

Os problemas causados pela falta de compatibilização de projetos no processo executivo de uma estrutura metálica

The problems caused by the lack of project compatibility in the executive process of a metallic structure

Los problemas causados por la falta de compatibilidad proyecto en el proceso ejecutivo de una estructura metálica

Recebido: 30/05/2022 | Revisado: 09/06/2022 | Aceito: 15/06/2022 | Publicado: 26/06/2022

Jardel Santos Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0183-3704>
Centro Universitário Santo Agostinho, Brasil
E-mail: jardelsl@outlook.com

Mariana Gonçalves Da Paixão

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5184-5797>
Centro Universitário Santo Agostinho, Brasil
E-mail: Eng.marianapaixao@gmail.com

Diego Silva Ferreira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2556-354X>
Centro Universitário Santo Agostinho, Brasil
E-mail: diegof.engenheiro@gmail.com

Resumo

A compatibilização tem a finalidade de unificar projetos em uma obra, facilitando a execução, amenizando as alterações estruturais que ocorrem no decorrer da construção, reduzindo custos com manutenção e dificuldades construtivas que podem aparecer no andamento, além de manter a satisfação final do cliente. Ao analisar as falhas causadas pela falta de compatibilização, imaginam-se maneiras para reverter os problemas obtidos quando a obra encontra-se em andamento, porém ao se tratar de uma estrutura metálica encontram-se mais adversidades no processo - já que estas não permitem muitas adaptações em sua estrutura primária (pilares e vigas) em decorrência de seu dimensionamento ser todo planejado com suas locações e capacidades de carga já predeterminadas, dificultando, mas não impossibilitando qualquer tipo de alteração na execução. Assim, esta pesquisa tem como objetivo analisar os problemas causados em processos executivos de estruturas metálicas quando seus projetos não são compatibilizados, caracterizado e exemplificando com casos encontrados em edifícios. A metodologia é qualitativa, uma análise por meio de estudo de caso feito com uma única edificação metálica. Dentre os resultados, foram identificados problemas devido às mudanças na arquitetura e detalhamentos solicitados pelo proprietário quando o processo de montagem já estava em andamento, além da falta de compatibilização entre os projetos que provocaram retrabalhos, tempo e recursos adicionais à construção. Concluindo, assim, que o processo de execução só deve ser iniciado quando forem definidos os projetos, com todas as compatibilizações entre eles devidamente realizadas.

Palavras-chave: Projetos; Compatibilização; Estrutura Metálica; BIM.

Abstract

Compatibility aims to unify projects in a work, facilitating execution, mitigating structural changes that occur during construction, reducing maintenance costs and constructive difficulties that may appear in progress, in addition to maintaining final customer satisfaction. When analyzing the failures caused by the lack of compatibility, ways are imagined to reverse the problems obtained when the work is in progress, however, when dealing with a metallic structure, there are more adversities in the process - since these do not allow many adaptations in its primary structure (columns and beams) as a result of its dimensioning being all planned with its locations and load capacities already predetermined, making it difficult, but not impossible, any type of alteration in the execution. Thus, this research aims to analyze the problems caused in executive processes of metallic structures when their projects are not compatible, characterized and exemplified with cases found in buildings. The methodology is qualitative, an analysis through a case study made with a single metallic building. Among the results, problems were identified due to changes in the architecture and details requested by the owner when the assembly process was already in progress, in addition to the lack of compatibility between the projects that caused rework, time and additional resources to the construction.

Concluding, therefore, that the execution process should only be started when the projects are defined, with all the compatibilizations between them duly carried out.

Keywords: Projects; Compatibility; Metal structure; BIM.

Resumen

La compatibilidad tiene como objetivo unificar los proyectos en una obra, facilitando la ejecución, mitigando los cambios estructurales que se producen durante la construcción, reduciendo los costes de mantenimiento y las dificultades constructivas que puedan aparecer en la ejecución, además de mantener la satisfacción del cliente final. Al analizar las fallas provocadas por la falta de compatibilidad, se imaginan formas de revertir los problemas obtenidos cuando la obra está en ejecución, sin embargo, al tratarse de una estructura metálica, se presentan más adversidades en el proceso - ya que estas no permiten muchas adaptaciones en su estructura primaria (columnas y vigas) como consecuencia de que su dimensionamiento está todo previsto con sus ubicaciones y capacidades de carga ya predeterminadas, dificultando, pero no imposibilitando, cualquier tipo de alteración en la ejecución. Así, esta investigación tiene como objetivo analizar los problemas ocasionados en los procesos ejecutivos de estructuras metálicas cuando sus proyectos no son compatibles, caracterizados y ejemplificados con casos encontrados en edificaciones. La metodología es cualitativa, un análisis a través de un estudio de caso realizado con un solo edificio metálico. Entre los resultados se identificaron problemas por cambios en la arquitectura y detalles solicitados por el propietario cuando el proceso de montaje ya estaba en marcha, además de la falta de compatibilidad entre los proyectos que ocasionó retrabajo, tiempo y recursos adicionales a la construcción. Concluyendo, por tanto, que el proceso de ejecución sólo debe iniciarse cuando los proyectos estén definidos, con todas las compatibilizaciones entre ellos debidamente realizadas.

Palabras clave: Proyectos; Compatibilidad; Estructura metálica; BIM.

