novos leitos, todos individualizados por boxes e com entradas independentes para visitantes e acompanhantes. Após a entrega desta nova área construída, a área da antiga UTI será reformada.

Todo o espaço terá novos equipamentos de climatização, novo sistema de proteção elétrica com nobreak central, instalação de equipamentos médicos de última geração, uma farmácia-satélite e sala para equipe multidisciplinar.

O prédio da cozinha (Bloco D) terá quatro novas câmaras frigoríficas, além de um novo sistema de exaustão, climatização e cocção. Após a reforma, a cozinha e o refeitório passarão a ter o dobro de área e capacidade de atendimento, resultando em uma ampliação de 250 m², o que as tornarão mais funcionais e confortáveis.

No estacionamento serão mais 1560 m² de área pavimentada, dividida em 60 vagas de estacionamento, iluminação e sinalização para os pacientes e médicos.

Será construído a área de Pré-Parto Humanizado (Bloco G), com um total de 60 m² onde terá um quarto exclusivo. Além disso, será reformado a área do Pós-Parto, que consiste em 110 m².

Será expandido a área do Centro Cirúrgico (Bloco G) em 155 m², que será distribuído em duas salas novas onde serão instalados equipamentos de última geração, sendo possível fazer a interligação com outros hospitais através de videoconferência.

Para abrigar os pacientes, será construído uma área de 70 m² para os leitos, sendo distribuídos em 8 boxes para pacientes que saíram da cirurgia.

A área da Farmácia (Bloco C) será ampliada em 220 m² e, além disso, ganhará um mezanino 120 m² para estoque de material. Logo após a entrega da construção nova, será reformada a farmácia atual, com cerca de 87 m². Toda área de farmácia abastece o hospital e prepara todas as medicações para os pacientes.

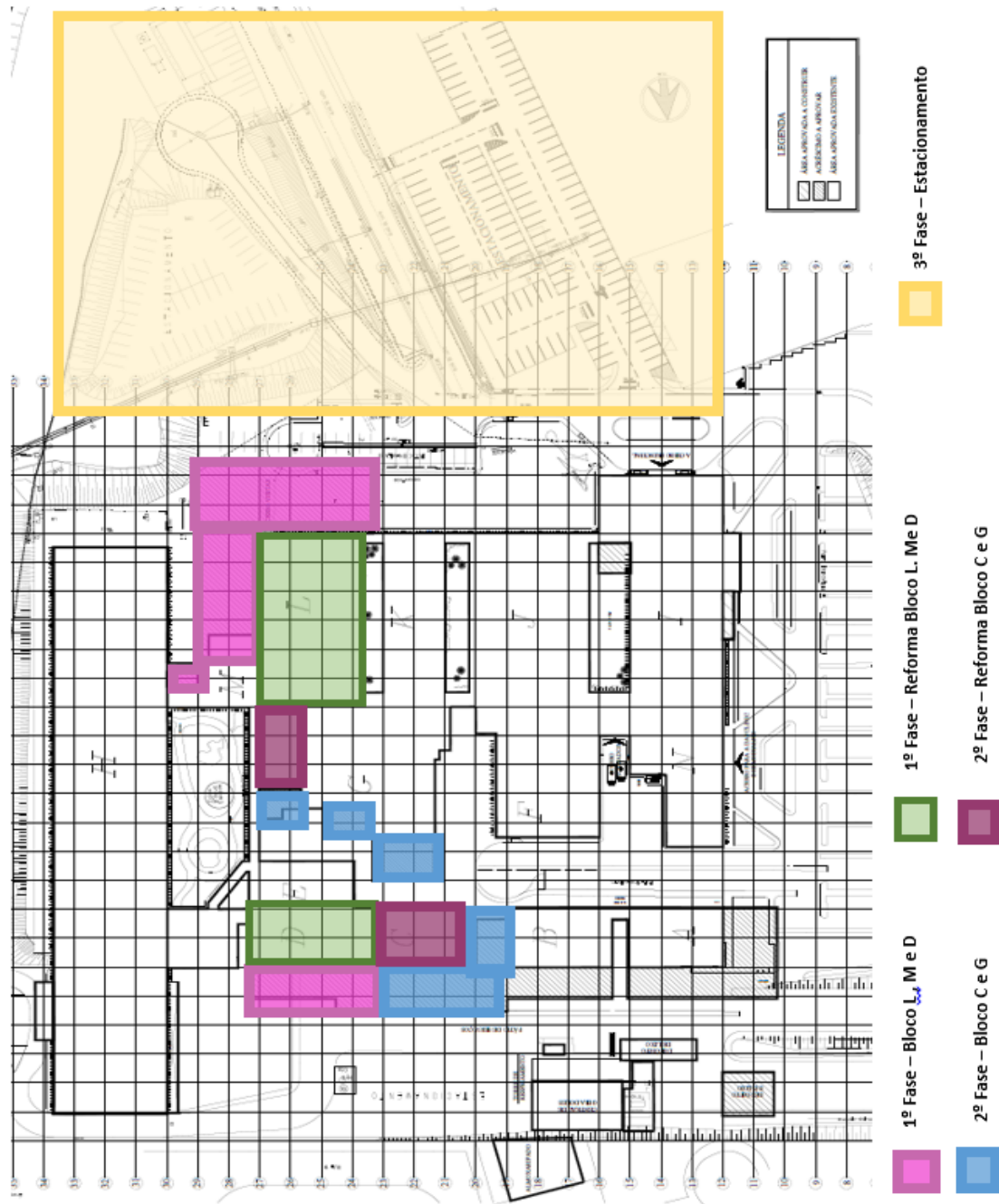
Desta forma, a obra foi dividida em Blocos, conforme tabela 02 e figura 20 a seguir:

Tabela 2 - Localização e metragem

	1° Fase (Ampliação)	2° Fase (Reforma)
Bloco L - UTI	Rosa (2.700 m ²)	Verde (600 m ²)
Bloco G - Pré-Parto	Azul (60 m ²)	N/A
Bloco G - Pós-Parto	N/A	Vinho (110 m ²)
Bloco G - Leito	Azul (70 m ²)	N/A
Bloco G - Centro Cirúrgico	Azul (155 m ²)	N/A
Bloco D - Cozinha / Refeitório	Rosa (250 m ²)	Verde (256 m ²)
Bloco C - Farmácia / Depósito	Azul (340 m ²)	Vinho (87 m ²)
Estacionamento	Amarela (1560 m ²)	N/A
Total Parcial (m²)	5.135 m²	1.053 m²
Total Geral (m²)	6.188 m²	

Fonte: Autora

Figura 20 - Mapa do projeto hospitalar.



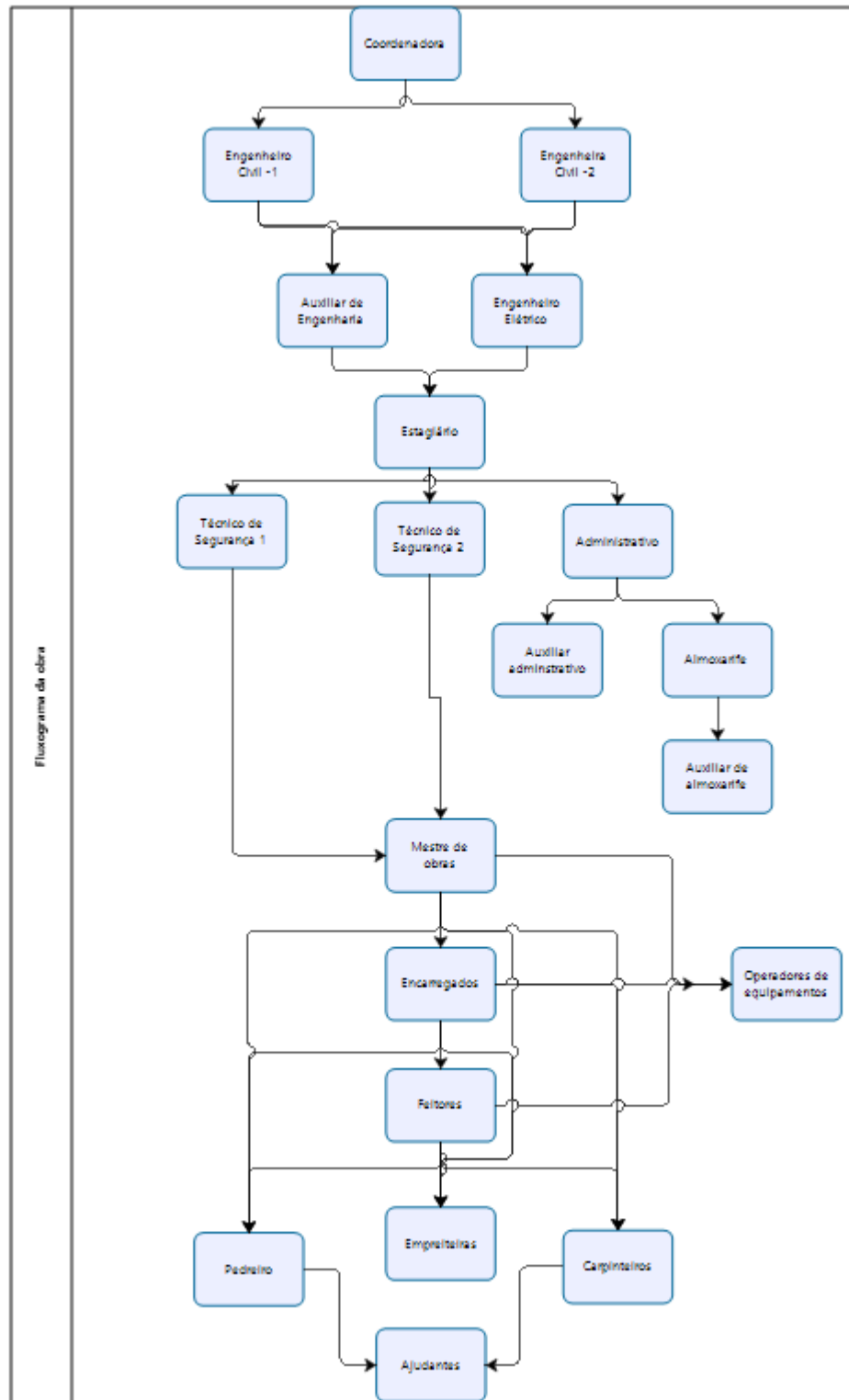
Fonte: Cliente

Além disso, devido a sua complexidade, com vários prédios sendo construídos e reformados em períodos diferentes, este projeto teve que ser constituído por um corpo técnico grande, tanto por parte da Construtora X, como pelo Hospital.

Temos a seguir o corpo técnico e o organograma dos funcionários da construtora X para essa obra hospitalar, conforme figura 21:

- 1 coordenadora de obra (engenheira civil);
- 2 engenheiros civis;
- 1 auxiliar de engenharia;
- 1 engenheiro elétrico;
- 1 estagiário;
- 2 técnicos de segurança;
- 1 administrativo;
- 1 auxiliar administrativo;
- 1 almoxarife;
- 1 auxiliar de almoxarife;
- 1 mestre de obras;
- 3 encarregados;
- 3 feitores;
- 2 operadores de equipamentos;
- De 100 a 150 funcionários próprios da construtora (ajudantes, pedreiros, carpinteiros);
- De 150 a 200 funcionários terceirizados (armadores, azulejistas, eletricitas, encanadores, especialistas em ar condicionado, entre outros).

Figura 21 - Organograma de funcionários (Construtora x).

