

Aplicação da metodologia BIM e princípios da Construção Enxuta para o planejamento de uma obra comercial

Application of *BIM* methodology and Lean Construction principles for the planning of a commercial construction

RESUMO

Diante do crescimento da competitividade na construção civil e em decorrência dos atrasos e perdas resultantes da falta de planejamento e gerenciamento de obras, as empresas necessitam buscar novas metodologias para os processos realizados na indústria da construção civil. Por isso, este artigo propõe a implementação da metodologia *BIM* em sinergia com os princípios da Construção Enxuta, através do levantamento de dados e no acompanhamento das atividades no canteiro de obra, sugerindo propostas de aplicação do sistema em uma obra comercial. Visa-se minimizar os efeitos causados pela falta de planejamento, a implantação da metodologia da Construção Enxuta nas atividades executadas e também na modelagem em *BIM*, que permite a realização de um planejamento adequado para a obra, contando com cronograma, orçamento, visualizações 3D, entre outros. Com as análises e os procedimentos utilizados, observou-se a execução do serviço de fundação em 23 dias, conforme proposto inicialmente. Nas descargas das peças pré-fabricadas verificou-se a redução de tempo em 45 minutos/peça, o que possibilitou maior agilidade no início da execução dos serviços de montagem das peças; verificando a real necessidade de se realizar o planejamento de obras, incluindo ferramentas de gestão, que facilitam a visualização, a avaliação e a percepção dos processos.

Palavras-chave: Modelagem de Informação da Construção. Ferramentas de Gestão. Gerenciamento de Obras. Construção Civil.

ABSTRACT

*In view of the growth in competitiveness in civil construction and due to the delays and losses resulting from the lack of planning and management of constructions, companies need to seek new methodologies for the processes carried out in the civil construction industry. Therefore, this article proposes the implementation of the *BIM* methodology in synergy with the principles of Lean Construction, through data collection and monitoring of activities at the construction site, suggesting proposals for the application of the system in a commercial construction. The aim is to minimize the effects caused by the lack of planning, the implementation of the Lean Construction methodology in the activities performed and also in the *BIM* modeling, which allows the realization of an adequate planning for the construction, with schedule, budget, 3D views, among others. With the analyzes and procedures used, it was possible to verify the real need to carry out the planning of constructions, including management tools, which facilitate in the visualization, evaluation, and perception of the processes.*

Keywords: Building Information Modeling. Management Tools. Construction Management. Civil Construction.

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil sempre busca por inovações. Entre elas, destacam-se as questões relacionadas à segurança, as tecnologias construtivas e o desenvolvimento de materiais. Aliadas às questões supracitadas, em seguida, mas não menos importantes, vêm as tecnologias na produção de projetos e o planejamento das obras (ANGELIM et al., 2020).

De acordo com Netto et al. (2020), estudos realizados apontam que a deficiência no planejamento e controle de obras provocam baixa produtividade, elevadas perdas, decadência na qualidade final dos produtos, não obtenção de lucros e falta de cumprimento de prazos. Tais efeitos provocam reveses no processo (MATTOS, 2010).

Várias pesquisas, tais como a de Filippi e Melhado (2015), identificaram que o planejamento é fundamental para o adequado controle de prazos e custos. Os autores observaram, ainda, que a execução de obras com ausência de técnicas de planejamento, aliadas à gestão de profissionais não habilitados a empregar ferramentas de controle, representam um dos principais motivos para ocorrência de atrasos em empreendimentos. É reportado ainda na literatura que a ausência de planejamento de fato gera comprometimento de prazos, visto que a falta de controle sobre os serviços a serem realizados acarretam baixa produtividade e elevadas perdas de materiais (MATTOS, 2010), o que também compromete os lucros das construtoras. Este cenário está diretamente associado a características culturais do setor da construção civil, que prioriza o emprego de técnicas construtivas tradicionais e produtividade em detrimento à qualidade (NETTO et al., 2020).

Desta forma, destaca-se a importância da modernização do setor da construção civil, a partir da adoção de metodologias e conceitos de gestão (VARGAS; FORMOSO, 2020), visto que o planejamento fornece ao gestor um alto nível de conhecimento sobre o empreendimento, permitindo a detecção de situações desfavoráveis, agilidade nas decisões, otimização na alocação de recursos e definição de metas com custos e prazos mais precisos (MATTOS, 2010).

Uma alternativa para solucionar os problemas decorrentes da falta de planejamento e gestão de obras é a utilização dos conceitos e princípios da Construção Enxuta (SANTOS, 2018) que tem como objetivos principais a redução de desperdícios e aumento de produtividade e eficácia (XING et al., 2021). Esta filosofia foi desenvolvida por Koskela (1992) a partir da adaptação do modelo da produção enxuta do Sistema Toyota de Produção para o setor da construção civil, tendo em vista a necessidade de desenvolvimento de ferramentas de planejamento de obras de fácil implantação e utilização (ANGELIM et al., 2020).

Os princípios da construção enxuta baseiam-se em metodologias que visam o planejamento e o gerenciamento transparente dos processos (ASLAM et al., 2020; SANTOS, 2018). Neste contexto, um conceito de suma importância é o *Building Information Modeling (BIM)* (SHEHZAD, 2020), que, de acordo com Campestrini et al. (2015), surge como uma metodologia para analisar e facilitar o acesso às inovações e mudar a perspectiva de 2D para 3D (MANENTI et al., 2020), diminuindo de forma eficaz as incompatibilidades das diversas disciplinas de projetos. Por ser um sistema totalmente integrado, é possível melhorar e agilizar todo processamento de informações entre os profissionais (COSTA et al., 2021, KATER & RUSCHEL, 2020, WILKISON & JUPP, 2016).

Segundo Nascimento et al. (2017), a gestão da construção em empresas tem a necessidade de assimilar processos, tecnologias e pessoas em benefícios de objetivos táticos. Além das possibilidades de melhoria na produtividade e qualidade em curto prazo, as aplicabilidades de *BIM* permitem mudanças no processo de gestão de projetos (MANENTI et al., 2020), já que proveem serviços necessários para adaptação de uma diversidade de informações, que é um dos princípios essenciais da produção enxuta (NASCIMENTO et al., 2017).

De acordo com Junior et al. (2014), a implementação do *BIM* potencializa a aplicação dos princípios da Construção Enxuta. Um exemplo disso é a utilização do *BIM* para modelagem de projetos, que facilita a visualização de incompatibilização entre as disciplinas e, assim, evitar desperdícios ocasionados por falta de compatibilidade.

Embora o *BIM* possa ser adotado sem as práticas da Construção Enxuta, e vice-versa, a implantação conjunta trará enormes benefícios nas práticas de planejamento e gerenciamento de obras. Utilizando ferramentas tecnológicas, proporciona diminuição de perdas (material, mão de obra), cumprimento de metas e prazos, entre outros (SU et al., 2021; JUNIOR et al., 2014).

Assim, este trabalho propõe a implementação da metodologia *BIM* em conjunto com as aplicações da Construção Enxuta, sugerindo propostas de aplicabilidade do sistema em uma obra comercial, visando ganhos de qualidade, redução de custos e prazos, agilidade, além de contribuir com a disseminação das vantagens da utilização da metodologia *BIM* na construção civil e mostrar que existem ferramentas disponíveis que permitem a redução de perdas e custos se bem aplicadas.