1. Introdução

A construção de uma edificação é proveniente da demanda de um cliente ou instituição para transformar um ambiente. Partindo desse interesse, é pensado em como realizar o layout de acordo com os gostos do contratante, com as normas estabelecidas para o tipo de empreendimento. Encontra-se aí a necessidade de um profissional capacitado que possa compactar no projeto arquitetônico toda a solicitação e transformá-lo na idealização esperada (Barros, 1998).

É de responsabilidade do arquiteto ter uma visão holística de todo o projeto, para que esteja preparado para tomar decisões de todo o processo, desde o seu desempenho e vida útil até às compatibilizações com as demais disciplinas de projeto e engenharia. Sendo assim, é necessário seu engajamento para resolver qualquer possível adversidade que possa ocorrer nessas etapas (ABDI, 2018).

Desde os primórdios da construção civil tem-se a preocupação de manter a execução das construções de acordo com o planejado em projeto, porém esses processos executivos são cheios de obstáculos devido à dificuldade em manter os projetos arquitetônicos e estruturais em conformidade. No entanto, os principais problemas de uniformidade são causados pelos próprios clientes e projetistas, pois muitos dos clientes não passam todas as informações necessárias aos contratados para que possam realizar o projeto - ficam fazendo alterações com muita frequência, até mesmo quando a edificação já se encontra em execução - de modo que dificulta o andamento e da integração entre todos os profissionais envolvidos na realização de todos os elementos que envolvem a obra (Graziano, 2013).

Segundo Callegari (2007), a compatibilização tem como principal finalidade a unificação homogênea entre os projetos, facilitando a execução da obra, amenizando as alterações de projeto que sempre acontecem no decorrer da construção, reduzindo os custos com manutenção e as dificuldades construtivas que vão aparecendo com seu andamento, além de manter o cliente satisfeito com o resultado final da obra. A compatibilização está atrelada no estudo de encontrar interferências através da sobreposição de projeto, além disso, criar reuniões com os profissionais envolvidos, com o propósito de resolver as contrariedades. Porém, essa troca de informações entre os projetistas não acontece como é programado, pois em geral são vários profissionais envolvidos, cada um com sua especialidade, dificultando a troca de informações entre eles (Coral, 2013).

Cheung et al. (2018), ao analisar as falhas causadas pela falta de compatibilização em estruturas, pensa-se nas maneiras para reverter os problemas obtidos quando a obra já se encontra em andamento, porém ao se tratar de uma estrutura metálica, encontram-se mais adversidades no decorrer desse processos, pois esses tipos de estrutura não permitem muitas adaptações em sua estrutura primária (pilares e vigas) em decorrência de seu dimensionamento ser todo planejado em projeto com suas locações e capacidade de carga já predeterminadas, dificultando mas não impossibilitando qualquer tipo de alteração no decorrer da execução. Situação bem comum encontrada em obras que tiveram falta de compatibilização é a existência de pilares metálicos no meio de ambientes causando desconforto ao usuário, até mesmo em encontro de vigas quando é realizado a perfuração para as passagens hidro sanitárias, elétricas e outras (Linderoth, 2010).

Ao se realizar uma construção usando estrutura metálica pensa-se nas grandes vantagens que esse tipo de edificação possui - como exemplo a grande rapidez de execução, a minimização de desperdícios de materiais como madeira, cimento, areia entre outros, que são utilizados no concreto armado, a obra se mantém mais limpa e organizada, a mão de obra nesse tipo de construção é menor, além da manutenção reduzida a longos prazos (Azhar et al., 2011).

Entretanto, há uma necessidade elevada de controle e planejamento de serviço, pois se não compatibilizados todos os projetos que envolvem a estrutura como projeto arquitetônico, estrutural, hidráulico, elétrico, sistema de incêndio, além das centrais de ar-condicionado, a obra passa a ser o inverso da facilidade que é esperada. Começam a aparecer os erros de locação de pilares, as instalações que ficam impossibilitadas de passar pelos perfis metálicos, acarretando uma obra turbulenta e com um custo maior do que o planejado (Sales et al., 2001).

Para Liu et al. (2019), a negligência na hora da compatibilização provoca inúmeras perdas à construção, direcionando-se principalmente ao desperdício de materiais. No entanto, essas perdas não se ligam apenas à materiais, estão diretamente proporcionais ao conjunto, na qual envolve equipamentos e máquinas, além da mão-de-obra desperdiçada. Nessa situação, as perdas oferecem incidências de gastos extras e repetitivos em trabalhos inúteis que não oferecem nenhuma representatividade final ao empreendimento. Além disso, boa parte dos serviços que foram refeitos por erros de compatibilização apresentam problemas depois de algum tempo de construção, sendo necessárias manutenções em prazos cada vez mais curtos, o que acarreta em mais prejuízos ao construtor. Problemas esses que, poderiam ser evitados se fossem seguidos os processos de compatibilização corretamente (Wong et al., 2015).

Já sobre o problema de pesquisa, os perfis metálicos utilizados na construção de uma obra metálica são muito importantes para a atividade dinâmica da superestrutura, seu dimensionamento é realizado com todos os parâmetros técnicos da norma, sendo determinados os tipos de perfis, seu peso específico, a quantidade de carga e sobrecarga que irão suportar em toda a sua vida útil. Tais elementos que, em caso de alterações na execução, precisam de um recálculo da estrutura para saber se podem ser realizados (Pinho & Penna, 2008).