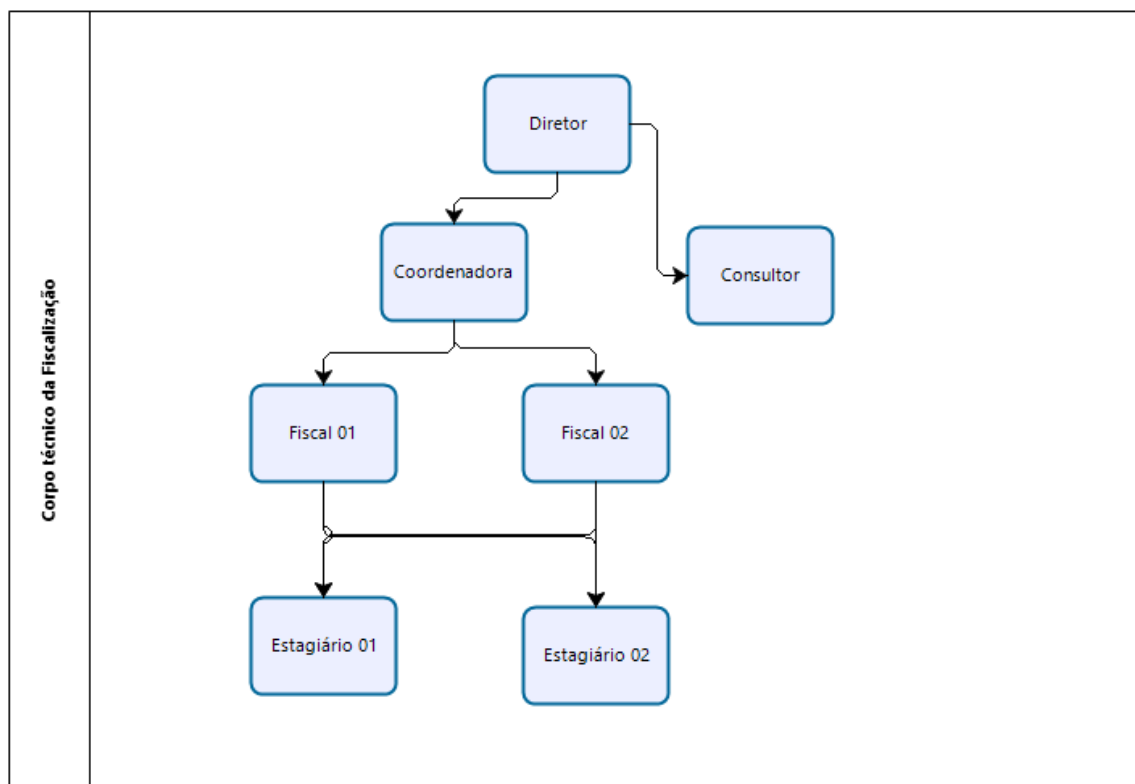


Fonte: Autora

Temos a seguir o corpo técnico e o organograma dos funcionários hospital, conforme figura 22:

- 1 diretor (engenheiro civil);
- 1 coordenadora (engenheira civil);
- 2 fiscais (1 arquiteto e 1 tecnólogo);
- 2 estagiários (1 arquiteto e 1 engenheiro civil);
- 1 consultor externo (engenheiro civil).

Figura 22 - Organograma dos funcionários (Hospital).



Fonte: Autora

4. ANÁLISES DAS INCOMPATIBILIDADES

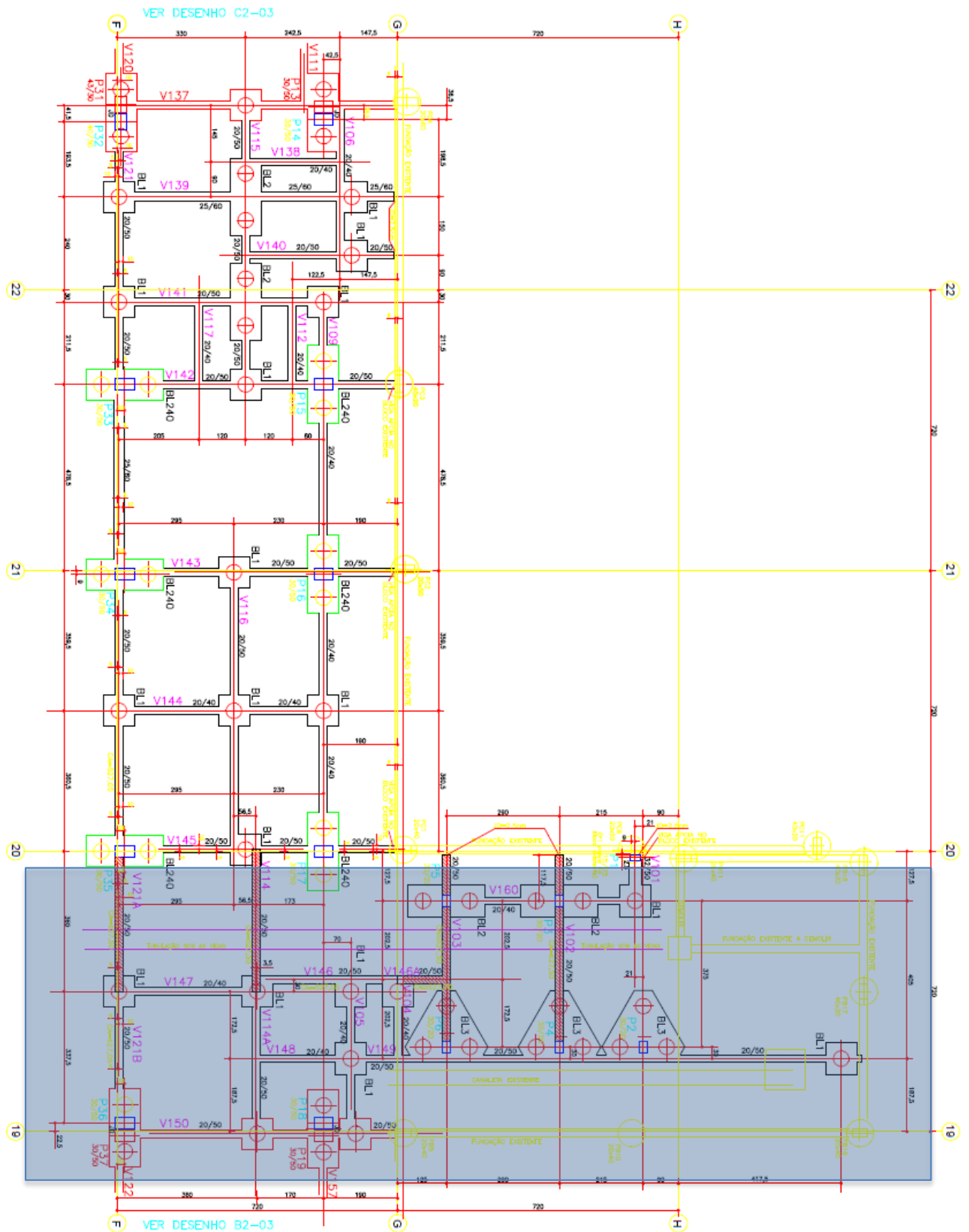
Nesta seção serão mostradas as incompatibilidades encontradas, evidenciadas por meio de fotografias tiradas *in loco*, acompanhadas da interpretação e análise dos dados, com base na fundamentação teórica apresentada na seção correspondente à revisão bibliográfica.

4.1 Incompatibilidade 01: Fundação da obra da Farmácia

Inicialmente foram disponibilizados para a Construtora X os projetos de fundação, conforme figura 23. A construtora seguiu conforme o projeto inicial, fazendo a marcação da obra, escavação dos blocos e, em paralelo, fez a terceirização do corte e dobra da armação, conforme figura 24.

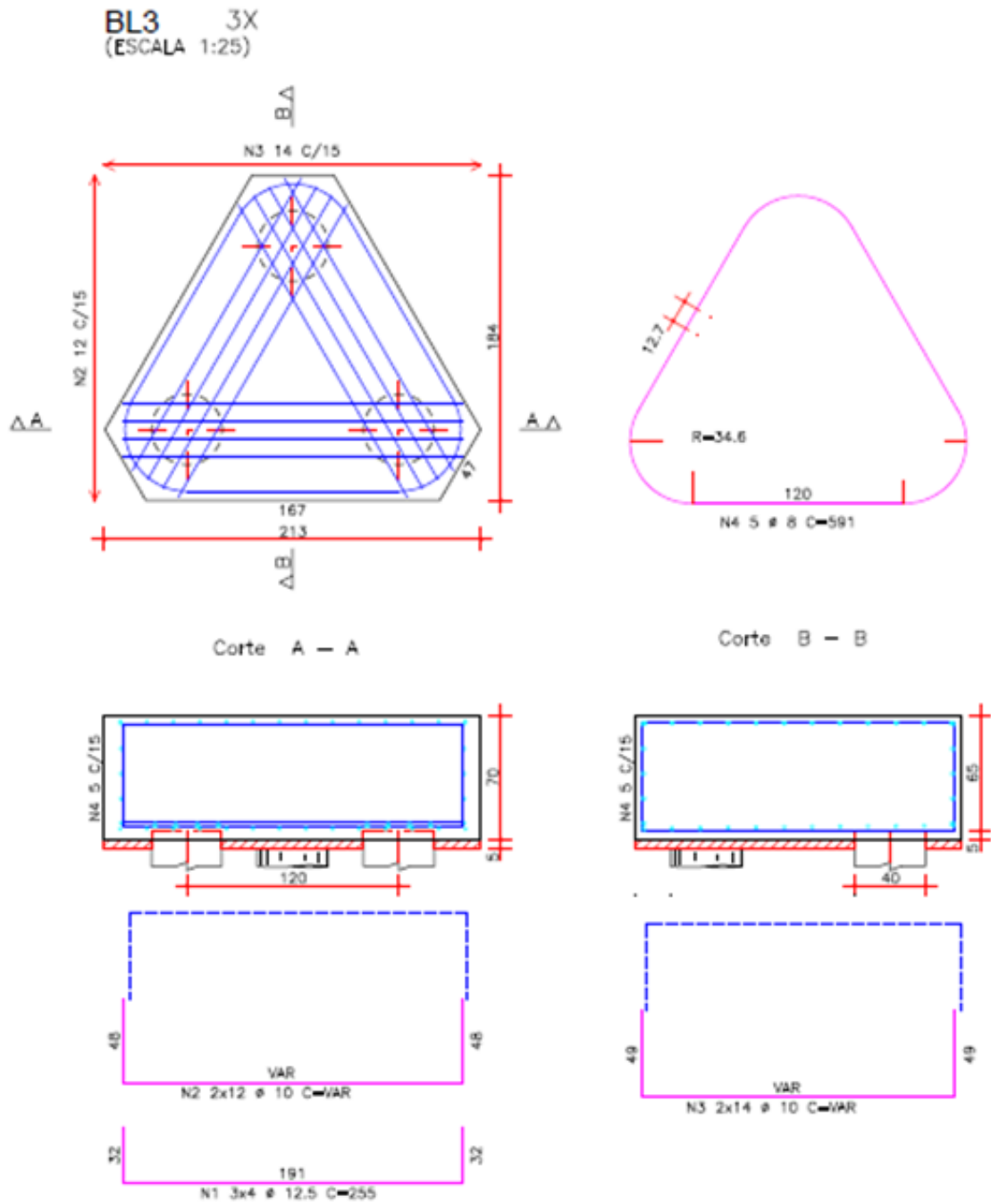
Enquanto era realizada a escavação da fundação, os carpinteiros trabalhavam nas formas, conforme previsto em projeto. Além disso, a estaca hélice realizava o serviço seguindo a sequência do eixo 22 para o eixo 19.