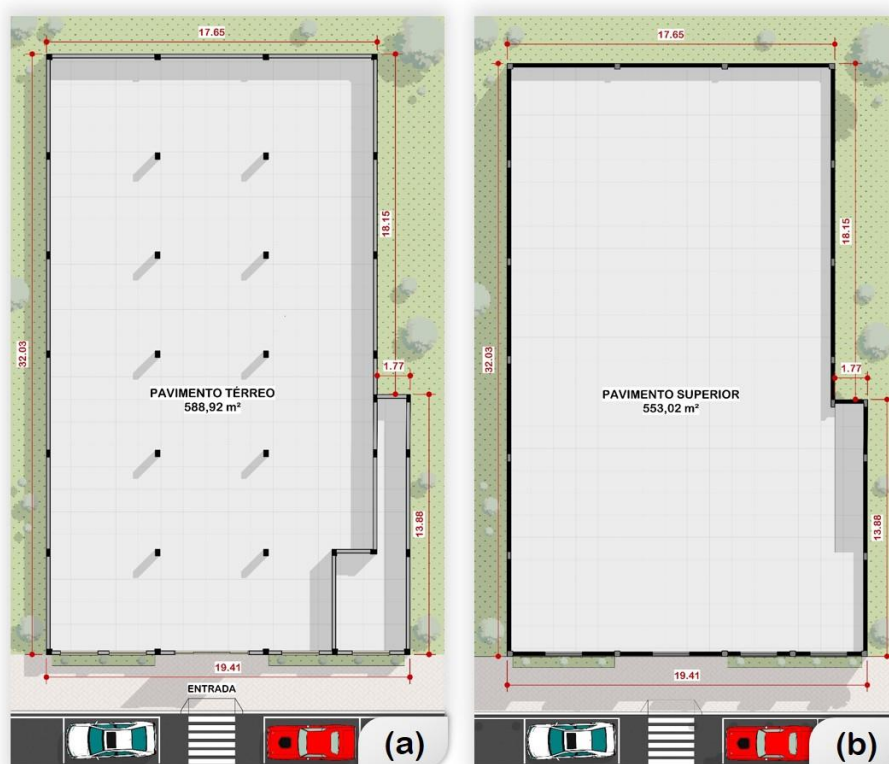
2 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida através de um estudo de caso e buscou elaborar propostas de aplicação da Construção Enxuta (KOSKELA, 1992) e das funcionalidades do *BIM* (BATAGLIN et al., 2018; COSTA et al., 2021), com intuito de implantar o planejamento e o gerenciamento adequado para o bom desenvolvimento dos serviços analisados (AZEVEDO, 2020). A seguir será descrita a construção objeto do estudo e elencados os serviços analisados.

2.1 Material

O objeto do estudo de caso é uma obra comercial com um pavimento térreo e um vertical, localizada no município de Santa Helena de Goiás, com área total de 1.179,32 m². Seus dois pavimentos são denominados pavimento térreo, conforme a Figura 01 (a), e pavimento superior, observado na Figura 01 (b). As fundações foram executadas no tipo tubulão e projetadas em concreto armado moldadas in loco. Já a superestrutura e as alvenarias de vedação foram projetadas em concreto pré-fabricado.

Figura 01: Planta baixa do pavimento térreo (a) e pavimento superior (b).



Fonte: Autoria própria (2021).

Para a elaboração do orçamento referencial desse estudo, foram tomados como base as quantidades, o tempo para cada atividade e as melhorias geradas pelo conceito de gestão *BIM*. Também foram aliados os princípios da construção enxuta (KOSKELA, 1992). Os valores foram obtidos através de consulta à tabela de custo referencial desonerada da GOINFRA (Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes), com data base de 04/2019. Já para serviços não referenciados, foram utilizadas as cotações de mercado de três empresas distintas, utilizando os valores de cotação para calcular a média de preço, como valor final para tais serviços.

A empresa vencedora para a execução do objeto será denominada contratada ou Empresa X. Foi a que ofertou a proposta mais vantajosa quanto ao preço e, por isso, foi contratada para realizar o objeto desse estudo, contemplando os seguintes itens: serviços preliminares, infraestrutura, superestrutura, alvenaria e cobertura da edificação. Os projetos arquitetônicos e complementares foram fornecidos pela contratante.

Durante a implantação da obra, alguns problemas foram encontrados, tais como: falta de estudo de impacto de vizinhança, falta de estudo prévio para decisão do método executivo de fundação e gerenciamento das atividades (SANTOS, 2018). Do contrato previsto, foram acompanhados e executados os seguintes serviços: os serviços preliminares, as fundações, a montagem da superestrutura e as alvenarias de vedação. Os serviços foram executados obedecendo a ordem de entrega das peças pré-moldadas de acordo com a logística; a partir daí, foi determinada a quantidade de operários admitidos para realização dos serviços, sendo 3 para executar fundação, pilares, vigas e lajes e outros 3 (três) para montagem de paredes, totalizando 6 (seis) operários.

2.2 Métodos

2.2.1 Levantamento de Dados

Para o levantamento dos dados foi realizado o acompanhamento das atividades no canteiro de obra desde a data de início até a conclusão dos serviços verificados. De acordo com o cronograma definido entre as partes envolvidas, a execução da obra teria início no dia 27/02, sendo o prazo de execução de 90 dias. No entanto, devido à ocorrência dos imprevistos citados, os serviços iniciaram-se no dia 24/07 do mesmo ano. O acompanhamento das atividades em campo foi realizado a partir da elaboração de diários de obra. Foram elaboradas fichas de registro para supervisão dos serviços em andamento, registrando-se os prazos de execução, os operários envolvidos e demais ocorrências relevantes para o adequado controle das atividades. Tal execução inicialmente não contava com cronograma físico-financeiro detalhado das atividades, apenas um orçamento preliminar dos serviços e uma previsão de prazo de aproximadamente 90 dias úteis para finalização da obra e do contrato.

2.2.2 Levantamento de Melhorias

No início das atividades, os processos que seriam realizados foram analisados a fim de propor melhorias na execução da obra; em geral, realizou-se um estudo a fim de determinar como os princípios da construção enxuta poderiam ser implantados de tal forma a melhorar o desempenho do cronograma físico-financeiro, bem como inserir a metodologia *BIM* como ferramenta de gestão (JUNIOR et al., 2014; MATOS, 2010, KOSKELA, 1992).

É importante salientar que, para a implementação das ferramentas citadas, faz-se necessário um período de adaptação destas metodologias (ASLAM et al., 2020; SILVA & ZAFALLON, 2019; LIMA, 2018). Portanto, as sugestões de melhoria foram realizadas de forma gradual e adotadas conforme a viabilidade técnica e econômica observada em campo, visto que o prazo de execução da obra era reduzido e ainda havia os impasses referentes à falta de planejamento (SANTOS, 2018; MATOS, 2010).

A fim de verificar como as soluções propostas impactariam nos custos e prazos da obra se implantadas desde o início dos serviços (SILVA & ZAFALLON, 2019; FILIPE & MELHADO, 2015), realizou-se a comparação entre os dados levantados em campo e os dados gerados a partir do emprego das simulações computacionais (COSTA et al., 2021).

2.2.3 Planejamento

Uma vez que a obra não apresentava um planejamento do empreendimento, tampouco o cronograma físico-financeiro, a solução local foi determinada a partir de cada atividade (AZEVEDO, 2020; SILVA & ZAFALLON, 2019), levando em consideração a composição e os custos unitários dos serviços levantados. Tais serviços foram controlados através de modelagem, empregando as ferramentas *BIM* (CAMPESTRINI et al., 2015) e adotando soluções que se enquadrassem nos princípios da Construção Enxuta (KOSKELA, 1992), tanto para o planejamento quanto para o gerenciamento da execução, com intuito de verificar perdas ou ganhos utilizando as ferramentas de gestão aqui propostas.