A partir dessas mudanças, na execução que começam a surgir os problemas por falta de compatibilização, pois muitas vezes as alterações realizadas, principalmente estruturais, sendo elas no processo de fundação ou superestrutura no andamento da obra, não são repassadas aos outros profissionais envolvidos para que sejam feitas as devidas correções. Com isso, os erros tendem a piorar a cada etapa da construção - como as fundações fora de esquadro, levando os erros para os pilares metálicos que ficam sem alinhamento, deixando pilares com muitos centímetros de diferença entre eles, vigas desalinhadas, podendo mudar os tamanhos dos cômodos ou até mesmo com pilares no meio dos ambientes (Teixeira, 2007).

As patologias construtivas e problemas executivos, na grande maioria das vezes, são atrelados às falhas de projeto e planejamento das etapas de produção. Em uma construção metálica, a precisão e a compatibilização de qualidade dos diversos projetos são indispensáveis para que se tenha o aproveitamento das vantagens que uma estrutura de aço e a industrialização possam oferecer. Para que esse tipo de estrutura possa oferecer rapidez de execução, leveza e limpeza no canteiro de obras - os outros sistemas devem está afinados e sincronizados milimetricamente (Rodrigues, 2003).

Apesar de ser realizado todo o gerenciamento e planejamento de obra antes da execução para que esses problemas não aconteçam, sempre ao levar da teoria para prática - em campo aparecem as adversidades e com isso a necessidade das modificações de projeto, havendo a necessidade de um estudo detalhado e aprofundado. Mas afinal, o que pode ser feito para reduzir os danos causados pela falta de compatibilização de projetos e como evitar estas em uma estrutura metálica?

2. Metodologia

Quanto à abordagem metodológica qualitativa, é uma maneira de coletar dados mais subjetivos, usada para entender os motivos, opiniões e motivações subjacentes. Neste tipo de pesquisa são fornecidas informações sobre um problema ou ajuda para desenvolver idéias ou hipóteses, nesse sentido, essa pesquisa tem como intuito fazer uma descrição através de estudos de casos, sobre os problemas que são causados em estruturas metálicas quando não compatibilizados os projetos estruturais e arquitetônicos (Fabricio, 2002).

Para Gil (2008), os métodos qualitativos trazem como contribuição ao trabalho de pesquisa uma mistura de procedimentos de cunho racional e intuitivo, capazes de contribuir para a melhor compreensão de fenômenos. Os pesquisadores que utilizam esse método buscam visualizar o contexto e, se possível, ter uma integração empática com o processo objeto de estudo que implique na melhor compreensão do fenômeno (Godoy, 1995).

A pesquisa tem como objetivo a abordagem dos problemas causados em processos executivos de estruturas metálicas quando seus projetos não são compatibilizados, caracterizado e exemplificando com casos encontrados em edifícios. A abordagem é puramente descritiva e explicativa, buscando melhores soluções para que sejam minimizados os problemas causados por essa falta de compatibilização (Almeida, 2015).

O estudo de caso é feito com uma única edificação metálica, havendo a possibilidade dos resultados obtidos serem usados em outras obras que ainda serão realizadas, a fim de solucionar ou evitar os problemas de compatibilização. A amostra estudada será um edifício hospitalar construído com estrutura metálica pela “Construtora A” (nome fictício), com sete pavimentos e mais um subsolo, tendo divisórias de alvenaria vermelha nas áreas molhadas, alvenaria de bloco de concreto nos elevadores e escadas, além do drywall nas outras divisórias - localizado na cidade de Teresina-PI. O estudo de caso consiste na investigação dessa amostra, tratando dos problemas provocados pela falta de compatibilização em fase de projetos, além dos que foram evidenciados no processo de execução.

Como o intuito da pesquisa é mostrar os problemas causados pela falta de compatibilização, foram avaliadas todas as adversidades encontradas no processo construtivo da obra, além de ampliar as possibilidades que poderiam ser utilizadas para resolver os problemas, tanto ainda em processo de projeto, quanto em obra. Para determinação da amostra foram verificados vários projetos contendo alterações arquitetônicas desde o início da obra, na qual não houve o processo adequado de compatibilização com o projeto de estruturas metálicas, e como essas alterações arquitetônicas influenciaram significativamente nos demais projetos e no andamento da construção (Mehran, 2016).

Essa coleta foi realizada através da disponibilização de projetos de arquitetura que foram feitos desde o começo da obra até sua atual atualização, contendo até 23ª revisão, e estrutural metálica com 21ª atualizações, visitas técnicas para a elaboração do registro fotográfico que exemplifique os erros e as soluções adotadas, além de documentos cedidos pela construtora. Na coleta foram utilizados relatórios das alterações durante o processo executivo, explicitando os motivos da alteração e o que foi realizado na estrutura para que fosse possíveis as modificações.

Os documentos serviram para fazer a comparativa entre os projetos, buscando avaliar se foi compatibilizado da maneira adequada para que os problemas construtivos fossem evitados, além de identificar os principais problemas apresentados nas etapas construtivas quando já não havia mais possibilidade de fazer as modificações sem muito desperdício

de tempo e verba.

A maneira de obtenção da coleta de dados dessa pesquisa foi minuciosa, onde foram analisados os projetos arquitetônicos nas versões antigas e atualizadas como também os projetos estruturais, além de um estudo aprofundado de todas as etapas de construção da obra. De início, foram verificados todos os detalhes importantes no projeto arquitetônico, principalmente o de fachada, pois nele contém as principais falhas da compatibilização envolvendo a estrutura metálica que deve ser dimensionada de modo que não afete os ambientes pré determinados da arquitetura.