Figura 23 - Projeto de fundação Inicial.



Fonte: Cliente

Figura 24 - Projeto de armação do bloco BL3.



Fonte: Cliente

Com a escavação dos blocos do eixo 20 ao 19, foi encontrada uma camada de concreto, conforme figura 25. Por desconhecimento do que se tratava pela construtora, e por causar

interferência com a fundação que estava prevista em projeto nesta posição, foram acionados os fiscais da obra e mostrado a interferência observada.

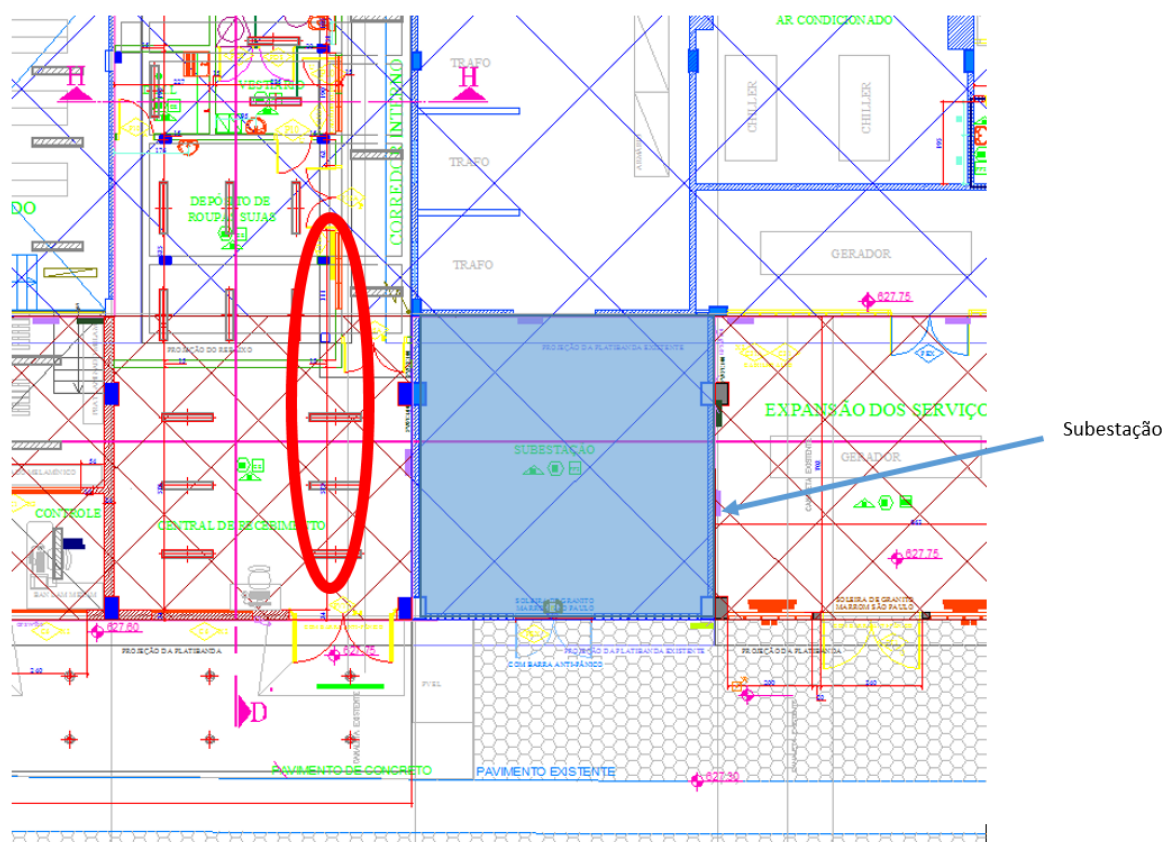
Figura 25 - Envelopamento das instalações elétricas.



Fonte: Autora

Os fiscais pesquisaram nos arquivos e projetos anteriores e identificaram que se tratava de um envelopamento de instalações elétricas de 240 KVA, que saia da subestação ao lado e alimentava o prédio da farmácia, centro cirúrgico e refeitório que estavam em funcionamento, conforme localização indicada na figura 26. Os fiscais acionaram o topógrafo para conferir o posicionamento do envelopamento e documentar no projeto a interferência observada.

Figura 26 - Projeto arquitetônico com identificação do local onde se localizou a interferência.



Fonte: Cliente

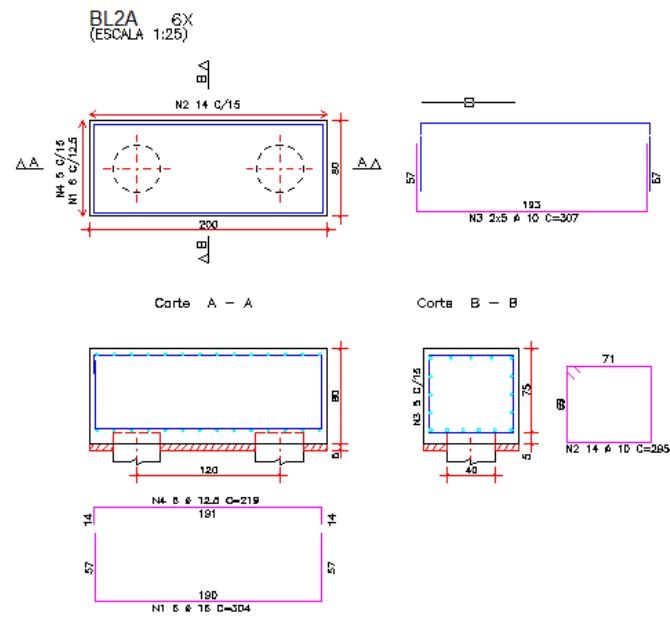
Após o levantamento topográfico e análises do projeto de *As Built*, o projetista de fundações foi informado sobre o problema detectado. Além disso, o projetista foi alertado pelo hospital de que a remoção do envelopamento e da fiação encontrada era inviável, pois isto demandaria a paralisação, mesmo que temporária, de diversas áreas do hospital. Assim, a preferência do hospital era de que fosse realizada alteração no projeto de fundações.

Enquanto as alterações no projeto de fundações eram realizadas, a construtora paralisou suas atividades na fundação e remanejou parte de seus funcionários para outra obra.

Após 2 semanas, o projetista de fundação finalizou as alterações no projeto, conforme figura 27 Houve modificação do posicionamento dos blocos, bem como sua armadura e formato, conforme figura 28.

Devido às alterações de projeto, a construtora refez o orçamento de custos e submeteu para aprovação do hospital. Enquanto aguardava a aprovação, a construtora verificava fornecedores que pudessem entregar as novas armaduras com urgência, buscando assim atenuar

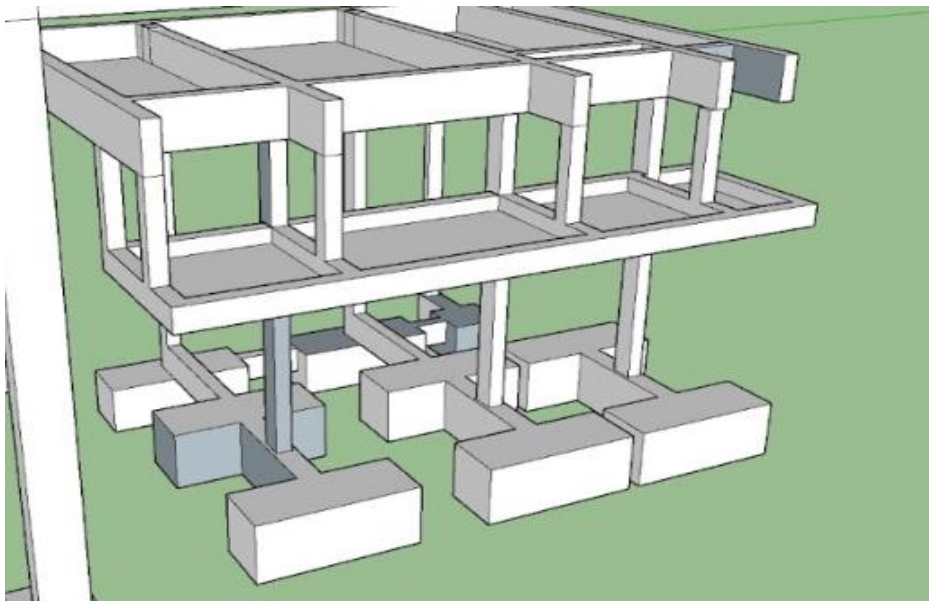
Figura 28 - Projeto de armação atualizado.



Fonte: Cliente

Em paralelo, a construtora realizou o estudo em Revit, conforme figura 29, para verificar se a nova fundação e sua superestrutura apresentavam alguma incompatibilidade. Ao final deste estudo, não foram encontradas incompatibilidades.

Figura 29 - Projeto de estrutura de concreto em Revit.



Fonte: Construtora

Como perda observada neste caso, temos a paralisação da mão de obra em duas semanas gerando custo adicional, conforme tabela 03.

Tabela 3 - Custo do serviço do caso 01.

Mão de obra	Custo diário	Quantidade	Valor
Engenheiro de obra	R\$ 272,73	14	R\$ 3.818,18
Encarregado	R\$ 159,09	14	R\$ 2.227,27
Pedreiro	R\$ 113,64	14	R\$ 1.590,91
Servente	R\$ 56,82	14	R\$ 795,45
Carpinteiro	R\$ 113,64	14	R\$ 1.590,91
Total (sem impostos)			R\$ 10.022,73
Total (com impostos) cobrado do cliente			R\$ 13.831,36

Fonte: Autora

O cliente achou necessário a vinda o topógrafo e engenheiro eletricista para sondar o terreno e analisar as interferências entre a subestação e a fiação que atendiam os diversos setores do prédio existente para que, somente depois destas análises, enviasse as informações para o engenheiro estrutural. Neste caso, é possível se verificar perda de tempo, uma vez que foi necessário aguardar a resposta para que o serviço pudesse prosseguir, conforme figura 30.

Outro fator que também podemos contabilizar como perda no projeto, foi a remarcação da obra devido a substituição do projeto e seus eixos, assim como também sua armadura original, gerando perda e desperdício de material, além do tempo de espera para realizar a compra do material necessário para substituição.

Devido à ausência do estudo preliminar do projeto de fundações com os *As Built* de projetos anteriores, a interferência entre a fundação e a rede elétrica foi descoberta tardiamente, resultando em atraso no cronograma da obra e em custos extras para o cliente. Conforme visto por Succar (2009), todo empreendimento deve conter dados em todo seu ciclo de vida.

Além disso, outro fator agravante foi a comunicação indireta entre construtora, topógrafo e calculista, sendo toda comunicação intermediada pelos fiscais do projeto. Isso ocorreu devido uma determinação do hospital que limitava o acesso da construtora a somente os fiscais. A comunicação, quando realizada desta forma, torna a resolução de problemas menos eficiente e eficaz, pois os fiscais se tornam grandes gargalos na comunicação e podem, mesmo que acidentalmente, interpretar erroneamente uma informação e passá-la adiante.

Figura 30 - Fotos in loco.