2.2.4 Modelagem

Para a modelagem das informações dos projetos optou-se pela utilização do Revit. O Naviswork, também em versão educacional, foi adotado para desenvolver mecanismos necessários para coordenação e execução do planejamento da obra. A modelagem em diversas dimensões é um diferencial do *BIM* (SU et al., 2021), onde é possível acrescentar informações pertinentes ao longo da vida da edificação, tais como o melhor detalhamento das etapas da obra, o cronograma, o custo, entre outras (VOLK et al., 2014).

O software Revit foi utilizado para a modelagem dos projetos de arquitetura, estrutura e fundação, e obtenção de quantitativos que serviram como base para orçamentação. O software Naviswork foi utilizado para obter a dimensão do tempo, ou seja, o cronograma e a simulação das etapas da obra, bem como a compatibilização dos projetos. Através do dimensionamento do tempo, em que as atividades construtivas foram relacionadas com as determinadas datas e condicionadas a predecessores em um cronograma, realizando as simulações, as quais descrevem de forma gráfica o andamento da obra em tempo real, podendo prever falhas no cronograma e otimizar o sequenciamento de atividades, facilitando o gerenciamento da obra (CAMPESTRINI et al., 2015).

De forma geral, a modelagem foi utilizada para extrair o quantitativo dos materiais, informações essenciais para obtenção de custos e prazos, estudo de predecessores das sequências construtivas, melhorias na logística de canteiro de obra e simulação de alternativas tecnológicas. Tais medidas foram implantadas com o objetivo de auxiliar na produtividade e melhorar a execução de serviços (LÓPEZ et al., 2018; FILIPPI & MELHADO, 2015; EASTMAN, et. al., 2014).

2.2.5 Princípios da Construção Enxuta

A partir da análise dos projetos e do levantamento de dados foi elaborada a proposta da modelagem em *BIM* (WILKISON & JUPP, 2016) utilizando recursos da Construção Enxuta (BATAGLIN et al., 2018; KOSKELA, 1992), bem como a implantação dos princípios dentro do canteiro de obra, a fim de minimizar os efeitos causados pela falta de planejamento (SILVA & ZAFALLON, 2019), buscando evidenciar cada vez mais a importância de se planejar e gerir uma obra adequadamente (MATOS, 2010).

2.2.6 Análise de custos e prazos

A partir da modelagem foi realizada a estimativa de custo e prazo da obra (NASCIMENTO et al., 2017), fazendo um parâmetro direto do que foi proposto e, assim, mostrar as informações confrontantes com os dados iniciais fornecidos. A partir dos projetos de arquitetura, fundação e estrutura, foram realizados os quantitativos dos projetos no software Revit e, assim, foi possível anexar os custos para gerar o orçamento (ANDRADE et al., 2021; MATTANA & LIBRELOTTO, 2018).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Levantamento dos dados

O orçamento fornecido inicialmente pela contratada para os serviços analisados na pesquisa, que foram efetivamente executados, segue descrito na Tabela 01. Através desses dados é possível obter um comparativo entre o proposto e o que foi desenvolvido através do levantamento de dados e modelagem *BIM*.

Tabela 01: Orçamento executivo da Empresa X

Item	Atividade	Valor (R\$)
1	Limpeza do terreno, locação e terraplanagem	22.100,00
2	Fundação e estrutura em concreto armado no local	114.500,00
3	Laje de concreto pré-moldado	122.515,00
4	Construção em painéis alveolares de concreto	183.580,00
TOTAL (R\$)		442.695,00

Fonte: Autoria própria, adaptado da Empresa X (2021)

A proposta foi aplicar a realização do planejamento da obra utilizando a metodologia *BIM* em conjunto com os princípios da Construção Enxuta, respectivamente, tanto no planejamento quanto no gerenciamento (COSTA et al., 2021; NASCIMENTO et al., 2017).

É importante ressaltar que outros serviços seriam desenvolvidos, tais como sistema de cobertura, contra piso e escada, porém, com o não cumprimento das atividades no prazo determinado pelo contratante, a contratada teve seu contrato suspenso, executando apenas as atividades mencionadas nesse estudo. Assim, foram modeladas e utilizadas para realização do cronograma e do orçamento apenas as atividades que foram acompanhadas no canteiro de obra durante o a vigência do contrato da Empresa X.

3.1.1 Levantamento de problemática e melhorias

Com a utilização de um sistema de planejamento, os problemas foram minimizados; entretanto, a falta de planejamento preliminar dificultou o acompanhamento das atividades. A falta de conhecimento pleno da obra e dos serviços a serem desenvolvidos (SILVA, 2020), tais como estudo prévio do local, condições vizinhas, impactos ambientais e sociais gerados, entre outros, foram fundamentais para o insucesso do contrato.

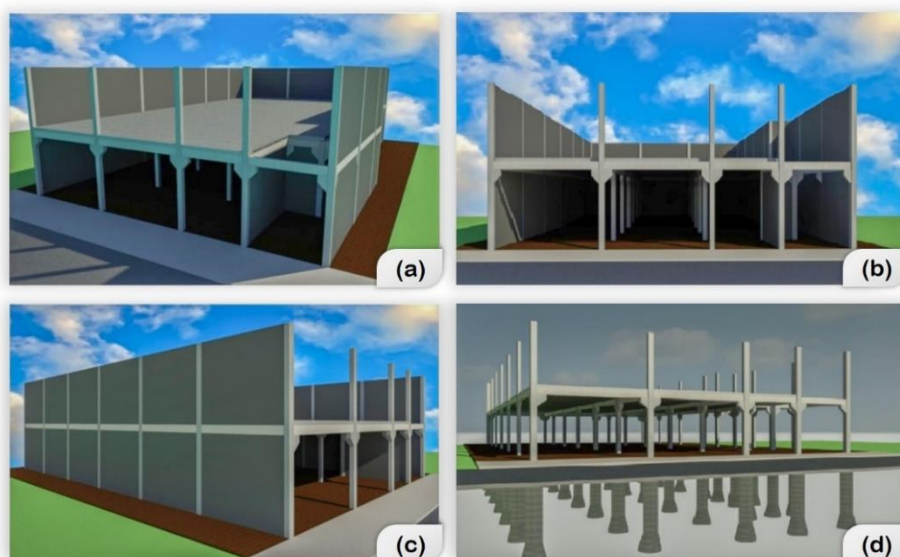
Com a utilização do *BIM* e dos princípios da Construção Enxuta prévios, seria possível adquirir conhecimento dos diversos aspectos que interferem no planejamento e gerenciamento da obra e, assim, ter possibilidades efetivas de sanar os problemas encontrados no decorrer da obra e obter otimização dos processos e atividades. O intuito aqui é verificar a execução da obra de forma real e compará-la com a possibilidade de melhorias aplicando as técnicas aqui mencionadas, uma vez que tais técnicas não fazem parte da rotina da Empresa X.

3.2 Planejamento

3.2.1 Modelagem

Conforme proposto, foi feita a modelagem 3D do projeto de arquitetura, estrutura e fundação, a fim de dar maior visualização do que será executado (ANDRADE, et al., 2021). As Figuras 02(a), (b), (c) e (d) ilustram as modelagens realizadas no software Revit.

Figura 02: Perspectiva frontal com lateral esquerda (a), perspectiva frontal (b), perspectiva lateral direita com a frente (c), perspectiva frontal com lateral esquerda identificando os elementos estruturais (d).