Após essa análise aprofundada foi feito um relatório técnico de todos os problemas apresentados no processo estrutural oriundos da falta de verificação e uniformidade entre os projetos. Além disso, foram evidenciadas as soluções apresentadas para que fossem revertidas da maneira mais econômica e viável. O relatório apresenta também os caminhos que facilitem esse processo - não somente entre os projetos estruturais e arquitetônicos, mas também todos os outros projetos que envolvem uma estrutura, alternativas que teriam evitado os problemas, principalmente com o uso de compatibilização e softwares.

3. Resultados e Discussão

3.1 Modificações arquitetônicas com impactos significativos na construção

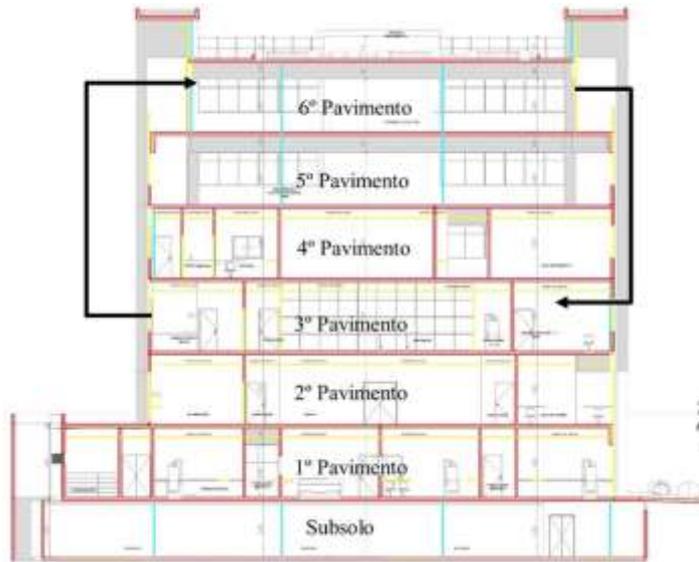
O empreendimento analisado por se tratar de um hospital especializado na visão requer um planejamento e logística construtiva para que funcione sua ambientação e seu fluxo de pessoas. Para isso, foi contratada uma empresa de arquitetura especializada em hospitais na cidade de Recife, sendo aprovada sua ART em 2018, nesse mesmo período foi iniciado o processo de cálculo estrutural, sendo realizado em estrutura metálica, o que permite grandes vãos e uma rápida execução, que é uma das suas grandes qualidades construtivas.

No processo criativo, o profissional de arquitetura deve buscar as melhores condições para fazer a vontade e o sonho do cliente entre as paredes moldadas. Nessa etapa é feito o estudo do local e suas condições físicas, tais elementos são facilmente identificados quando o profissional é familiarizado com o local onde será realizado a construção. A exemplo da amostra de pesquisa, o grupo de arquitetura que foi designado a realizar o projeto não era da cidade da realização do empreendimento, sendo assim, não tinham o conhecimento dos pontos que influenciaria o agrado do cliente, o que provocou muitas alterações no decorrer do processo construtivo (Melhado, 2005).

Entre as modificações ocorreu a alteração do layout dos andares, a principal mudança foi entre o andar exclusivo de atendimento do proprietário - que se encontrava no terceiro pavimento - indo para sexto pavimento, que era um andar para aluguel. Essa troca ocorreu quando já estava iniciada a construção, o mesmo identificou que no sexto pavimento tinha uma visão privilegiada em 360° da cidade inteira, pois o grande diferencial do prédio é que 90% da fachada é em pele de vidro. No entanto, quando alterado esse layout impactou diretamente no andamento de todos os projetos de instalações, sendo necessário a adaptação de todos os projetos existentes - custando tempo e verba.

A Figura 1, é um corte da versão 2018 do projeto arquitetônico do prédio, onde o terceiro pavimento era o andar exclusivo de atendimento dos proprietários e o sexto pavimento disponibilizado para aluguel. No entanto, essa atualização de arquitetura desencadeou diversos problemas no andamento da execução, sendo necessário a demolição de alvenarias que estavam em construção em algumas áreas molhadas no terceiro pavimento. Além disso, o grupo de arquitetura teve que fazer adaptações dos layouts devido os andares serem de diferentes áreas, sendo o terceiro com área maior que o sexto pavimento que além de menor ainda tem varandas em suas duas extremidades.

Figura 1 - Troca de layout entre 3º e 6º pavimento, versão 2018.



Fonte: Autores (2020).

No planejamento o projeto arquitetônico deve ter as áreas de passagem (Shafts) previstas para todas as instalações. No entanto, o grupo de arquitetura não levou em consideração as grandes distâncias entre as instalações, fazendo necessário a criação e a ampliação de shafts existentes. Na Figura 2 da versão da arquitetura de 2018, o círculo em vermelho era uma sala destinada ao setor de compras no primeiro pavimento, em azul um shaft existente designado a passagem das instalações sanitárias, no entanto essa passagem não foi suficiente para as descidas do sistema - sendo necessário a sua ampliação e a criação de um novo para suportar a demanda e minimização das distâncias entre os pontos para não reduzir o pé direito.

Figura 2 - Shafts do 1º pavimento versão 2018.



Fonte: Autores (2020).

A Figura 2 mostra o shaft existente na lateral do elevador social no sétimo pavimento, na versão 2018 da arquitetura, que não foi suficiente para passagem das tubulações de drenagem e os ramais de ar condicionado. Devido a isso foi realizado uma nova atualização criando um novo shaft na outra lateral do elevador. Todas essas modificações provocaram atraso para execução da obra.