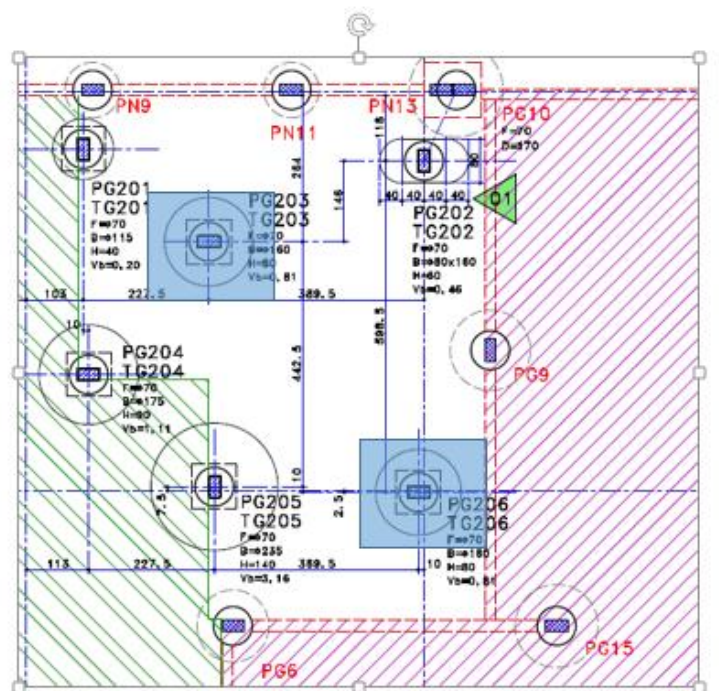
Fonte: Autora

4.2 Incompatibilidade 02: Estrutura da fundação na obra Pré-Parto

Assim como no caso 01, a construtora fazia a marcação do terreno (gabarito) seguindo o projeto disponibilizado, conforme figura 31, e armadura conforme figura 32, quando observou que o tubulão TG206 estava alocado em cima de uma caixa de esgoto que, aparentemente, estava sendo alimentada pelo prédio de pós-parto e, portanto, não poderia ser paralisado para realizar o seu deslocamento para outro local.

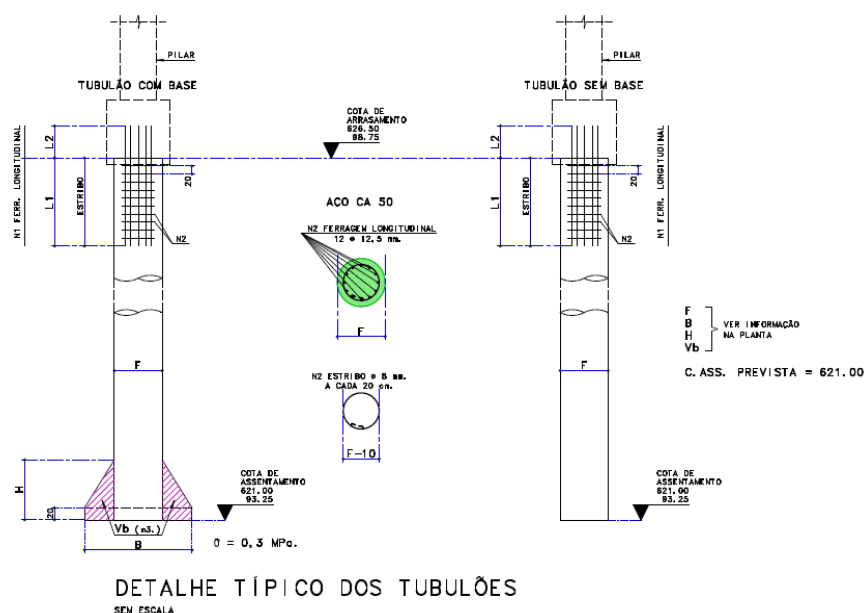
Em paralelo, a equipe de tubulão encontrou um envelopamento no tubulão TG203.

Figura 31 - Projeto de fundação inicial.



Fonte: Cliente

Figura 32 - Projeto de armadura dos tubulões.



Fonte: Cliente

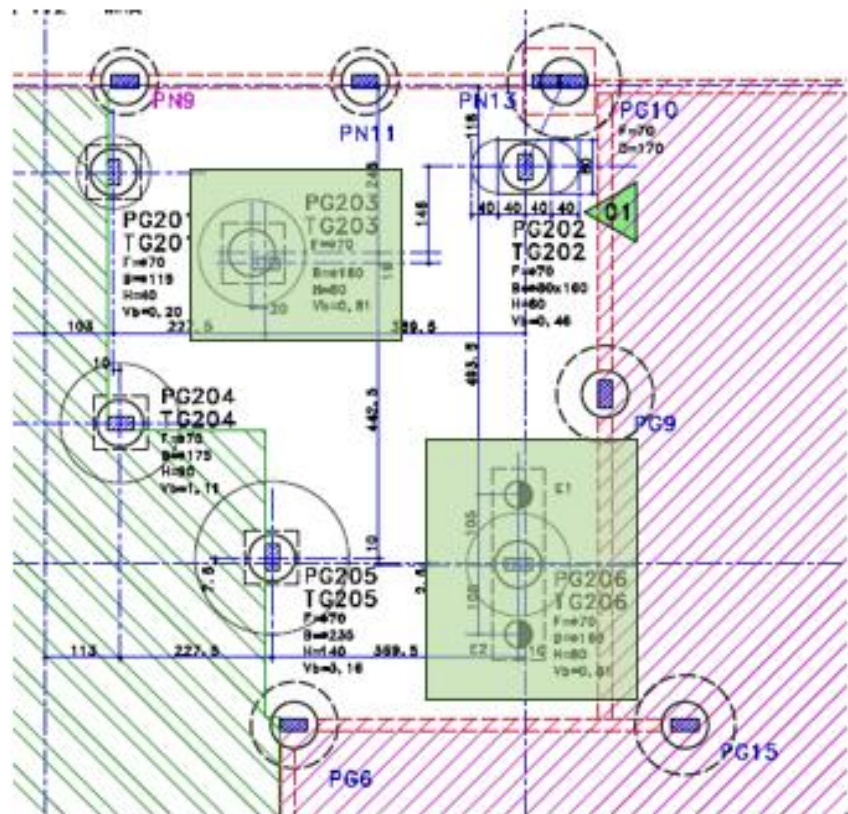
Assim, a construtora acionou novamente os fiscais, que fizeram o levantamento do *As Built* e constataram que no tubulão TG203 passava a infraestrutura de hidráulica, que alimentava o prédio do pós-parto. Além disso, não constava no projeto de *As Built* a alocação da caixa de esgoto no tubulão TG206, pois o projeto não havia sido atualizado conforme execução *in loco*.

Os fiscais informaram os problemas encontrados para o projetista de fundações, alertando que o sistema de hidráulica não poderia ser remanejado, pois não existia um registro que desligasse somente esta rede e, portanto, o seu desligamento afetaria o setor de pós-parto do hospital.

O projetista enviou o projeto atualizado, conforme figura 33, e detalhamentos conforme figuras 34 e 35. Neste novo projeto, o tubulão TG203 foi realocado no espaçamento mínimo, de forma que a tubulação de hidráulica permanecesse na mesma posição encontrada. A construtora analisou e alertou que o pilar deveria ficar excêntrico em relação ao eixo do tubulão, pois mudando o seu posicionamento haveriam interferências no posicionamento da banheira, que estava previsto posteriormente no projeto.

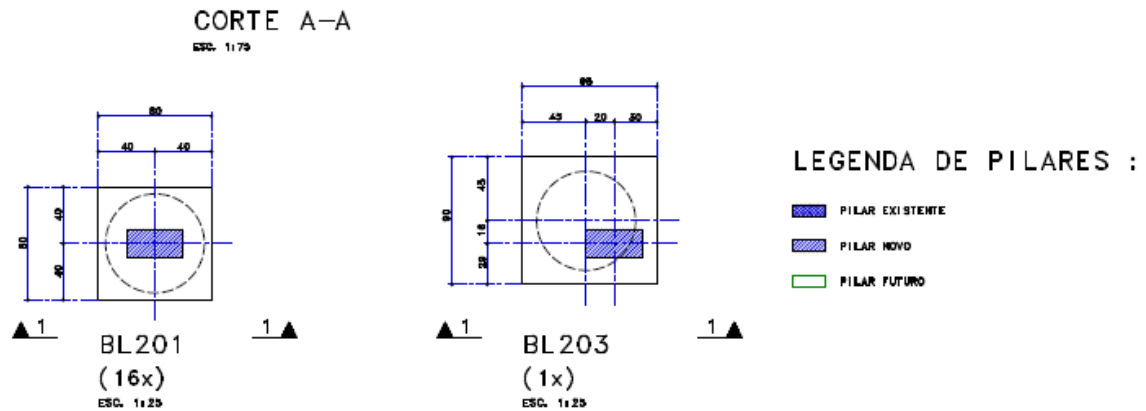
Já o tubulão TG206 teve que ser substituído por estacas escavadas, pois o remanejamento da caixa de esgoto estava previsto para ser executado somente na fase da reforma.

Figura 33 - Projeto de fundações atualizado.



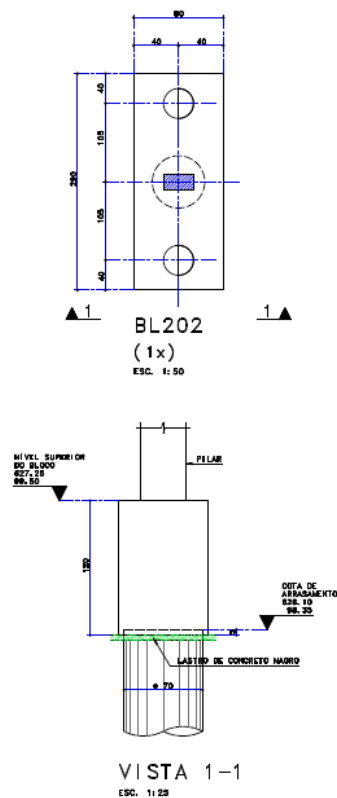
Fonte: Cliente

Figura 34 - Projeto inicial BL201 vs. Projeto Atualizado BL203



Fonte: Cliente

Figura 35 - Projeto atualizado BL202



Fonte: Cliente

Como perda observada, têm a paralisação da obra em duas semanas e meia, devido ao período de análise do projetista de fundações para que encontrasse uma solução para minimizar

ao máximo a perda de materiais. Desta forma, o atraso ocasionou prejuízo de mão obra, apresentado pela tabela 4:

Tabela 4 - Custo do serviço do caso 02.