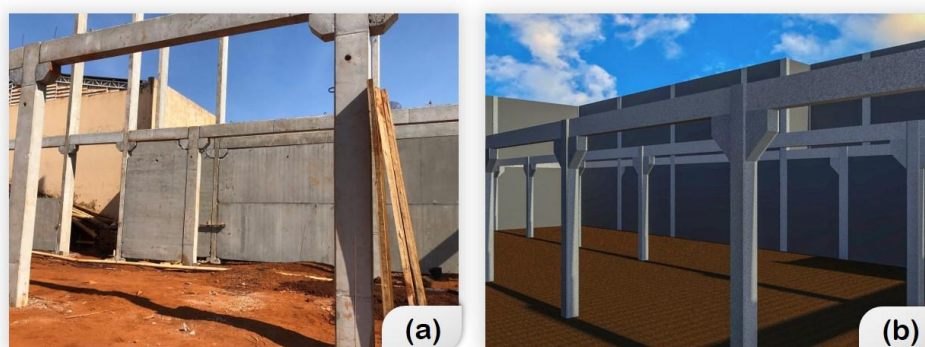
Fonte: Autoria própria (2021).

As Figuras 02 (a), (b) e (c) possibilitam uma melhor visualização da obra, uma vez que as perspectivas permitem a visualização realística da construção, evidenciando maior riqueza de detalhes. Já a Figura 02 (d) apresenta a identificação dos elementos estruturais de uma forma mais

detalhada, auxiliando na compatibilização de cada etapa complementar – no caso em questão, o desenvolvimento estrutural.

No primeiro momento, a modelagem tridimensional permite ao cliente melhor visualização, garantindo assim mais transparência ao processo, de forma que o cliente consiga observar de forma clara o objeto ou a edificação que irá receber. A Figura 03 demonstra o projetado (b) *versus* o realizado (a). Por meio da Figura 03 (b), o cliente consegue ter a visão real de como ficará a construção, verificando se atende sua necessidade, evidenciando um dos princípios da construção enxuta que é “aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes”, uma vez que a prévia visualização sana dúvidas e estimula o bom andamento da negociação, além de minimizar gastos desnecessários na obra (JUNIOR et al., 2014). A modelagem é muito próxima da realidade, como é possível observar nas Figuras 03(a) e 03(b).

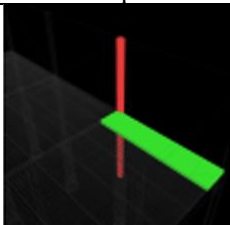
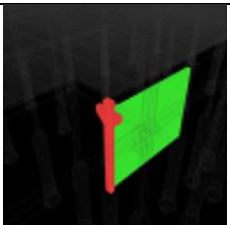
Figura 03: Execução dos elementos estruturais e dos painéis de vedação (a) e modelagem 3D dos elementos estruturais e dos painéis de vedação (b).



Fonte: Autoria própria (2021).

O software Naviswork foi utilizado para realizar as compatibilizações entre os projetos, para que se tivesse um projeto sem interferências entre si (JUNIOR et al., 2014), bem como para evitar que fossem entregues aos fabricantes de pré-moldados as informações com erros de medidas das peças. Foram realizadas as compatibilizações entre fundação-pilar, pilar-laje, pilar-parede, pilar-viga, viga-laje e viga-parede. A Tabela 02 exemplifica dois casos de conflitos, sendo um pilar-viga com deslocamento de 0,110 m e um pilar-painel com deslocamento de 0,335 m. Através dessa análise, possibilitou evitar a chegada de peças inadequadas, evitando assim o retrabalho, que é um dos princípios da construção enxuta (KOSKELA, 1992).

Tabela 02: Incompatibilidades entre elementos estruturais e entre elementos de vedação.

	
Conflito: Pilar-viga	Conflito: Pilar-painel de vedação
Deslocamento: 0,110 m	Deslocamento: 0,335 m

Fonte: Autoria própria (2021).

Foram identificadas várias incompatibilidades com relação às medidas das peças, entre pilares e vigas, e também entre paredes e pilares, similares às apresentadas na Tabela 02. Ao verificar as incompatibilidades, os projetos foram ajustados. Assim, realizou-se as correções de forma rápida e com precisão, devido à rápida visualização das interferências facilitadas pelo software Naviswork (KYMMEL, 2008).

O levantamento de quantitativo foi realizado através do software Revit, bem como o orçamento final dos serviços prestados até a data de prazo final do contrato, conforme exposto na Tabela 03,

a qual também será discutida posteriormente para fins comparativos. Alguns valores foram utilizados de acordo com a tabela GOINFRA 04/2019 (Ano corrente da execução da obra) e outros, obtidos através de cotações.

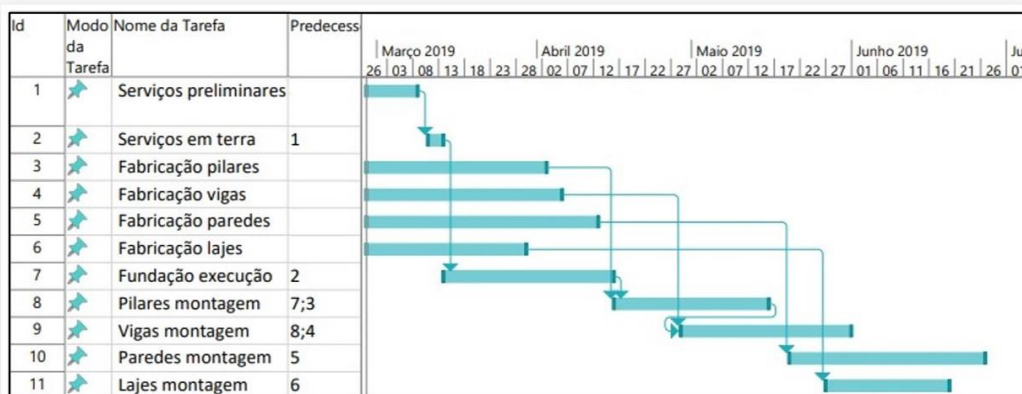
Tabela 03: Orçamento.

Código	Descrição dos serviços	Unidade	Quantidade	Valor unitário Serviço (R\$)	Valor total (R\$)
Serviços preliminares					
021301	Placa de obra	m ²	3,60	135,83	488,99
020190	Limpeza mecânica	m ²	697,60	0,14	97,66
020701	Locação	m ²	697,60	2,86	1.995,14
020400	Ligação provisória de água	un.	1	2.025,10	2.025,10
020501	Ligação provisória luz e força – PD. Goinfra	un.	1	2.682,67	2.682,67
020600	Tapume	m ²	42,64	35,42	1.510,31
Serviços em terra					
041004	Escavação mecânica	m ³	90	1,29	116,10
041006	Transporte	m ³ .km	450	1,56	702,00
Fundação					
051001	Escavação tubulão	m ³	116,62	162,30	18.927,43
Cotação	Armação e concretagem de tubulão	m ³	116,62	963,00	112.305,06
Estrutura pré-moldada					
Cotação	Pilar 30x30 cm 2 consoles, 8,7 m	pç	4	1.381,69	5.526,76
Cotação	Pilar 30x30 cm 3 consoles, 8,7 m	pç	5	1.583,34	7.916,83
Cotação	Pilar 35x25 cm 2 consoles, 4,7 m	pç	10	936,97	9.369,70
Cotação	Pilar 35x25 cm 2 consoles 90°, 4,7 m	pç	1	924,26	924,26
Cotação	Pilar 35x25 cm 3 consoles, 4,7 m	pç	1	1.113,21	1.113,21
Cotação	Pilar 40x20 cm 2 consoles, 8,7 m	pç	9	1.229,21	11.062,92
Cotação	Pilar 40x20 cm 2 consoles 90°, 8,7 m	pç	1	1.280,04	1.280,04
Cotação	Pilar 40x20 cm 2 consoles, 4,7 m	pç	1	822,61	822,61
Cotação	Pilar 40x20 cm 3 consoles, 8,7 m	pç	2	1.456,28	2.912,56
Cotação	Viga 40x20 cm	m ³	13,62	1.270,63	17.305,98
Cotação	Laje	m ²	61,02	801,06	48.880,68
Alvenaria de vedação					
Cotação	Parede pré-moldada	m ³	133,72	1.270,63	169.908,64
Mão de obra e frete pré-moldados					
Cotação	Mão de obra	obra	1	55.333,25	55.333,35
Cotação	Frete	obra	1	51.452,81	51.452,81
Administração					
250101	Engenheiro civil	h	170	58,50	9.945,00
TOTAL (R\$)					534.605,81
TOTAL COM BDI (25,92%)					673.175,64