As mudanças no processo construtivo de uma obra requerem muito cuidado e avaliação por parte de todos os profissionais que estão em relacionamento direto com o empreendimento. Quando sofrem mudanças nos detalhes arquitetônicos, principalmente quando impacta na capacidade de carga da construção, é necessário que se faça uma nova revisão estrutural para que seja verificado se a estrutura suporta esses aumentos significativos (Reck, 2013).

No caso da amostra, o prédio tinha na memória de cálculo o uso de revestimento em porcelanato. Porém, quando a estrutura metálica estava na fase de finalização de montagem, o proprietário solicitou alteração do revestimento para granito, com espessura de 2 cm, o que provocaria uma sobrecarga acima do esperado em cálculo.

Essa modificação, teve um impacto significativo não só no custo de revestimento, mas também no custo final da estrutura metálica, pois houve a necessidade de um estudo de esforços, na qual a estrutura teria reforços para que mantivesse sua integridade, por razão da sobrecarga adicional para equipamentos de 400 Kg/m². O reforço estrutural impactou em mais 3 meses de atraso para entrega do empreendimento. Com isso, as vantagens de rapidez na construção metálica ficaram irrelevantes e o custo do reforço junto ao do revestimento tiveram um impacto no orçamento final da obra. Na qual a somatória de R\$ 242.374,88 de reforço estrutural com o custo do novo revestimento, provocou um aumento de 7% no valor total do empreendimento. A nova proposta de serviço do reforço estrutural da edificação para suportar a sobrecarga de revestimento foi de 19,75 toneladas de chapas metálicas no reforço de pilares e vigas. O reforço foi feito com chapas metálicas. Nesse processo foi realizado o envelopamento de 30 pilares com chapas metálicas com espessura de 16mm e o reforço do plano de vigas do 1º ao 7º pavimento com chapas de 10 mm.

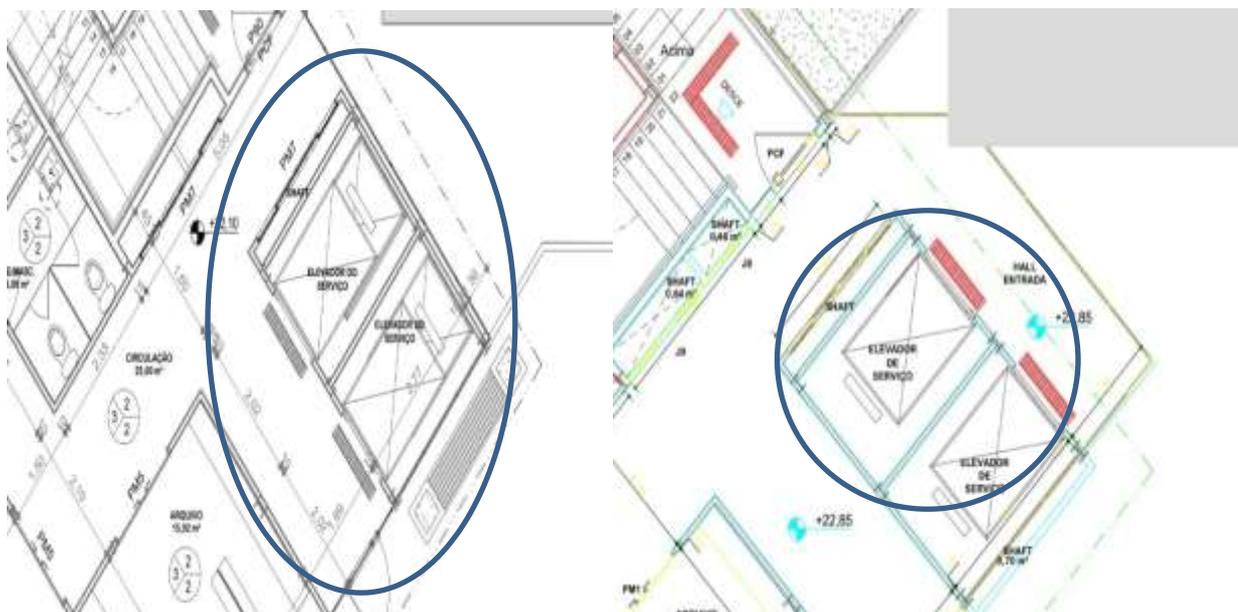
3.2 Modificações estruturais por mudanças na arquitetura

Ao fazer qualquer tipo de mudança na arquitetura quando o processo de construção encontra-se em andamento, é necessária muita atenção por parte dos responsáveis técnicos pela obra, pois a partir dessas alterações começam os problemas com o desempenho estrutural e a logística dos ambientes (Chen, F. & Liu, Y., 2015).

Nesse sentido, o projeto desenvolvido de elevadores não foi compatibilizado com o projeto de arquitetura e em consequência, com o projeto de estruturas metálicas. O projeto de arquitetura desenvolvido considerava que o elevador de serviço teria abertura dupla, onde do Subsolo ao 6º pavimento a sua entrada teria um único sentido e somente no 7º pavimento a entrada iria para o lado oposto. A equipe de engenharia identificou que não compensa comprar o equipamento com abertura dupla sendo que somente um andar abriria no sentido oposto. Após a definição da orientação do elevador em um único sentido, a equipe de arquitetura teve que fazer novas alterações do projeto juntamente com o projeto de estrutura metálica.

