

PAULO HENRIQUE KLEIN

CONTROLE DE CRONOGRAMA DE OBRA UTILIZANDO UM MODELO BIM 4D

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil na Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientadora: Prof.^a Fernanda Fernandes Marchiori,
Dr.^a.

FLORIANÓPOLIS

2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Klein, Paulo Henrique Klein
Controle de cronograma de obra utilizando um modelo BIM
4D / Paulo Henrique Klein Klein ; orientadora, Fernanda
Marchiori Marchiori, 2018.
120 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,
Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2018.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. BIM - Building Information
Modelling. 3. Simulação 4D. 4. Planejamento de médio e
curto prazo. 5. Atrasos em obra. I. Marchiori, Fernanda
Marchiori. II. Universidade Federal de Santa Catarina.
Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

PAULO HENRIQUE KLEIN

CONTROLE DE CRONOGRAMA DE OBRA UTILIZANDO UM MODELO BIM 4D

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil

Florianópolis, 27 de novembro de 2018

Prof.^a Luciana Rhode, Dr.^a

Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



Prof.^a Fernanda Fernandes Marchiori, Dr.^a

Orientadora

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Letícia Mattana,

Universidade Federal de Santa Catarina

Eng. Leonardo Corrêa

Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Um agradecimento especial aos meus pais, por todo o apoio e incentivo durante esses anos de universidade.

À minha namorada, Caroline, obrigado por ser essa pessoa incrível que sempre esteve ao meu lado.

Aos meus “sócios”, Arthur e Graco, obrigado por todos os aprendizados, sem a ajuda de vocês este trabalho não seria possível.

Aos meus amigos durante todos esses anos, muito obrigado! Sem vocês a faculdade não teria sido essa experiência incrível.

À professora Fernanda por todos os ensinamentos e direcionamentos que possibilitaram a conclusão deste trabalho.

“E aqueles que foram vistos dançando foram julgados
insanos por aqueles que não podiam escutar a música”

Friedrich Nietzsche

RESUMO

Em um mercado cada vez mais competitivo e com clientes exigentes, construtoras e incorporadoras precisam investir em melhorias de processos para continuarem lucrativas. Um dos fatores mais comuns e que influencia diretamente na lucratividade dessas empresas são os atrasos em obra, e suas causas estão relacionadas a inúmeros motivos. Para combater esses desvios, um modelo BIM aliado com um sistema de controle do planejamento, apresenta-se como uma maneira de solucionar esses problemas e permitir as empresas uma menor variação nas despesas estimadas nas fases iniciais, proporcionando diversos benefícios. Porém, para que o modelo BIM seja útil em campo, é necessário que o mesmo seja construído através de uma estratégia, que possibilite a utilização das informações nas fases posteriores. Logo, o presente trabalho busca orientar uma estratégia de construção virtual de um modelo BIM, para posteriormente utilizá-lo em um esquema de controle do cronograma de obra, com dados de quantitativos, pranchas de execução, vídeos detalhados e imagens da simulação do planejamento. A aplicação do sistema de controle mostrou benefícios, porém devido a etapa de obra acompanhada, a construtora não possuir um mecanismo de controle de cronograma estabelecido e a dependência do fluxo de vendas de apartamentos, o sistema não foi utilizado como primeira fonte de informação. Com relação ao modelo, notou-se que, como a obra é um processo complexo e a estratégia da construtora para a obra acabou modificando inúmeros pontos no plano mestre da empreiteira, alguns retrabalhos de modelagem tiveram de ser feitos para possibilitar um controle das etapas construtivas.

ABSTRACT

In an increasingly competitive marketplace with demanding customers, builders and incorporators need to invest in process improvements to remain profitable. One of the most common factors that directly influences the profitability of these companies are the construction delays, and its causes are related to many reasons. To counter such deviations, a BIM model combined with a planning control system is presented as a way to solve these problems and allow companies a smaller variation in early stages estimated costs, providing several benefits. However, for the BIM model to be useful in the field, it is necessary that it be constructed through a strategy, that allows the use of the information in the later phases. Therefore, the present work seeks to guide a strategy of virtual construction of a BIM model, to later use it in a schedule control scheme, with quantitative data, execution blueprints, detailed videos and images of the planning simulation. The application of the control system showed benefits, however due to the stage of construction work, the contractor did not have an established schedule control mechanism and the construction dependence on the sales flow of apartments, the system was not used as the main source of information. Regarding the model, it was noticed that, since the construction is a complex process and the strategy of the constructor for the enterprise ended up modifying many points in the master plan of the contractor, some modeling rework had to be done to enable a control of the constructive stages .