Fonte: Autoria própria (2021)

Com o levantamento de materiais e serviços e os quantitativos do orçamento finalizados, determinou-se os prazos de cada atividade. Assim, através dos predecessores, realizou-se a elaboração do cronograma físico-financeiro, desenvolvida através do software MS Project e posteriormente inserido no Navisworks, conforme exposto na Figura 04, onde é possível visualizar os prazos de cada atividade e os serviços subsequentes.

Figura 04: Gráfico de Gantt.



Fonte: Autoria própria (2021).

É indispensável a utilização de um cronograma físico-financeiro (Tabela 04), independentemente da obra, pois é uma ferramenta de gestão muito importante para garantir êxito do planejamento, evitando que haja problemas com orçamento e prazos (MATTOS, 2010).

Tabela 04: Cronograma Físico-financeiro.

Nome	Duração (dias)	Início	Término
Serviços preliminares	5	27/02	08/03
Serviços em terra	3	11/03	13/03
Fabricação-pilares	22	27/02	02/04
Fabricação-vigas	25	27/02	05/04
Fabricação-paredes	30	27/02	12/04
Fabricação-lajes	20	27/02	29/03
Fundação	23	14/03	15/04
Montagem-pilares	20	16/04	15/05
Montagem-vigas	25	29/04	31/05
Montagem-paredes	26	20/05	26/06
Montagem-lajes	18	27/05	19/06

Fonte: Autoria própria (2021).

3.2.2 Construção Enxuta

A Construção Enxuta foi utilizada para elaborar propostas de melhorias a serem adotadas durante a execução das tarefas no canteiro de obra e no desenvolvimento das modelagens em *BIM*, tanto na modelagem 3D quanto no levantamento de quantitativo, orçamento, cronograma e compatibilização (ANDRADE et al., 2021; MATTANA & LIBRELOTTO, 2018). Visando implantar melhorias na execução dos serviços, foi proposta aos operários a utilização dos princípios da Construção Enxuta durante o gerenciamento da obra (KOSKELA, 1992), a fim de minimizar os efeitos causados pela falta de planejamento. São apresentadas no Quadro 01 as propostas adotadas para solucionar os problemas encontrados no levantamento de melhorias.

Quadroz 01: Aplicação dos princípios da Construção Enxuta no canteiro de obra.

Princípio	Atividade aplicada	Aplicação proposta	Resultado
-----------	--------------------	--------------------	-----------

<p>1- Reduzir a parcela das atividades que não agregam valor</p>	<p>Fundação</p>	<p>Utilizar vibradores portáteis na concretagem dos tubulões.</p>	<p>Adensamento adequado do concreto, de acordo com a NBR 14931:2004, obtendo resistência, durabilidade e uniformidade do concreto, o que exclui a necessidade de custos extras e perdas.</p>
<p>2- Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes</p>	<p>Equipes interna e externa</p>	<p>Equipe de montagem (clientes internos) de pilares e vigas ter consciência da necessidade da conclusão do trabalho para iniciar o trabalho da equipe de paredes, mantendo os prazos adequados do serviço de acordo com o contrato com cliente; possibilidade de o contratante (cliente externo) mudar o layout do empreendimento, desde que houvesse comunicação entre os projetistas.</p>	<p>Conscientização dos funcionários conforme as necessidades da obra, mantendo a equipe bem informada e com conhecimentos adequados acerca dos processos e necessidades do cliente (INHUMA, 2017).</p>
<p>3- Reduzir a variabilidade</p>	<p>Fundação e peças pré-moldadas</p>	<p>Utilização de peças pré-moldadas; utilização de concreto usinado; ter todas as peças enumeradas segundo projeto para eliminar retrabalho na hora da montagem; controle das atividades de acordo com a ficha de serviço; fazer montagem correta para que não tenha retrabalho.</p>	<p>Otimização do tempo de descarga das peças para 45 minutos, antes executado em 1 hora e meia, sendo possível planejar e realizar as atividades em tempo adequado, mantendo controle na duração da atividade (NASCIMENTO et al., 2017); facilidade de controle dos serviços (KOSKELA, 1992); exclusão de retrabalho devido às peças identificadas, mantendo o tempo de execução o mais estável possível (AZEVEDO, 2020).</p>
<p>4- Reduzir o tempo de ciclo</p>	<p>Fundação e peças pré-moldadas</p>	<p>Propostas de otimização no transporte e manuseio do concreto usinado nas fundações; proposta de planejamento das atividades conjuntamente e em tempos menores; ter as peças em estoque para que não haja necessidade de esperar que cheguem de outra cidade.</p>	<p>Redução do tempo de transporte e manuseio do concreto em cerca de 30 minutos; realização da atividade de fundação em tempo hábil devido ao uso de concreto usinado (SANTOS, 2018); estoque de material permitiu a redução do tempo das atividades de produção, uma vez que não era necessário esperar a chegada das peças.</p>
<p>5- Simplificar o processo através da redução do número de passos ou partes</p>	<p>Fundação e peças pré-moldadas</p>	<p>Definir um fluxo para o caminhão de concretagem não perder tempo em manobras; utilização das peças pré-moldadas.</p>	<p>Estudo do layout do canteiro e proposta de manobra do caminhão (SANTOS, 2018) sendo executada em 3 minutos, antes executada em 6 minutos; a utilização das peças pré-fabricadas de concreto permitiu a diminuição dos passos, uma vez que não era necessária a montagem de armação e concretagem <i>in loco</i> (SINGH & KUMAR, 2020).</p>
<p>6- Aumentar a flexibilidade de saída</p>	<p>Equipes interna e externa</p>	<p>Ter uma equipe de montagem que executa diferentes funções (tubulões e montagem de pilares,</p>	<p>Não foi necessário utilizar mão de obra adicional para execução de tarefas, possibilitando a não</p>