Mão de obra	Custo diário	Quantidade	Valor
Engenheiro de obra	R\$ 272,73	17	R\$ 4.636,36
Encarregado	R\$ 159,09	17	R\$ 2.704,55
Pedreiro	R\$ 113,64	17	R\$ 1.931,82
Servente	R\$ 56,82	17	R\$ 965,91
Carpinteiro	R\$ 113,64	17	R\$ 1.931,82
Total (sem impostos)			R\$ 12.170,45
Total (com impostos) cobrado do cliente			R\$ 16.795,23

Fonte: Autora

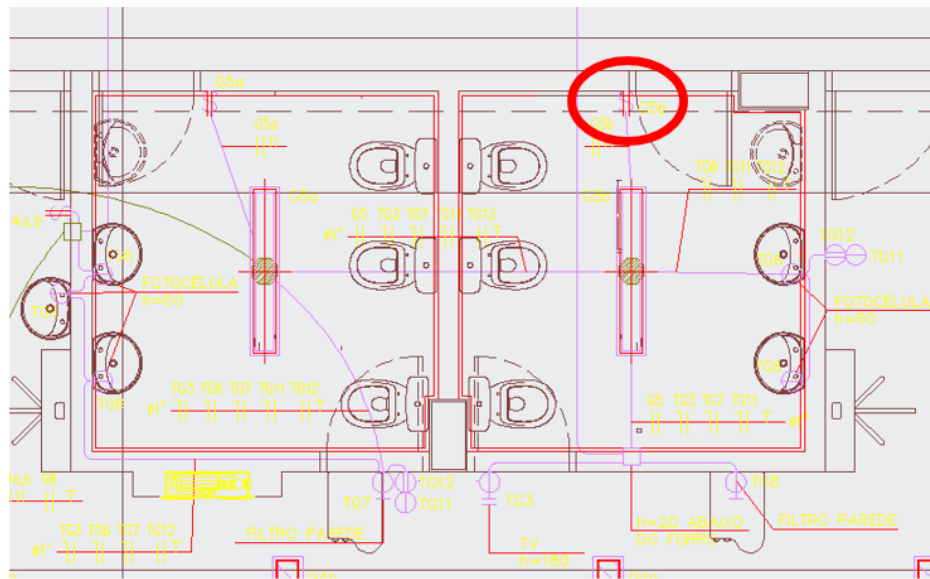
Com o novo projeto revisado, observou-se que seria necessário a contratação de uma nova máquina para efetuar a estaca proposta em substituição do tubulão TG206. Além disso, também havia necessidade de se fazer a contratação da nova marcação de estacas do Bloco BL202 e contratação de armação das estacas e do bloco, o que gerou custo adicional.

Assim como no caso 01, a falta de informações e de compatibilização de projetos anteriores (*As Built*) resultou em novas paralisações e custos extras para o cliente. Com isso, é evidente a importância em detectar os problemas no início do projeto, pois assim seus impactos no projeto já teriam sido mitigados, conforme visto no gráfico Amâncio e Kruger (2010).

4.3 Incompatibilidade 03: Tomada do banheiro masculino no projeto refeitório

Nos projetos iniciais de elétrica, havia um interruptor ao lado da porta, conforme figura 36. Foi feita toda infraestrutura na parede, revestimento cerâmico e instalação das louças. Porém, ao fazer a instalação das divisórias sanitárias, percebeu-se que o interruptor estava dentro do box sanitário, impossibilitando o usuário de fazer o uso do interruptor.

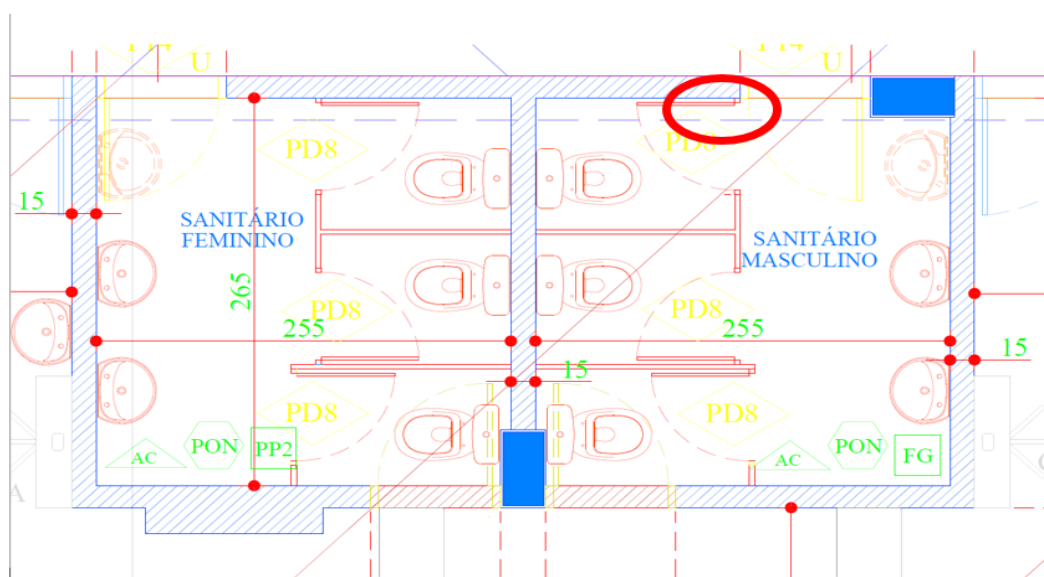
Figura 36 - Projeto de instalações elétricas inicial.



Fonte: Cliente

Analisando o projeto de arquitetura, conforme figura 37, constatou-se que não seria possível o afastamento da divisória naval, de forma a manter o interruptor na mesma posição, pois o espaço de abertura da porta não seria o suficiente sem encostar no vaso sanitário.

Figura 37 - Localização da interferência com o projeto de arquitetura.

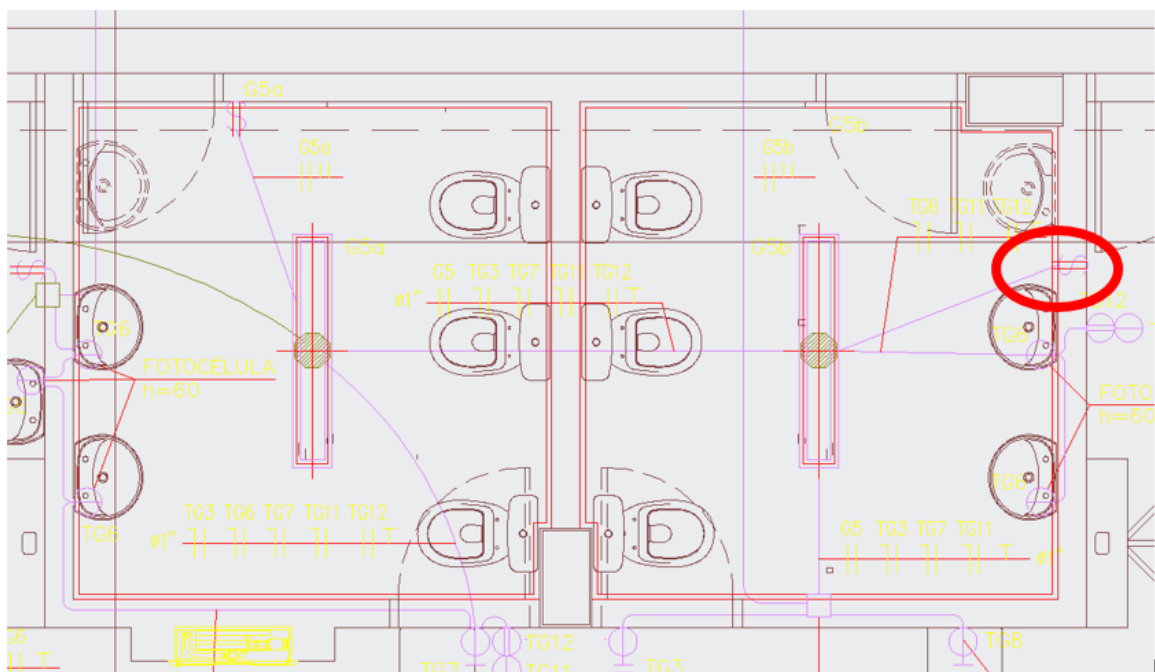


Fonte: Cliente

Com isso, a única opção seria fazer o remanejamento do interruptor para outro local. Assim, os fiscais foram acionados e a construtora sugeriu colocar o interruptor ao lado do lavatório. Além disso, como todo revestimento cerâmico da parte interna estava pronto, foi sugerido fazer a infraestrutura pelo lado da parede externa do refeitório, cujo acabamento era de pintura, assim haveria a menor interferência possível.

Durante a reunião semanal, o cliente analisou a solução proposta e aprovou sua execução, conforme figura 38.

Figura 38 - Reposicionamento do interruptor, projeto atualizado.



Fonte: Construtora

Como perda podemos citar a necessidade de paralisação dos serviços por três dias para a realização da revisão do projeto, além de uma semana para executar rasgo na parede, colocação do eletroduto e interligação com a luminária, fechamento do rasgo e nova pintura na parede. Os custos estão apresentados [tabela 05](#):

Tabela 5 - Custo do serviço do caso 03.

Mão de obra	Custo diário	Quantidade	Valor
Engenheiro de obra	R\$ 272,73	10	R\$ 2.727,27
Encarregado	R\$ 159,09	10	R\$ 1.590,91
Pedreiro	R\$ 113,64	10	R\$ 1.136,36
Servente	R\$ 56,82	10	R\$ 568,18
Carpinteiro	R\$ 113,64	10	R\$ 1.136,36
Total (sem impostos)			R\$ 7.159,09
Total (com impostos) cobrado do cliente			R\$ 9.879,55

Fonte: Autora

Além disso, houve retrabalho, uma vez que o interruptor já estava instalado. Assim, foi necessário fazer nova infraestrutura, com rasgo na parede externa para não haver interferência no azulejo já instalado.

Por fim, neste caso não é possível determinar com exatidão se o problema foi causado pela falta de compatibilização de projetos ou, então, se o projetista não se atentou com a arquitetura e as divisórias dos boxes.

Para evitar problemas futuros, ficou sob responsabilidade da construtora fazer o As Built já com essas alterações do posicionamento do interruptor.

4.4 Incompatibilidade 04: Sentido da luminária no refeitório

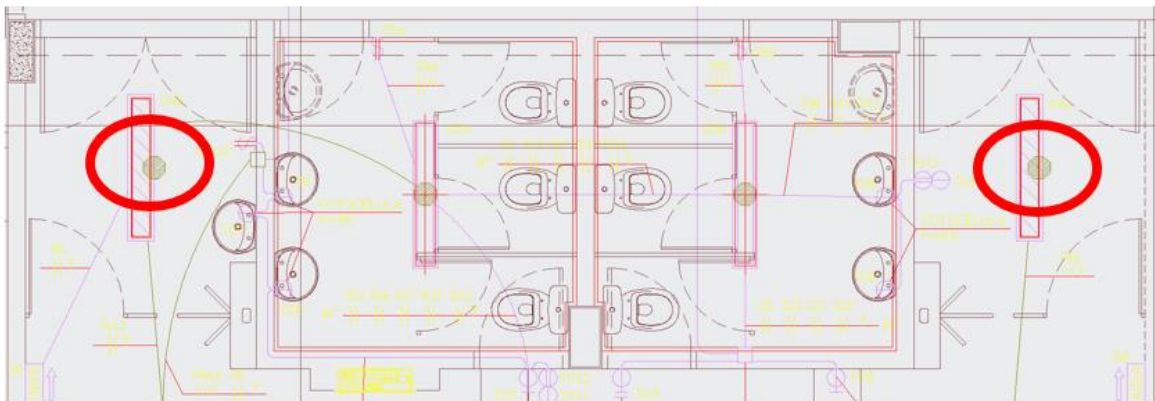
No projeto inicial estava previsto que todas as luminárias deveriam estar no mesmo sentido, conforme figura 39. Ao colocar as luminárias na posição descrita no projeto, a construtora observou que as luminárias não cobriam o furo da caixinha existente, conforme figura 40.

Figura 39 - Projeto de instalações inicial.



Fonte: Cliente

Figura 40 - Projeto de instalações elétrica com o reposicionamento da luminária.



Fonte: Construtora

Uma vez identificado o problema, a construtora sugeriu ao cliente três opções, conforme tabela 6, com impactos diferentes na execução e, além disso, com efeitos diferentes de acabamento.

Tabela 6 - Soluções apresentadas ao cliente.