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - COMPARAÇÃO ENTRE ESFORÇOS PARA DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS EM CAD X BIM	42
FIGURA 2 - PLANO DE PESQUISA	50
FIGURA 3 – FLUXOGRAMA DO CONTROLE DE CRONOGRAMA	52
FIGURA 4 – ESTRUTURAÇÃO DOS “TIPOS” DE PAREDE	53
FIGURA 5 - ESQUEMA DE ORGANIZAÇÃO PRO FASES NO TRELLO	54
FIGURA 6 – PROJETO ESTRUTURAL	56
FIGURA 7 – PROJETO ARQUITETÔNICO	58
FIGURA 8 – PROJETO HIDROSSANITÁRIO	59
FIGURA 9 – PROJETO PREVENTIVO CONTRA INCÊNDIO	60
FIGURA 10 – PROJETO ELÉTRICO DE TELECOMUNICAÇÃO	61
FIGURA 11 – CANTEIRO DE OBRA	62
FIGURA 12 – CATÁLOGO DE RECURSOS	63
FIGURA 13 – CATÁLOGO DE ITENS	63
FIGURA 14 – FILTROS DE SELEÇÃO	64
FIGURA 15 – CLASH DETECTIVE	65
FIGURA 16 – ORGANIZAÇÃO DAS <i>VIEWPOINTS</i>	66
FIGURA 17 – PARTE DO CAMINHO CRÍTICO NO MS PROJECT	67
FIGURA 18 – FILTRO DE CORES TIMELINER	68
FIGURA 19 – RESUMO DO PLANO	69
FIGURA 20 – PRACHA DE EXECUÇÃO DOS DESVIOS DE PRUMADAS HIDROSSANITÁRIAS	74
FIGURA 21 – MODELO 3D DISPONÍVEL PARA ACESSO COM SCANEAMENTO DO QR CODE ...	74
FIGURA 22 – VÍDEO PARA ESCLARECIMENTO DOS DETALHES DA CISTERNA	75
FIGURA 23 – APRESENTAÇÃO DE VÍDEOS EM CANTEIRO PARA FUNCIONÁRIO DA EMPREENHEIRA	76
FIGURA 24 – DETECÇÃO DE PROBLEMA NO PLANO MESTRE DEVIDO AO BARRACÃO	77
FIGURA 25 – INICIO ATRASADO DAS FUNDAÇÕES	78
FIGURA 26 – TÉRMINO ADIANTADO DAS FUNDAÇÕES	79
FIGURA 27 – INICIO ADIANTADO DA CONCRETAGEM DOS BLOCOS E VIGAS BALDRAMES	80
FIGURA 28 – CONCRETAGEM DA SUPERESTRUTURA SUBSOLO ADIANTADA	80
FIGURA 29 – CONCRETAGEM SUPERESTRUTURA TÉRREO ADIANTADA	81
FIGURA 30 – ALVENARIA SUBSOLO ATRASADA	82