		vigas e lajes), podendo satisfazer diversas exigências sem precisar contratar outra mão de obra.	alteração de custo ao cliente (ANDRADE et al., 2021).
7- Aumentar a transparência do processo	Equipes interna e externa, peças pré-moldadas	Todos os elementos identificados com o número e a medida; ter comunicação interna entre os operários e a estagiária, bem como com as empresas terceirizadas; utilização de fitas e cones sinalizadores para não haver problemas na entrada dos caminhões de montagem; melhoria nas atividades de organização e limpeza do canteiro.	Exclusão de retrabalho (AZEVEDO, 2020) devido a peças identificadas e identificação de erros antecipadamente; fácil comunicação e rápida resolução dos problemas com a equipe (INHUMA, 2017); otimização da entrada de caminhões de montagem em cerca de 5 minutos sem que houvesse perda de tempo, o que antes demorava de 10 a 15 minutos; obra com limpeza e sinalização adequada, permitindo transparência nas informações (SANTOS, 2018).
8- Focar no controle no processo global	Equipes interna e externa	Reunião com as empresas terceirizadas para respeitar o prazo de entrega; ter sempre boa comunicação entre a contratante e as demais empresas prestadoras de serviço.	Respeito e tentativa de entregas no prazo (FILIPPI & MELHADO, 2015); fornecimento de concreto usinado de acordo com a necessidade.
9- Introduzir melhoria contínua no processo	Equipes interna e externa	Identificação de problemas e propostas imediatas para saná-los; reuniões semanais entre operários e estagiária, bem como com o engenheiro responsável.	Foram realizadas as reuniões e os problemas identificados eram relatados para resolução através de comunicação interna eficaz, desenvolvendo respeito e motivação nos funcionários (INHUMA, 2017).
10- Manter um equilíbrio entre as melhorias nos fluxos e nas conversões	Equipes interna e externa	Proposta de mapeamento de fluxo de forma ilustrativa para analisar e melhorar os passos necessários para entrega da obra no prazo.	O mapeamento de fluxo era apresentado às equipes para que fossem seguidos os passos adequados da execução e ordem de atividades (SANTOS, 2018).
11- Referências ou “Benchmarking”	Equipes interna e externa	Estabelecimento de metas semanais e planos de ação para atingi-las; conhecimento dos processos internos.	Apresentação dos processos internos da empresa para os operários de empresas externas com facilidade de comunicação e mantendo incentivo e motivação aos funcionários envolvidos (INHUMA, 2017).

Fonte: Autoria própria, adaptado de Koskela (1992) e Santos (2018).

Diariamente, foram propostas melhorias a serem adotadas em cada serviço; dessa forma, foi possível a implantação dos princípios da Construção Enxuta (KOSKELA, 1992). As adoções foram tomadas de forma gradual e de acordo com a possibilidade de comunicação e compreensão dos trabalhadores e empresas envolvidas. Com a introdução desses princípios foi viável amenizar os problemas encontrados e melhorando o desenvolvimento da obra.

Na execução do serviço de fundação verificou-se resultados positivos em função do tempo da atividade, uma vez que esta foi desenvolvida dentro do cronograma proposto inicialmente pela empresa. Tal fato se deu pela adoção das propostas de acordo com o Quadra 01.

Inicialmente, verificou-se o atraso da chegada do caminhão fornecedor de concreto; diante disso, foram realizadas reuniões com a empresa responsável para alinhamento de horários para fornecimento do concreto seguindo a demanda da obra, bem como a utilização de mais de um caminhão para concretagem a fim de otimizar o tempo. Também foi observada a perda de tempo

do caminhão para realizar manobras dentro da obra, o que demorava cerca de 6 minutos. Com um estudo do layout do canteiro e das possibilidades de tráfego do caminhão, diminuiu-se para 3 minutos o tempo para manobrar e estacionar e, assim, iniciar a concretagem. Com a ficha de verificação de serviço, possibilitou o controle dos tubulões já concretados e do planejamento de concretagens diariamente, conforme disponibilidade da empresa fornecedora e da obra (SANTOS, 2018).

Com a identificação do atraso da fabricação e entrega das peças pré-moldadas foram realizadas reuniões com todas as empresas envolvidas no fornecimento das peças pré-moldadas (vigas, pilares, painéis de vedação e lajes) para que fornecessem funcionários que executassem mais de uma tarefa, com o intuito de abranger diversos serviços com a mesma mão de obra, excluindo a necessidade de procura de mão de obra adicional (ANDRADE et al., 2021).

Com a falta de identificação correta das peças pré-moldadas foi verificada perda de tempo para encontrar as peças compatíveis com o projeto para utilização, bem como a necessidade de retrabalho por conta da montagem e içamento de peças erradas no local. Dessa forma, foi proposta a identificação de todas as peças conforme nomeação do projeto, fazendo com que se otimizasse o tempo de descarga no local adequado e montagem, sem que houvesse necessidade de retrabalho. Assim, foi identificada a diminuição do tempo de descarga das peças. Conforme observado em campo e realizando medições, o que antes levava mais de 1 hora e 30 minutos passou a ser realizado em cerca de 45 minutos. Também foi identificado melhor fluxo para montagem.

As propostas foram adotadas nas demais atividades, porém, em função de outros fatores, tais como tempo de fabricação das peças, frete e dificuldade de início dos serviços devido a problemas iniciais, os serviços não foram executados em tempo hábil (KOSKELA, 1992).

A aplicação da Construção Enxuta na modelagem, segundo Sacks et al. (2010), pode ser observada de acordo com as funcionalidades *BIM*, como exposto a seguir no Quadro 02.

Quadro 02: Aplicação dos princípios da Construção Enxuta na modelagem *BIM*.

Construção Enxuta	Funcionalidade <i>BIM</i>
1	A possibilidade de simulação das etapas da obra faz com que haja percepção das atividades desnecessárias no canteiro.
2	Possibilidade de mudança de projeto de forma automática, de acordo com a pessoalidade do contratante.
3	Como as informações são geradas de forma conjunta e automática, tem a possibilidade da uniformidade das informações.
4	Possibilidade de geração automática de tarefas, simulação dos processos de construção, visualização do planejamento da obra, fazendo com que pudesse prever problemas futuros.
5	Projeto de pré-fabricado realizado em <i>BIM</i> , reduzindo a possibilidade de erros de produção das peças e assim, reduzindo o número de etapas de produção.
6	Possibilidade de mudanças bruscas no projeto, como feito inicialmente pela empresa contratada, sem que haja problemas de custos.
7	Opção de visualização 3D dos projetos; visualização das incompatibilidades entre os projetos e entre a edificação; visualização 4D e 5D.
8	Ter um sistema de processos não fragmentados e sempre interligados entre si.
9	Com a utilização do planejamento (4D), a comunicação múltipla da equipe se torna mais fácil para a tomada de decisões, podendo gerar alternativas de planejamento de forma rápida, caso haja necessidade.
10	Utilização do modelo 4D e 5D para as atividades de planejamento e controle e orçamentação, sendo possível realizar correções.
11	Possibilidade de conhecer todos os processos internos e poder alterar de forma rápida.

Fonte: Autoria própria, adaptado de Koskela (1992) e Sacks et al. (2010).

A aplicação dos princípios da Construção Enxuta no planejamento em *BIM* foi proposta e aplicada de acordo com as necessidades de desenvolvimento de um planejamento adequado para a obra. Sendo assim, seguindo as funcionalidades *BIM*, foram implantados os princípios da Construção

Enxuta a fim de exemplificar e deixar explícita a eficácia da utilização das ferramentas de gestão disponíveis para o planejamento e gerenciamento da obra, segundo exposto na Tabela 06.

3.3 Análise de custos e prazos

Realizando cronograma físico-financeiro, bem como o orçamento da obra, conforme Tabela 03 exposta anteriormente, foi realizado um comparativo de orçamento e prazo da empresa contratada com o orçamento e prazo obtido através do *BIM*. Seguem os comparativos na Tabela 05 e Tabela 06, a seguir.

Tabela 05: Orçamento da empresa versus orçamento do trabalho.