	Descritivo da Solução	Impactos
1º Solução	Deslocar as luminárias para cobrirem as caixinhas	Baixo (somente reposicionamento das luminárias)
2º Solução	Mudar o sentido das luminárias em relação às demais, deixando no eixo do corredor	Baixo (somente reposicionamento das luminárias)
3º Solução	Fazer uma nova caixinha na posição correta, deixando a luminária no centro do corredor e com mesmo sentido das demais luminárias	Alto (necessário um novo furo, impermeabilizar novamente a laje, recompor a proteção mecânica, passar o circuito para a nova caixinha, fechar o furo existente com massa e refazer a pintura)

Fonte: Autora

Com isso, o cliente optou pela 2º opção, conforme figura 41:

Figura 41 - Projeto modificado pela construtora para aprovação do cliente.



Fonte: Construtora

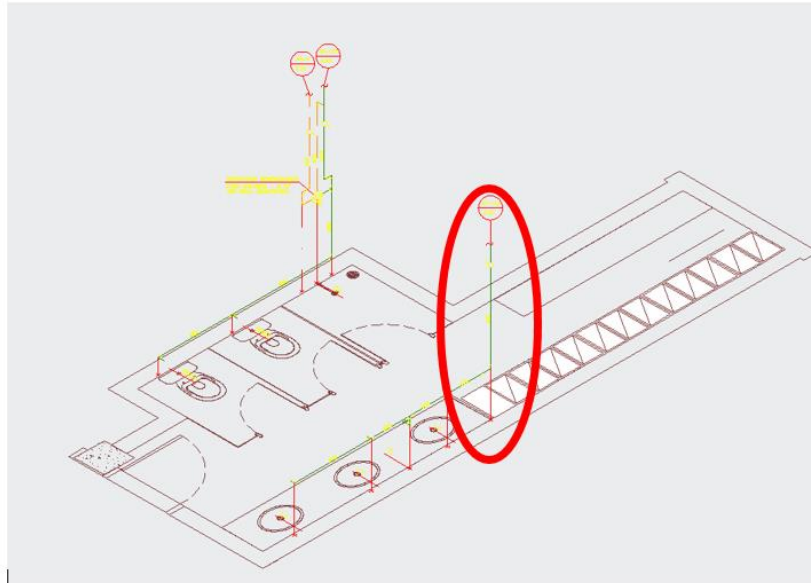
Como perda observada, houve perda de 3 dias para aprovação e realocação das luminárias para a posição correta.

Apesar do baixo impacto, dado a solução escolhida pelo cliente, todos os pontos problemáticos geram atrasos e retrabalhos, que poderiam ter sido sanados anteriormente, de acordo com Melhado (1994).

4.5 Incompatibilidade 05: Interferência no vestiário da UTI

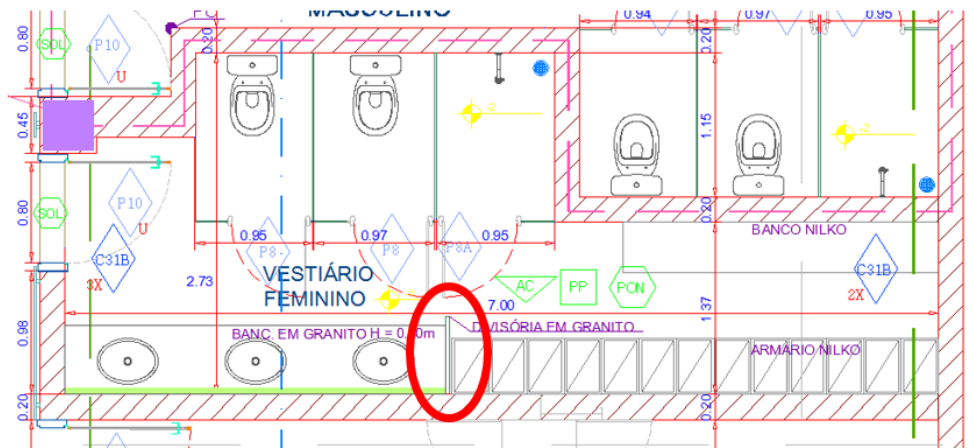
No projeto inicial de hidráulica estava previsto o posicionamento do registro no vestiário, conforme figura 42. Somente durante a execução do projeto, foi detectado que estava previsto a colocação de uma divisória de granito no mesmo ponto em que o registro do banheiro seria instalado, conforme figura 43.

Figura 42 - Projeto isométrico das instalações hidráulicas do vestiário.



Fonte: Cliente

Figura 43 - Projeto de arquitetura com o posicionamento da interferência.



Fonte: Cliente

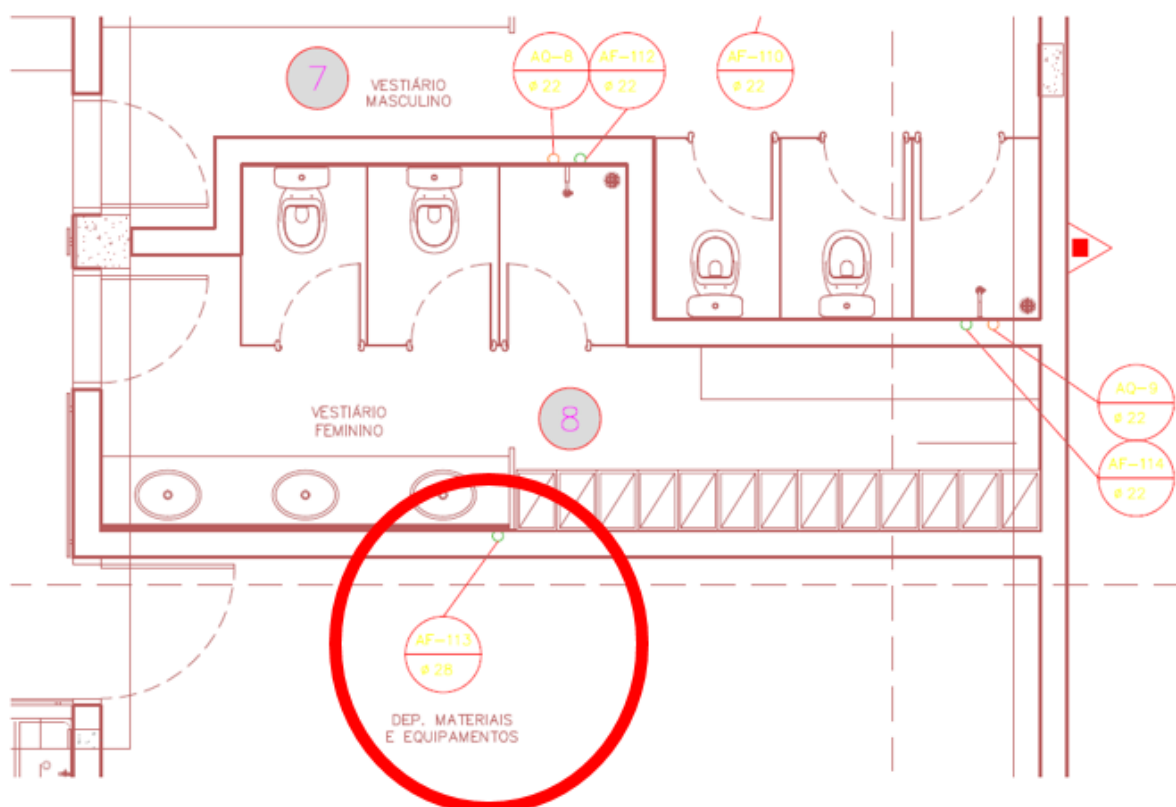
A construtora sugeriu fazer a realocação do registro para a parte de dentro da pia, liberando assim o espaço para ser colocado a divisória de granito, pois se fosse descolado a divisória de granito haveriam duas interferências:

1º Interferência: o armário previsto no vestiário não caberia no local proposto;

2º Interferência: ficaria um vão entre a pia e a divisória de granito.

O cliente aceitou o remanejamento do ponto de registro, conforme figura 44, pois os armários já estavam comprados e a bancada de granito já estava pronta.

Figura 44 - Projeto com a realocação do ponto de registro.



Fonte: Construtora

Reposicionando o registro, a construtora optou por executar pela parede externa do vestiário, pois o revestimento da parede interna já estava pronto. Com isso, os retrabalhados na parte externa foram: abertura da parede, colocação de uma nova tubulação, reposicionamento do registro, fechamento da parede com massa e pintura. Já na parte interna, houve o fechamento do furo do registro com massa, recolocação da peça de cerâmica e rejunte.

Todo o retrabalho causado resultou em 3 dias de atraso para recebimento da resposta do cliente e 1 semana para realizar o serviço novamente. Os custos adicionais estão listados na tabela 7 abaixo:

Tabela 7 - Custo do serviço do caso 05.

Mão de obra	Custo diário	Quantidade	Valor
Engenheiro de obra	R\$ 272,73	10	R\$ 2.727,27
Encarregado	R\$ 159,09	10	R\$ 1.590,91
Pedreiro	R\$ 113,64	10	R\$ 1.136,36
Servente	R\$ 56,82	10	R\$ 568,18
Carpinteiro	R\$ 113,64	10	R\$ 1.136,36
Total (sem impostos)			R\$ 7.159,09
Total (com impostos) cobrado do cliente			R\$ 9.879,55

Fonte: Autora

Claramente percebe-se que a falta de gerenciamento e compatibilização de projetos, conforme visto por SEBRAE (NASCIMENTO,1995), não foi analisada na concepção do projeto, não recebendo a sua devida atenção.

A utilização de ferramentas como *Tela Autodesk Navisworks®* poderia mostrar, logo de início, os *Clash Detections*. Assim, seria possível minimizar as interferências observadas na fase da construção do projeto, além de otimizar o projeto.

4.6 Incompatibilidade 06: Interferência no prédio da UTL.

No projeto de pilares, realizado pelo projetista especialista de estruturas, os pilares estavam previstos conforme figura 45. A construtora utilizou o projeto de estrutura de concreto, mas ao colocar o telhado previsto no projeto de estrutura metálica, conforme figura 46, percebeu-se que havia interferência com os pilares de concreto. A interferência ocorria porque a estrutura e a calha não se encaixavam no local, pois no projeto de estrutura metálica não estavam previstos os pilares.

Uma solução seria encurtar a estrutura na parte dos pilares, para que fosse possível encaixar no local. Porém, a calha nos pontos dos quatro pilares teria que ser reformada e feito o desvio nos pilares.

O engenheiro de estrutura metálica do projeto inicial foi informado das sugestões da construtora. Posteriormente, o engenheiro calculista aprovou a ideia e a construtora seguiu com a execução do projeto.

Neste caso, como perdas observadas são o retrabalho na estrutura metálica (terças) e o ajuste na calha, além do tempo despendido aguardando a liberação do engenheiro calculista do cliente para prosseguimento da execução, demorando assim 1 semana para execução e mais 4 dias para providenciar o material e retrabalhá-lo com os custos conforme tabela 8:

Tabela 8 - Custo do serviço do caso 06.