Na Figura 3, representa como era o projeto de arquitetura na versão 2018 da entrada de elevador de serviço no sétimo pavimento. E ao lado, mostra como foi a solução encontrada para permitir a saída do lado oposto da caixa do elevador, criando um hall de entrada somente para esse acesso. Nesse processo, foi utilizado pilares e vigas metálicas para fazer a estrutura dessa nova passagem, escolhida dessa forma pois seria a maneira mais rápida de execução.

Figura 3 - Entrada do elevador de serviço, 7º pavimento versão 2018.



Fonte: Autores (2020).

3.3 Falhas no processo de compatibilização devido a execução

Quando realizado o projeto arquitetônico deve ser pensando nas instalações a serem colocadas no local e a disposição delas, sendo planejado a altura final do pé direito contando que a altura do forro até o teto seja suficiente para a passagem de todas as instalações, principalmente quando se trata das hidrossanitárias e pluviais (Mikaldo & Scheer, 2008).

Desse modo, foi possível relatar que houve um problema por falta de compatibilização de projetos no 7º pavimento, na qual o pé esquerdo teve um encurtamento devido a equipe de arquitetura ter projetado esse pavimento com o pé esquerdo de 2,70m, desconsiderando que os ramais de águas pluviais iriam ser instalados no andar superior.

Devido a isso, quando foi realizado o dimensionamento da estrutura metálica, o maior perfil (60cm) desse pavimento, deixava o pé direito menor que 2 metros considerando que teria as tubulações e o forro. Esse problema foi observado quando a montagem desse pavimento estava sendo realizada. Após observação do problema a equipe de engenharia solicitou que fosse elevado os perfis a uma altura mínima que permitisse o pé direito com 2,60m. A elevação das vigas permitiu que o pé esquerdo ficasse de 3,20 m, possibilitando a passagem das instalações, uma diferença de altura entre o sétimo com os demais pavimentos, reduzindo 95cm comparado aos outros pavimentos.

Na Figura 4 mostra as esperas que ainda não foram retiradas para receber as vigas metálicas, evidenciando a elevação da altura de laje que foi necessária para passagem das instalações de águas pluviais da cobertura para manter a altura do pé direito de no mínimo 2,60m, sendo a espessura da laje de 10 cm.

As fachadas da edificação foram projetadas com detalhes em formato de U, onde é feito recuo em alguns pontos estratégicos para que fosse dado um diferencial ao estilo de construção. No entanto, o projeto estrutural não foi compatibilizado conforme arquitetura e por isso as fachadas sofreram alterações significativas ao idealizado e, como a estrutura metálica já estava avançada quando foi identificado a divergência, não podia mais ser reparado a estrutura - com isso os projetos seguintes de fachada e pele de vidro tiveram que se adequar a estrutura metálica.

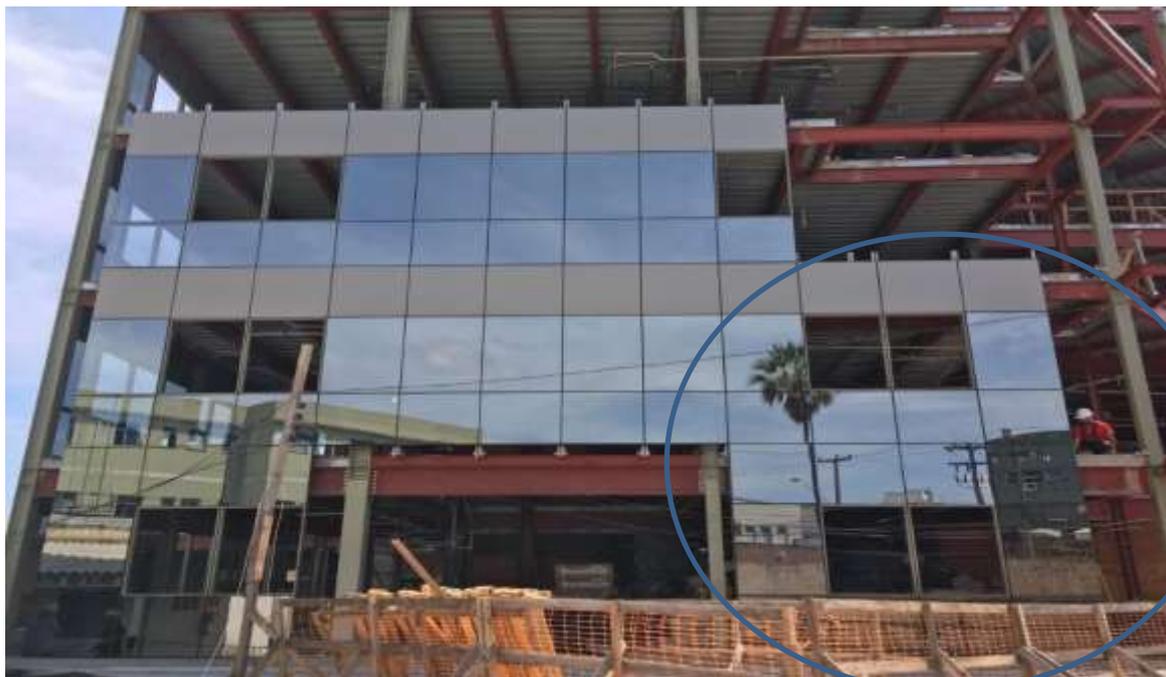
Figura 4 - Representação da elevação do pé esquerdo no 7º pavimento.