	Empresa X	BIM
Total (R\$)	442.695,00	673.175,64
Fundações/estruturas (R\$)	237.015,00	300.127,86
Serviços preliminares (R\$)	22.100,00	12.110,95
Painéis de concreto (R\$)	183.580,00	13.948,96
Mão de obra e frete (R\$)	Não orçado	134.465,13
Administração (R\$)	Não orçado	12.522,74

Fonte: Autoria própria (2021).

Tabela 06: Prazo real da empresa versus prazo do trabalho.

Prazo Empresa X (meses)	Prazo BIM (meses)
8	3

Fonte: Autoria própria (2021).

Segundo os dados obtidos através da orçamentação, pôde-se perceber discrepância entre o valor total fornecido pela Empresa X e o total fornecido através da utilização do *BIM*, sendo essa diferença no valor de R\$ 230.480,64 a menos do quantitativo e dos preços, representando 52,06% do valor contratado observado através da comparação entre o orçado pela Empresa X e o planejado pelas ferramentas técnicas e de gestão *BIM*. Tal fato se deu, em parte, pela desconsideração dos valores de frete e de mão de obra pela Empresa X, bem como levantamento dos valores de administração e valores em relação aos materiais a serem fornecidos, além da falta de BDI no valor final do orçamento.

Conforme observado na Tabela 07, os valores das fundações e elementos estruturais através do apresentado pela Empresa X possuem variação de R\$ 63.112,86 a menos, comprovando uma discrepância entre o que foi apresentado pela contratada e o planejado através das cotações realizadas pela média entre os fornecedores cotados.

Já os valores dos serviços preliminares se diferenciam em R\$ 9.989,05 a menos do valor ofertado pela Empresa X quando comparado ao orçado em *BIM*. Tal fato pode ser explicado pela falta de detalhes do orçamento da contratada e a discrepância de parâmetros de serviços e mão de obra a serem utilizados para apresentação dos valores. Os valores dos painéis de concreto excederam em R\$ 30.368,96 do valor obtido através das cotações realizadas e levantamentos em *BIM*, o que pode ser explicado pela possibilidade da diferença de valor de material, tais como concreto e aço, e diferença entre cotação de fornecedores distintos.

Com a diferença entre os valores da Empresa X e o orçamento em *BIM* é possível perceber a importância do planejamento e levantamento adequado do quantitativo para se obter um orçamento final compatível com a realidade da obra (ANDRADE et al., 2021), considerando mão de obra, material, frete, gastos administrativos e outros serviços que se fazem necessários. Desta forma, é possível oferecer um atendimento aos clientes da forma mais clara e real possível, sem que haja custos adicionais não previstos inicialmente, ou gastos desnecessários e excessivos que possam ocasionar na falta de recursos financeiros e a não conclusão da obra.

De acordo com o prazo inicialmente proposto pela Empresa X, foi realizado o planejamento das atividades através do *BIM* com 3 meses de duração, considerando as variáveis que pudessem agregar na melhor execução das atividades, conforme princípios da Construção Enxuta (KOSKELA, 1992), como exposto na Tabela 05. Porém, em razão das intercorrências encontradas para a execução da obra, a Empresa X executou os serviços em 8 meses, devido ao atraso do início das atividades em virtude da falta de estudo prévio do local, aos erros de dimensão das

peças fabricadas por conta de erros de compatibilização de projeto, à falta de mão de obra especializada, atraso no transporte das peças pré-fabricadas e mudanças repentinas de projeto. Verificou-se a eficácia da utilização da metodologia *BIM* para o desenvolvimento de cronograma físico-financeiro, podendo evitar estouro de orçamento e de prazo, afetando diretamente no desenvolvimento dos serviços a serem prestados (NASCIMENTO et al., 2017). Sendo assim, destacou-se ainda mais a necessidade de um planejamento e mostrou-se que, embora alguma empresa ofereça o menor custo, não quer dizer que isso acarretará serviços executados de forma adequada. Neste caso, apesar do valor do orçamento mais elevado da empresa, observou-se prazos mais longos e incapacidade de finalizar a obra devido à má qualidade de gestão. Com a possibilidade de implantação dos princípios da Construção Enxuta durante a obra, foi realizada a execução das fundações dentro do prazo previsto através do cronograma desenvolvido no *BIM*, mas algumas atividades foram realizadas fora desse prazo desenvolvido em decorrência dos problemas encontrados. A oportunidade de verificação dos prazos executados e dos prazos previstos foi identificada devido ao uso do diário de obra digital e das fichas de serviços realizadas durante o acompanhamento (MATTOS, 2010).

Tabela 07: Verificação de prazo de execução das atividades.

Atividade	Prazo realizado pela Empresa X (dias)	Prazo <i>BIM</i> (dias)
Serviços preliminares	40	10
Fundações	23	23
Pilares	42	20
Vigas	45	25
Paredes	65	38

Fonte: Autoria própria (2021).

A Tabela 07 exemplifica o prazo realizado pela Empresa X de cinco atividades diferentes, sendo elas: serviços preliminares, execução de fundação, montagem de pilares, vigas e paredes de concreto.

A fase de serviços preliminares foi realizada com 30 dias a mais do que o previsto pelo *BIM*, o que é explicado pela falta de preparação das ligações provisória de energia e de água, falta de estudo prévio do local para conhecimento pleno e conseqüentemente execução da locação da obra, falta de projetos compatíveis com as medidas do terreno, o que atrasou o início das atividades preliminares.

A execução das fundações foi realizada dentro do prazo, graças à adoção de estratégias para otimização da atividade, seguindo os princípios da Construção Enxuta (KOSKELA, 1992), tais como: utilização de concreto usinado, horários agendados para fornecimento do concreto entre a empresa contratada e a Empresa X e determinação de fluxo para o caminhão de concretagem dentro da obra.

Já a montagem de pilares e vigas não seguiram o prazo determinado em *BIM*, com as montagens de pilares excedendo em 22 dias e de vigas em 20 dias, em decorrência dos erros de fabricação das peças por conta das incompatibilidades de projeto, o que dificultava o sequenciamento do trabalho e, conseqüentemente, a pausa das atividades, bem como a falta de planejamento de fabricação para entrega das peças, o que acarretou atraso no fornecimento e transporte para a obra. Como as vigas e pilares eram fabricadas pelo mesmo fornecedor, atraso e problemas ocorreram em ambas as atividades da mesma forma.

Na montagem das paredes houve o atraso de 27 dias. O que impossibilitou a execução do trabalho em tempo hábil e planejado foi a diferença de tamanho entre as peças e o vão para montagem, o que exigiu o corte das paredes para encaixe, gerando maior gasto com ferramentas e readequação da mão de obra disponível. Além disso, o atraso do fornecimento e a entrega da obra também foram fatores predominantes para o atraso da execução dos serviços.

4 CONCLUSÃO/CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a utilização do *BIM* pôde-se perceber a diferença no orçamento total da obra no valor de R\$230.480,64, concluindo que o levantamento adequado de quantitativo e a consideração correta dos preços refletem em um orçamento com maior realidade e satisfação do cliente, uma vez que o orçamento apresentado contou com detalhes dos serviços, considerando custos de mão de obra, material, frete e serviços essenciais na execução da obra. Com a aplicação dos princípios da Construção Enxuta pôde-se perceber a otimização do tempo na execução das fundações, uma vez que essa atividade foi executada no prazo planejado. Tal fato foi possível de acordo com as propostas de otimização de transporte do concreto usinado, diminuição no tempo de manobras do caminhão que fornecia concreto, que passaram a ser realizadas em metade do tempo anterior às propostas, também na conscientização e gestão adequada das equipes. Dessa forma, pôde-se verificar quantitativamente e qualitativamente a eficácia na utilização das metodologias e conceitos de gestão, gerando resultados satisfatórios de prazos e custos para as empresas, visto que, com os resultados obtidos, percebeu-se melhores desempenhos em relações ao custo da obra utilizando ferramentas de gestão adequadamente e ao prazo, que pode ser otimizado. Por fim, observou-se nesse trabalho que o melhor preço nem sempre leva ao melhor resultado, uma vez que, mesmo com as medidas adaptadas durante a execução da obra, estas não foram suficientes para o sucesso do projeto, levando assim à ruptura do contrato da Empresa X, que foi distratado, além de deixar um prejuízo significativo na ordem de 52,06% do valor contratado. Assim, percebe-se a importância da aplicação de ferramentas certo no momento adequado do projeto, ou seja, desde o planejamento preliminar e critérios de contratação até a execução e gerenciamento de obras.