Mão de obra	Custo diário	Quantidade	Valor
Engenheiro de obra	R\$ 272,73	11	R\$ 3.000,00
Encarregado	R\$ 159,09	11	R\$ 1.750,00
Pedreiro	R\$ 113,64	11	R\$ 1.250,00
Servente	R\$ 56,82	11	R\$ 625,00
Carpinteiro	R\$ 113,64	11	R\$ 1.250,00
Reforma da estrutura metálica			R\$ 4.000,00
Total (sem impostos)			R\$ 11.875,00
Total (com impostos) cobrado do cliente			R\$ 16.387,50

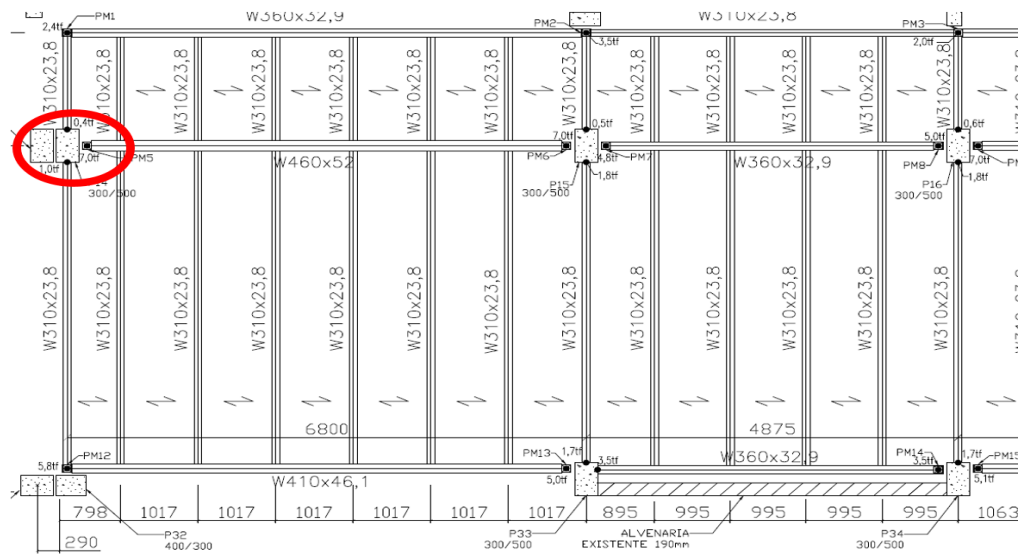
Fonte: Autora

Desta forma, a perceber que a falta de compatibilização gera uma série de falhas entre os projetos. O engenheiro responsável pela execução se depara com várias situações que, além de comprometerem o cronograma, reduzem a qualidade de serviço.

4.7 Incompatibilidade 07: Pilar metálico do mezanino

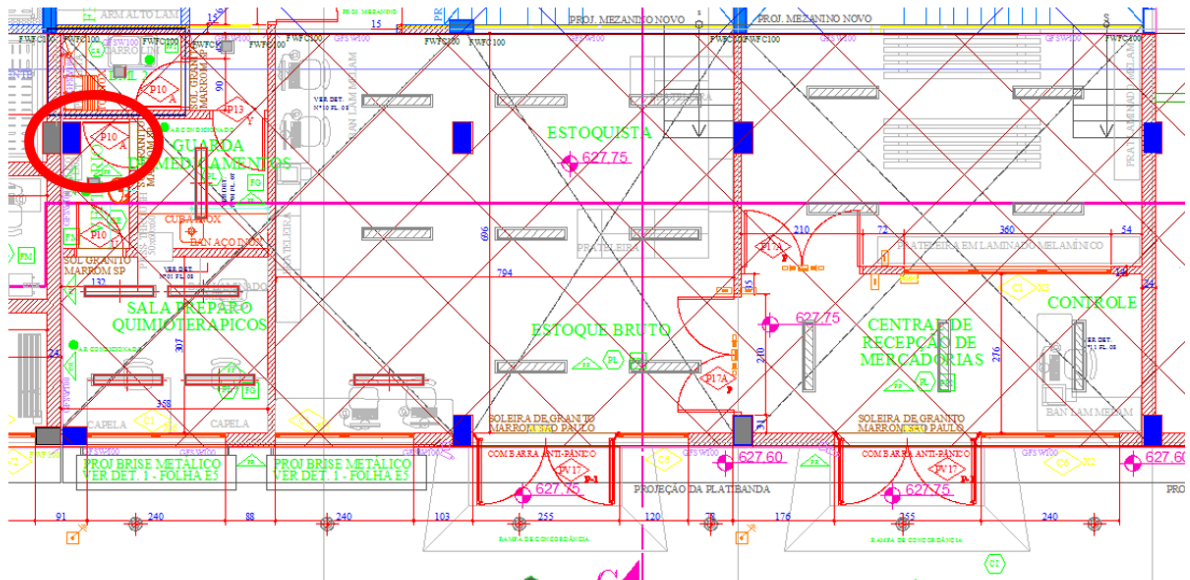
No projeto do mezanino estava previsto um pilar metálico, conforme figura 47. Porém, devido à falta de compatibilização dos projetos, não foi percebido a interferência com a sala do andar de baixo, onde o pilar ficaria na frente de uma porta, conforme figura 48, tornando-se assim inviável a sua utilização.

Figura 47 - Projeto de estrutura metálica do mezanino (inicial).



Fonte: Cliente

Figura 48 - Projeto de arquitetura com a interferência observada.



Fonte: Cliente

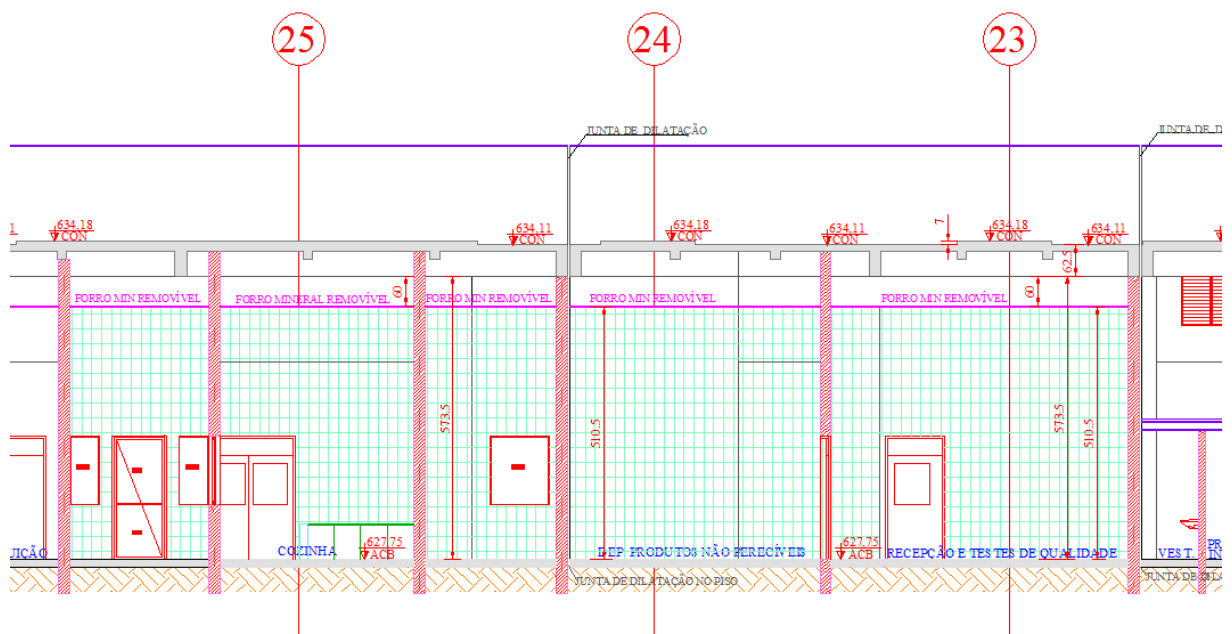
A solução apresentada pelo projetista foi substituir a porta de abrir por uma sanfonada, de forma que a livrasse do pilar metálico. Não seria possível optar por uma porta de correr, pois na sala já havia uma cuba de inox, impossibilitando a abertura da porta.

A perda observada, neste caso, foi a porta de madeira que precisou ser removida e inutilizada. Para diminuir os custos, foi possível realizar o reaproveitamento do batente metálico.

4.8 Incompatibilidade 08: Pé direito da Cozinha

Durante a execução do projeto, foi visto que o pé direito do forro, proposto pelo projeto de arquitetura, não iria ficar de acordo com o projeto da figura 49:

Figura 49 - Projeto arquitetura (corte).

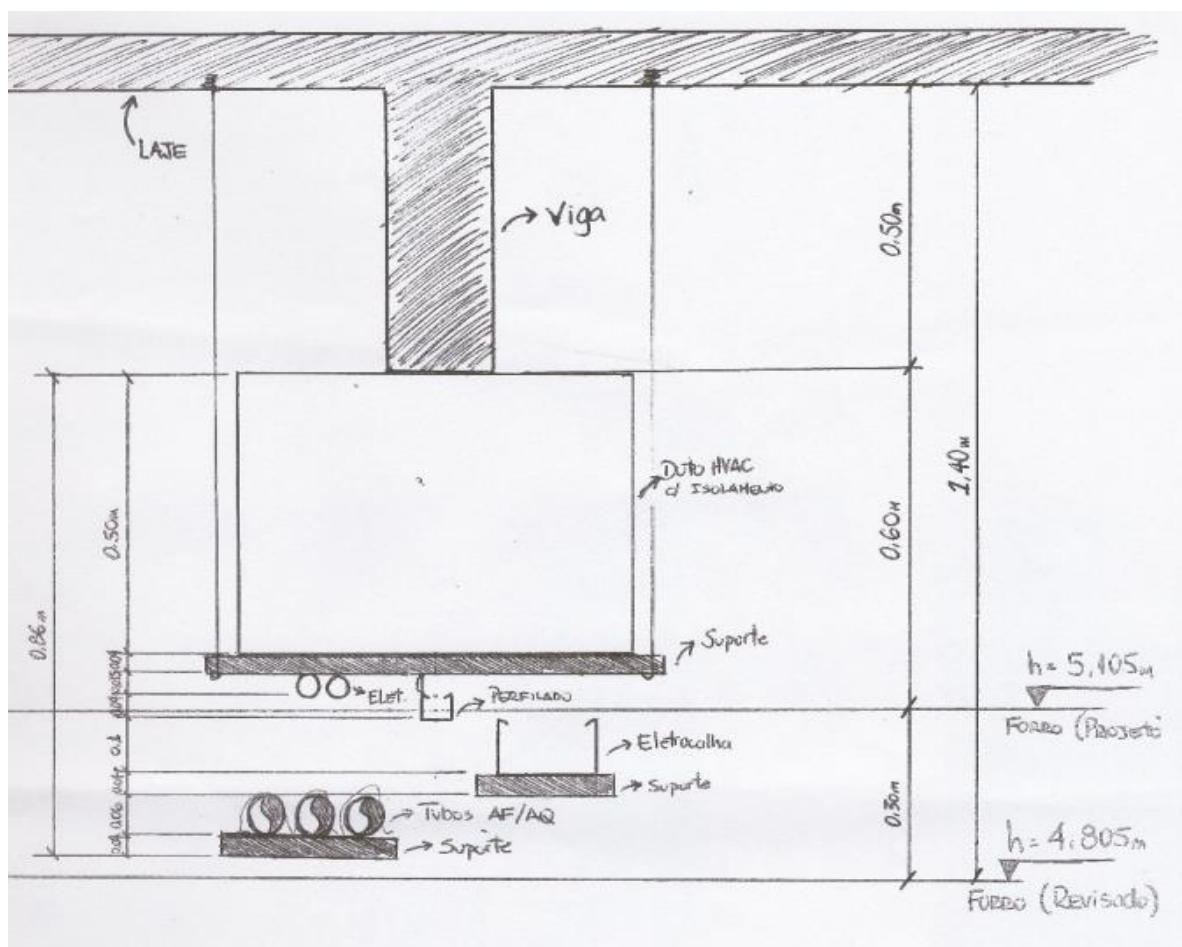


Fonte: Cliente

Neste projeto estava previsto no entreforro da cozinha a instalação dos dutos de ar condicionado, do suporte para eletrocalha, dos eletrodutos, dos tubos de gases de cozinha, além da parte elétrica e hidráulica. Foi solicitado um pé direito de 5,105 m, porém ao se instalar todas as infraestruturas solicitadas, o pé direito de ficaria com 4,805 m.