Fonte: Autores (2020).

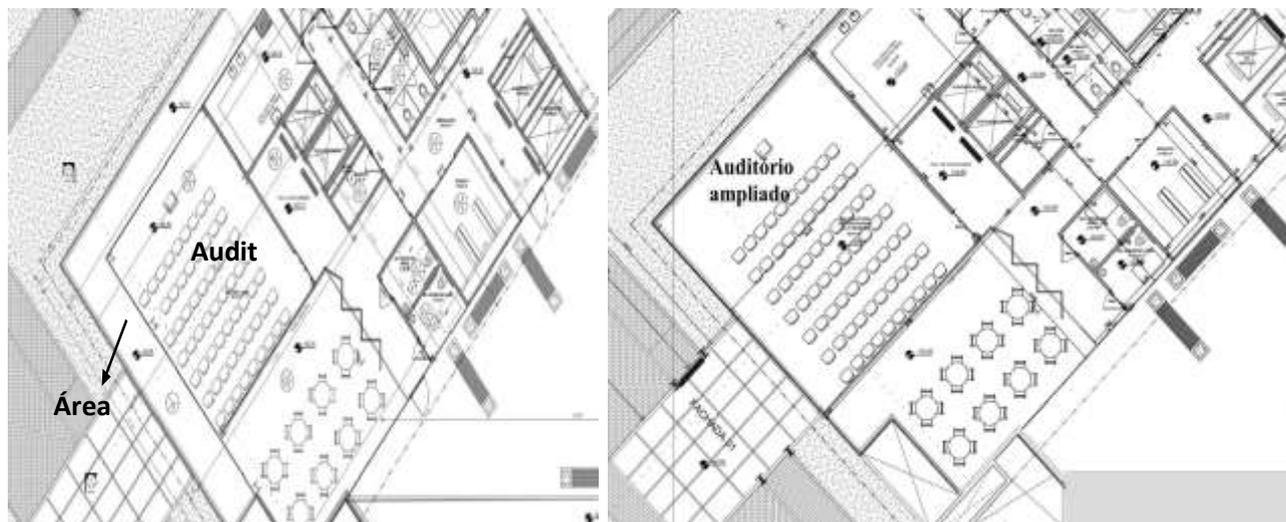
Na Figura 5 tinha um recuo que era previsto na edificação, mas por motivo de não ser seguido o modelo e só reparado depois, a edificação teve que ser alterada sem o recuo. No 7º pavimento do edifício foi projetado um auditório de pé direito duplo, com área de 62,34 m², porém devido a outro problema pela falta de compatibilização, a estrutura metálica não fez o recuo previsto na arquitetura e seguiu o alinhamento dos pilares, o que ampliou o auditório para 89,44 m², influenciando tanto nas instalações elétricas quanto de ar condicionado, representado pela figura 6, o modelo inicial e ao lado, o modelo ajustado após as modificações.

Figura 5 - Detalhe da fachada em processo de execução.



Fonte: Autores (2020).

Figura 6 - Planta baixa 7º pavimento versão 2018.



Fonte: Autores (2020).

4. Conclusão

Como foi visto, o processo de construção de uma edificação se inicia com a criação do projeto de arquitetura, após essa etapa é realizado o projeto estrutural da edificação. No processo deve ser realizada a sobreposição de projetos de maneira que não haja nenhuma interferência. Quando essa etapa não é respeitada, começam os problemas que são decorrentes da divergência.

Nesse sentido, foi constatado que a falta de compatibilização em uma estrutura metálica causa diversos transtornos, tanto relacionados às descidas hidro-sanitárias em shafts, à mudança de cargas na estrutura - que causam problemas ao seu desempenho. Essas alterações devem ser mínimas, principalmente no processo de execução, no entanto, mesmo que ocorram, devem ser alinhados todos os projetos, fazendo a sobreposição para que as divergências entre eles sejam reduzidas ao se mudar a arquitetura.

Logo, deve ser interrompido o processo executivo para que essas mudanças repentinas não afetem o planejamento e o andamento da construção, para que após verificação e compatibilização seja possível a continuação do processo. Assim, o ideal é que seja estabelecido prazos de entrega dos projetos modificados e compatibilizados para que um não atrase o andamento do outro.

Por se tratar de um prédio em estrutura metálica, sua execução tem que ser minuciosa e milimétrica. No entanto, quando o responsável pelo empreendimento faz mudanças nesse processo, torna-se complicado fazer o acompanhamento sem que tenham maiores transtornos futuros. Devido ao seu processo construtivo ser rápido, ocorrem vários erros por conta dos profissionais responsáveis não estarem atentos, ou por não acompanharem o seu processo de montagem e, apesar de ser uma equipe capacitada, há detalhes que passam despercebidos, ocorrendo assim divergências naquilo que foi inicialmente planejado.

Como geralmente os projetos são feitos por equipes com profissionais de diferentes especialidades, o correto é que se tenha uma compatibilização global - onde sejam sobrepostos todos os projetos recebidos, tornando uma versão unificada para que não ocorram divergências de informações. Entre os modos de fazer esse tipo de unificação, podemos utilizar a plataforma BIM, que vincula os projetos em 3D e os transformam em uma única versão melhor e completa.