6 REFERÊNCIAS

- _____. **NBR 14931**: Execução de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2004. 53p.
- ANDRADE, F. M. R. et al. Modelagem *BIM* para orçamentação com uso do SINAPI. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, [S. l.], v. 16, n. 2, p. 93-111, 2021.
- ANGELIM, V. L. et al. Planejamento de médio prazo: panorama de sua aplicação na construção civil. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 87-104, jan./mar. 2020.
- ASLAM, M. et al. Exploring factors for implementing lean construction for rapid initial successes in construction. *Journal of Cleaner Production*, Volume 277, 2020, 123295, ISSN 0959-6526.
- AZEVEDO, R. M. de., Análise do retrabalho devido à falta de planejamento em uma obra da indústria da construção civil. *Boletim do Gerenciamento*, [S.l.], v. 16, n. 16, p. 49-59, ago. 2020. ISSN 2595-6531.
- BATAGLIN, F. S. et al. BIM 4D aplicado à gestão logística: implementação na montagem de sistemas pré-fabricados de concreto Engineer-to-order. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 173-192, jan./mar. 2018.
- CAMPESTRINI, T. F. et al. Entendendo *BIM*. 1ª. ed. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2015. 51 p.
- COSTA, H. A. et al. MODELAGEM *BIM* PARA REGISTRO DIGITAL DO PATRIMÔNIO ARQUITETÔNICO MODERNO. *Revista Projetar - Projeto e Percepção do Ambiente*, v. 6, n. 1, p. 49-68, 25 jan. 2021.
- EASTMAN, C. et al. Manual de *BIM* - Um guia de modelagem da construção para arquitetos, gerentes, construtores e incorporadores. 1ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 503 p., 2014.
- FILIPPI, G. A.; MELHADO, S. B. Um estudo sobre as causas de atrasos de obras de empreendimentos imobiliários na região Metropolitana de São Paulo. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 15, n. 3, p. 161-173, jul./set. 2015.
- INHUMA, T. S. Gestão do tempo e motivação: fatores intrínsecos e extrínsecos que influenciam na realização de metas profissionais. *Revista Científica On-Line Tecnologia – Gestão – Humanismo*, Revista V., 29–44, 2017.
- JUNIOR, R. M. et al. XXXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2014, Curitiba. Levantamento de estudos das interações entre Building Information Modeling (*BIM*) e construção enxuta. *Production – ABEPRO*, 2014.
- KATER, M.; RUSCHEL, R. C. O potencial da verificação automatizada baseada em regras para as medida de segurança contra incêndio em BIM. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 20, n. 4, p. 423-444, out./dez. 2020.
- KYMMEL, W. *Building Information Modeling. Planning and managing construction project with 4D and simulations*. McGraw-Hill 2008.
- KOSKELA, L. Application of the new production philosophy to construction. Technical report No. 72, CIFE. Stanford University, Stanford, 1992.

LIMA, J. S. de. O Planejamento Estratégico como Ferramenta de Gestão. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, Ed. 03, Vol. 03, pp. 58-69, março de 2018. ISSN:2448-0959

LÓPEZ, F. J. et al. A Review of Heritage Building Information Modeling (H-BIM). Multimodal Technologies and Interact, v. 21 (2), 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/mti2020021>.

MANENTI, E. M. et al. Plano de execução *BIM*: proposta de diretrizes para contratantes e fornecedores de projeto. Ambiente Construído, [S.L.], v. 20, n. 1, p. 65-85, mar. 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212020000100363>.

MATTANA, L.; LIBRELOTTO, L.I. Estratégias para ensino de orçamentação com adoção de *BIM* em ambiente acadêmico. Gestão e Tecnologia de Projetos, v.13, n.3, p.97-118, dez. 2018.

MATTOS, A. D. Planejamento e Controle de Obras. 1ª ed. São Paulo: PINI, 2010.

NASCIMENTO, D. L. M. et al. Sinergia entre Princípios do Lean Thinking e Funcionalidades de *BIM* na Interdisciplinaridade de Gestão em Plantas Industriais. Journal Of Lean Systems, Rio de Janeiro, v. 2, n. 4, p.80-105, mar. 2017.

NETTO, J. T. et al. Proposta de melhorias na gestão de empresas de construção civil: um estudo de caso internacional. Interações (Campo Grande), [S.L.], v. 21, n. 3, p. 499-512, 16 set. 2020. Universidade Católica Dom Bosco. <http://dx.doi.org/10.20435/inter.v21i3.2042>.

SACKS, R. et al. Interaction of lean and Building Information Modeling in construction. Journal of Construction Engineering and Management, v. 136, n. 9, p. 968-980, 2010.

SANTOS, M. R. Construção Enxuta: Estudo de Caso de Uma Obra Residencial no Município de Rio Verde – GO. 2018. 68 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, 2018.

SHEHZAD, H. M. et al. Recent developments of BIM adoption based on categorization, identification and factors: a systematic literature review. Int. J. Constr. Manag. (2020), pp. 1-13, 10.1080/15623599.2020.1837719

0

SILVA, B. G. A INFLUÊNCIA DO PLANEJAMENTO A EXECUÇÃO DE OBRAS. Revista Científica Semana Acadêmica. Fortaleza, 2020, Nº. 000200, 26/10/2020

SILVA, B. G.; ZAFALLON, A. A. Construção Civil: Importância do Planejamento de Obras. Revista Científica Semana Acadêmica, Fortaleza, v.1, ed. 158, p. 1-18, março, 2019.

SINGH, S.; KUMAR, K. Review of literature of lean construction and lean tools using systematic literature review technique (2008–2018). Ain Shams Engineering Journal, volume 11, 2020, pp. 465-471.

SU, T. et al. A BIM and machine learning integration framework for automated property valuation, Journal of Building Engineering, Volume 44, 2021, 102636, ISSN 2352-7102.

VARGAS, F. B. de; FORMOSO, C. T. Método para planejamento e controle da produção baseado em zonas de trabalho com o apoio de *BIM*. Ambiente Construído, [S.L.], v. 20, n. 1, p. 129-151, mar. 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212020000100366>.

VOLK, R. et al. Building Information Modeling (BIM) for existing buildings - literature review and future needs. *Autom. ConStruct.*, 38 (2014), pp. 109-127, 10.1016/j.autcon.2013.10.023.

XING, W. et al. Implementing lean construction techniques and management methods in hinese projects: A case study in Suzhou, China, *Journal of Cleaner Production*, Volume 286, 2021, 24944, ISSN 0959-6526.

WILKINSON S. J. , JUPP J. R. Exploring the value of BIM for corporate real estate. *J. Corp. imóveis* , 18 (2016) , pp. 254 - 269 , 10,1108 / JCRE-11-2015-0040.