Assim sendo, a construtora fez um croqui, conforme figura:50, evidenciando a falha de compatibilização de projetos e descrevendo o que seria necessário fazer para abaixar o forro e, com isso, atender o projeto com todas as infraestruturas necessárias.

Figura 50 - Croqui, representando o posicionamento das infraestruturas.



Fonte: Autora

Após a análise do cliente, foi feita a aprovação da execução, conforme croqui, e o projeto evoluiu conforme contrato.

Neste caso não houve perdas financeiras ou impactos direto no projeto. Porém, foi possível analisar que, conforme visto na revisão bibliográfica, o estudo de uma solução para o posicionamento das infraestruturas no decorrer do projeto mitigou o problema (SOUZA,1998).

Além disso, com a elaboração de um simples croqui foi possível determinar os posicionamentos corretos de cada item da infraestrutura a ser instalada no local, sendo necessário a diminuição de 30 cm do pé direito, porém sem que houvessem perdas significativas no projeto.

5. CONCLUSÕES

Ao analisar as informações obtidas nos estudos de casos, associados aos estudos realizados na revisão bibliográfica, é possível concluir que a compatibilização de projetos é imprescindível para empresas que almejam projeção significativa no mercado da construção civil, uma vez que a sua ausência gera impactos negativos em custos e prazos, além de exigir maior esforço na gestão dos projetos durante suas execuções.

Conforme destacado por SOUZA (2016), a comunicação eficiente é extremamente importante nos projetos, sendo que a sua utilização correta poderia ter evitado as incompatibilidades 01, 02 e 04. Já para os casos 03, 05, 06, 07 e 08, os problemas encontrados ocorreram devido à falta de planejamento de projeto, tendo a sua importância destacada por AMÂNCIO E KRUGER (2010).

Com a utilização da ferramenta Revit para resolução de problemas, como no caso 01, pode-se observar que na estrutura de concreto não haveria mais incompatibilidades no decorrer da estrutura. Porém, devido ao estudo ter sido feito de maneira incompleta, outras interferências e incompatibilidades surgiram posteriormente.

Além disso, é possível se verificar que a utilização da tecnologia BIM poderia trazer melhorias significativas em custos, prazos, métodos construtivos, utilização de materiais, registro e fluxo de informações entre os envolvidos. Desta forma, diminuir-se-iam as perdas significativas que afetaram o projeto.

Ademais, analisando-se os dados coletados ao longo da execução deste projeto, estima-se um aumento no valor de aproximadamente 45% em relação ao valor inicial ao projeto, além do aumento de aproximadamente 10 meses do prazo inicial.

Um dos maiores benefícios da prática de compatibilização é a prevenção de problemas futuros e busca por soluções antecipadamente, gerando ganhos de tempo e custos. Além disso, o processo facilita a execução da obra, simplificando-a para os agentes envolvidos no canteiro de obras e diminuindo a ocorrência de retrabalhos. Essas qualidades caracterizam o que se define como construtibilidade, foco principal das empresas em seus projetos. Um projeto com boa construtibilidade reflete na utilização de mão de obra e insumos de maneira otimizada.

Portanto, pela observação dos aspectos analisados, é inegável a necessidade de aplicação da compatibilização de projetos e os benefícios que a prática traz consigo. A fim de

tornar o processo rotineiro nos escritórios de engenharia, recomenda-se que as academias, formadoras dos profissionais do setor, enfatizem mais o tema em suas grades curriculares, possibilitando assim a inserção dos alunos na vida profissional e no mercado de trabalho com o domínio da técnica e da sua importância.

Os objetivos propostos foram cumpridos destacando-se a importância da coordenação de projetos e o emprego de novas tecnologias para a redução de falhas no desenvolvimento dos projetos que levem a impactos no custo e no prazo das obras.

Como sugestão para trabalhos futuros, estudar os impactos da implantação da tecnologia BIM na redução de incompatibilidades entre projeto e obra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO, A. A.; FLEURY, N. **Para conhecimento – história da engenharia**. Disponível em: <<http://alexronald.wordpress.com/>>. Acesso em: março de 2019.

AMANCIO RCA, KRUGER JA. **A consideração de fatores de construtibilidade nas fases do processo de projeto em pequenos escritórios de arquitetura**. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 13º, 2010, Canela. Anais... Canela, 2010, p. 10

ÁVILA, Vinícius Martins. **Compatibilização de projetos na construção civil: estudo de caso em um edifício residencial multifamiliar**. 2011, 84f. (Monografia de Especialização em Construção Civil). Escola de Engenharia UFMG – Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg2/78.pdf>. Acesso em: março.2019

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.

CALLEGARI, Simara; BARTH, Fernando. **Avaliação dos procedimentos utilizados nos proj. arqui. e complementares em três edifícios Residenciais**. Florianópolis, SC: UFSC, 2007

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, **Fundamentos BIM - Parte 1: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras**. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Brasília: CBIC, 2016.

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

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**. Bookman, 01/2014. [Minha Biblioteca].

EXAME. **Total de desempregados mais que dobrou em 3 anos, calcula IBGE**. Disponível em <<https://exame.abril.com.br/economia/total-de-desempregados-mais-que-dobrou-em-3-anos-calcula-ibge>>. Acesso em: 06 abr. 2019.

EXAME. **O desenvolvimento do modelo BIM no Brasil**. Disponível em <<https://exame.abril.com.br/negocios/dino/o-desenvolvimento-do-modelo-bim-no-brasil/>> Acesso em: 14 abr. 2019.

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

GORGES, Eduardo. **A lei de Murphy no gerenciamento dos projetos**. Rio de Janeiro, RJ: Brasport, 2007.

GRAZIANO, F. P.. **Compatibilização de Projetos**. Instituto de Pesquisa Tecnológica – IPT (Mestrado Profissionalizante), São Paulo, 2003.

GRILO, LEONARDO_ **Gestão do processo de projeto no segmento de construção de edifícios por encomenda** - Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2002.

GSA. **BIM Guide Series 01** - The National 3D-4D-BIM Program Office of the Chief Architect Public Buildings Service. Washington, 2016.

KEELLING, Ralph. **Gestão de Projetos: Uma Abordagem Global**. São Paulo: Saraiva, 2002, p. 293.

LIMMER, Carl V.. **Planejamento, Orçamentação e Controle de Projetos e Obras**. LTC, 1997.

MARINHO, A. J. C. **Aplicação do *Building Information Modeling* na gestão de projetos de construção**, 2014. Universidade do Minho Escola de Engenharia. Braga. 2014. Dissertação de Mestrado em Construção e Reabilitação Sustentáveis.

MELHADO, S. B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios**. 1994. 310 p. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MELHADO, S.D. **“Coordenação de Projetos de Edificações”**. Editora Tula Melo, 1ª Edição, 2005.

MELLO, R. **BIM e Custos: maximize os dados do modelo com o Navisworks e o Quantity Takeoff**. Autodesk University Brasil, 2012. Disponível em: <http://staticwd.autodesk.net/content/dam/au/Brasil2014/documents/materialapoio/2012/AUBR-44_Apostila.pdf>. Acesso em: 24 de março. 2019.

MORAES, J. C. T. B. **500 anos de engenharia no Brasil**. São Paulo: IMESP, 2005.

NASCIMENTO, José Marcos. **A importância da compatibilização de projetos como fator de redução de custos na construção civil**. Instituto de Pós-Graduação-IPOG. Goiânia, 2013.

NOVAES, Celso Carlos. **Ações para controle e garantia da qualidade de projetos na construção de edifícios**. I Workshop Nacional de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifício. São Carlos, SP, 1998.

O GLOBO. **Economia encolhe 3,6% em 2016, e país tem pior recessão da História**. Disponível em <<https://oglobo.globo.com/economia/economia-encolhe-36-em-2016-pais-tem-pior-recessao-da-historia-21022917>>. Acesso em: 06 abr. 2019.

OLIVEIRA, Daniel Ferreira **O Conceito de Qualidade Aliado às Patologias na Construção Civil / Daniel Ferreira Oliveira** – Rio de Janeiro: UFRJ / Escola Politécnica, 2013.

PARDAL, P.; LEIZER, L. **O berço da engenharia brasileira**. Revista de Ensino de Engenharia, n. 16, p. 37-40, 1996.

PICCHI, F.A. **Sistemas da qualidade: uso em empresas de construção de edifícios**. 1993. 462 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

QUALHARINI, E.L.; DUCAP, V. **Reabilitação do Ambiente Construído Urbano – Reciclagem da Água Tratada no Estoque de Edifícios Existentes**. In: XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ENTAC, 2008, Fortaleza.

RODRÍGUEZ, Marco Antônio Arancibia; HEINECK, Luiz Fernando Mahlmann. **Coordenação de projetos: uma experiência de 10 anos dentro de empresas construtoras de médio porte. Simpósio brasileiro de gestão da qualidade e organização do trabalho no ambiente construído**, v. 2, 2001.

ROMMINGER, Raquel; MOCCELLIN, João Vitor. **Projetos operacionais de corte de barras de aço para estruturas de concreto armado: uma proposta para a redução do desperdício na construção civil**. São Paulo, SP: USP, 2001.

SANTOS, W. J.; BRANCO, L. A. M. J.; FILHO, J. V. A. **Compatibilização de projetos: Análise de algumas falhas em uma edificação pública**. In: IX Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2013.

SENESCU, R.; HAYMAKER, J.; FISCHER, M. **Design Process Communication Methodology: improving the efficiency and effectiveness of collaboration, sharing, and understanding**. Stanford University. Stanford. 2011. (CIFE TR197).

SHIGAKI, Jeferson Shin-Iti, OZÓRIO, Karina Beatriz Kreling, HIROTA, Ercília Hitomi. **Mapeamento de tomada de decisões no processo de projeto integrado de edificações**. XIV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Juiz de Fora, 2012.

SOUZA, F. R. D. **A Gestão do Processo de Projeto em Empresas Incorporadoras e Construtoras**. Tese de Doutorado. São Paulo. 2016.

SOUZA, F. R. D.; WYSE, M.; MELHADO, S. B. **As Responsabilidades do Coordenador de Projetos no Processo de Modelagem da Informação da Construção**. TIC. Campinas: [s.n.]. 2013.

SOUZA, Francisco Jesus. **Compatibilização de projetos em edifícios de múltiplos andares: Estudo de caso**. Dissertação. Universidade Católica de Pernambuco. Recife, 2010

SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes et al. **Perdas de materiais nos canteiros de obras: a quebra do mito**. 1998.

SUCCAR, B. Building Information Modelling Framework: A Research and Delivery Foundation for Industry Stakeholders. **Automation in Construction**, Australia, 2009. 357–375.

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

THOMAZ, Ercio. **Tecnologia, gerenciamento e qualidade na construção**. São Paulo: Editora Pini, 2001

VOCÊ S/A. **Para vencer a crise, construção civil está deixando o conservadorismo**. Disponível em <<https://exame.abril.com.br/pme/como-a-construcao-civil-se-reinventou-para-vencer-a-crise/>>. Acesso em: 06 abr. 2019.

WILLIAMS, C. M. K.; **Análise de falhas aplicadas à otimização de projetos de edificações**. XIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro, RJ: UFRJ/ABEPRO, 2003.

WONG, A. WONG, F. NADEEM, A. **Attributes of Building Information Modelling Implementations in Various Countries**. Architectural Engineering and Design Management, Vol.6 N.4: 288-302. 2010.