Dentre essas plataformas temos as de modelo de planejamento de obras 4D, sendo a quarta dimensão o tempo, assim sempre sendo possível o controle do tempo para cada alteração. Com isso teremos o controle além das incompatibilidades dos

projetos, com um melhor controle das etapas a serem feitas e uma melhor visão de caminho em possíveis modificações. A compatibilização em projetos em 3D é a mais aconselhável hoje, por mostrar diretamente possíveis choques de informações, e já sendo possível avaliar a melhor solução para o problema.

Referências

- Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, ABDI-MDIC (2018). A Implantação de Processos BIM: Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC. Brasília, b. p. 31.
- Almeida, M. R. B. (2015). Análise da interoperabilidade aplicada ao projeto BIM de Estruturas Metálicas. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, Portugal. Recuperado em português 15, julho, 2021, de <https://core.ac.uk/download/pdf/47142024.pdf>.
- Azhar, S., Carlton, W. A., Olsen, D., Ahmad, I. (2011). Building Information Modeling for sustainable design and LEED rating analysis. *Automation in Construction*, 20, 217–24.
- Barros, M. M. S. B. (1998). O desafio da implantação de inovações tecnológicas no sistema produtivo das empresas construtoras. In: *Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: Vedações Verticais*, São Paulo. Anais... São Paulo: EPUSP, p. 249-285.
- Callegari, S. (2007) Análise da compatibilização de projetos em três edifícios residenciais multifamiliares. Dissertação de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, UFSC, Florianópolis, Brasil. <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/89863/248377.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Chen, F. & Liu, Y. (2015). Innovation Performance Study on the Construction Safety of Urban Subway Engineering Based on Bayesian Network: A Case Study of BIM Innovation Project. *Journal Of Applied Science And Engineering*. 18(3), 223-44.
- Cheung, W. F., Lin, T. H., and Lin, Y. C. 2018. A Real-Time Construction Safety Monitoring System for Hazardous Gas Integrating Wireless Sensor Network and Building Information Modeling Technologies. *Sensors* 18 (2) (February 2): 436. doi:10.3390/s18020436. <http://dx.doi.org/10.3390/s18020436>.
- Coral, J. G. L. (2013). Compatibilização de projetos: estudo de caso de um edifício residencial multifamiliar em alvenaria estrutural. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Civil, UTFPR, Campo Mourão, Brasil. <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/6179>.
- Fabricio, M. M. (2002). Projeto simultâneo na construção de edifícios. Tese de Doutorado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil. https://www.researchgate.net/profile/Marcio-Fabricio/publication/264825683_Projeto_Simultaneo_na_Construcao_de_Edificios/links/5578445808aeacff20027ea5/Projeto-Simultaneo-na-Construcao-de-Edificios.pdf.
- Gil, A. C. (2008). Método e técnicas de pesquisa social (6. ed.). São Paulo, SP: Atlas S.A.
- Godoy, A. S. (1995). Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. *Revista de Administração de Empresas*, 35 (2), 67 –69.
- Graziano, F. P. (2003). Compatibilização de projetos. Dissertação de Mestrado, Instituto de Pesquisas tecnológicas, São Paulo, SP, Brasil.
- Linderoth, H. C. J (2010). Understanding Adoption And use of BIM as the creation factor networks. *Automation in Construction*, 19, 66 –72.
- Liu, Z., Lu, Y., Peh, L. C. (2019). A Review and Scientometric Analysis of Global Building Information Modeling (BIM) Research in the Architecture, Engineering and Construction (AEC) Industry. *Buildings*, 9. 210. 10.3390/buildings9100210.
- Mehran, D. (2016). Exploring the Adoption of BIM in the UAE construction industry for AEC firms. *Procedia Engineering*, 145, 1110 –1118.
- Melhado, S. B. (2005). Coordenação de projeto de edificações. São Paulo, SP: O Nome da Rosa.
- Mikaldo, J. J. & Scheer, S. (2008). Compatibilização ou Engenharia Simultânea: Qual a melhor solução. *Gestão & Tecnologia De Projetos*, 3 (1), 79 –99.
- Pinho, F. O. & Penna, F. (2008). Viabilidade econômica. Instituto Brasileiro de Siderurgia, Centro Brasileiro de Construção em Aço (Série Manual de Construção em Aço).
- Reck, R. H. (2013). Proposta de método para integração da simulação de eventos discretos e visualização BIM 4D no projeto do sistema de produção. Tese de Mestrado em engenharia civil do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil. <http://hdl.handle.net/10183/127908>.
- Rodrigues, F. C. (2003). Tabelas de dimensionamento estrutural para edificações com o sistema construtivo em steel framing. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil. em <https://docplayer.com.br/2817851-Tabelas-de-dimensionamento-estrutural-para-edificacoes-com-o-sistema-construtivo-em-steel-framing.html>.
- Sales, U. C., Souza, H. A. e Neves, F. A. (2001). Interfaces entre Sistemas de Vedação e Estruturas Metálicas, Problemas Reais. *Revista Técnica*, São Paulo, 53, 98 –102.
- Teixeira, R. B. (2007). Análise da Gestão de Processo de Projeto Estrutural de Construções Metálicas. Dissertação de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas, Universidade Federal de Minas Gerais – Escola de Engenharia, Belo Horizonte, Brasil. <http://pos.dees.ufmg.br/defesas/234M.PDF>.
- Wong, J., Kwok W., Zhou, J. (2015). Enhancing Environmental Sustainability over building lifecycles through green BIM: A review. *Automation in Construction*, 57, 156 –165.