FIGURA 31 – CHAPISCO TETO SUBSOLO ANTECIPADO	83
FIGURA 32 – ALVENARIA MURO EXTERNO ANTECIPADA.....	84
FIGURA 33 – REGRAS PARA SELEÇÃO DO MURO EXTERNO A PARTIR DO PARÂMETRO DE TEXTO	84
FIGURA 34 – CONCRETAGEM DO TIPO 1 ATRASADA.....	85
FIGURA 35 – FORMAS DE VIGAS E PILARES DO TIPO 2 ATRASADAS.....	86
FIGURA 36 – RESUMO DOS ATRASOS	87
FIGURA 37 – ESQUEMA 1 DO PLANO DE MÉDIO PRAZO.....	89
FIGURA 38 – ESQUEMA 2 DO PLANO DE MÉDIO PRAZO.....	90
FIGURA 39 – ESQUEMA 3 DO PLANO DE MÉDIO PRAZO.....	91
FIGURA 40 – PRANCHA DE EXECUÇÃO – ALVENARIA DO TÉRREO	92
FIGURA 41 – ESQUEMA 1 DO PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO DE 8 A 11 DE OUTUBRO ...	93
FIGURA 42 – ESQUEMA 2 DE PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO DE 8 A 12 DE OUTUBRO ...	94
FIGURA 43 – ALVENARIA DO TÉRREO SENDO EXECUTADA.....	95
FIGURA 44 – ESQUEMA 1 DO PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO DE 15 A 19 DE OUTUBRO .	96
FIGURA 45 – ESQUEMA 2 DO PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO DE 15 A 19 DE OUTUBRO .	97
FIGURA 46 – ALVENARIA DO TÉRREO NO DIA 15 DE OUTUBRO	98
FIGURA 47 – UTILIZAÇÃO DA PRANCHA DE EXECUÇÃO EM OBRA	99
FIGURA 48 – ESTRUTURA DE FORMAS DE VIGAS E PILARES NO MODELO	100
FIGURA 49 – ESTRUTURA DE FORMAS EM OBRA.....	101
FIGURA 50 – ESQUEMA 1 DO PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO DE 22 A 26 DE OUTUBRO	102
FIGURA 51 – ESQUEMA 2 DO PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO DE 22 A 26 DE OUTUBRO	103
FIGURA 52 – PRANCHA DE EXECUÇÃO – PASSAGENS ESTRUTURAIS DO ÁTICO	104
FIGURA 53 – CAIXAS DE PASSAGENS ESTRUTURAIS POSICIONADAS PARA CONCRETAGEM	105
FIGURA 54 – ESQUEMA 1 DO PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO DE 29 DE OUTUBRO A 1 DE NOVEMBRO	106
FIGURA 55 – ESQUEMA 2 DO PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO DE 29 DE OUTUBRO A 1 DE NOVEMBRO	107
FIGURA 56 – DURAÇÃO DA ATIVIDADE DE SUPERESTRUTURA DO BARRILETE	109

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AACE – American Association of Costs Engineering

AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção

AIA – American Institute of Architects

BCF – BIM Collaboration Format

BIM – Building Information Modelling

CAD – Computer Aided Design

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção

IFC – Industry Foundation Class

IPD – Integrated Project Delivery

MDIC – Ministério da Indústria e Comércio Exterior

NBS – National BIM Standard

PCP – Planejamento e Controle de Produção

PMBOK – Project Management Body of Knowledge

SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

TCPO – Tabela de Composições de Preços para Orçamentos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	RESUMO	14
1.2	JUSTIFICATIVA	14
1.3	OBJETIVOS	19
1.3.1	OBJETIVO GERAL	19
1.3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
1.4	DELIMITAÇÕES	19
2	REVISÃO DE LITERATURA	22
2.1	ATRASOS	22
2.1.1	CLASSIFICAÇÃO DOS ATRASOS	23
2.1.2	CAUSAS DOS ATRASOS	28
2.2	CONTROLE DOS PRAZOS	30
2.3	BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM)	33
2.3.1	INTRODUÇÃO	33
2.3.2	SITUAÇÃO ATUAL	36
2.3.3	ESTÁGIOS DO BIM	37
2.3.4	BIM NA ETAPA DE PROJETO	41
2.3.5	BIM NA ETAPA DE PRODUÇÃO	46
2.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
3	METODO DE PESQUISA	50
3.1	ORGANIZAÇÃO DAS INFORMAÇÕES DO MODELO	52
3.2	CONSTRUÇÃO DO MODELO BIM	54
3.3	GESTÃO DA INFORMAÇÃO DO MODELO VISANDO O PLANEJAMENTO	62
3.4	ELABORAÇÃO DO PLANO DE CONTROLE DE EXECUÇÃO DAS ATIVIDADES EM OBRA	66
3.5	FEEDBACK DO PROCESSO	69
4	RESULTADOS	71
4.1	CONSTRUÇÃO DO MODELO BIM	71
4.2	ADEQUAÇÃO DO CRONOGRAMA A REALIDADE	76
4.3	PLANO DE MÉDIO E CURTO PRAZO	88
4.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	108
5	CONCLUSÕES	111

5.1	CONCLUSÕES DA PESQUISA.....	111
5.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	114
6	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	116

1.INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

1.1 RESUMO

Em um mercado cada vez mais competitivo e com clientes exigentes, construtoras e incorporadoras precisam investir em melhorias de processos para continuarem lucrativas. Um dos fatores mais comuns e que influencia diretamente na lucratividade dessas empresas são os atrasos em obra, e suas causas estão relacionadas a inúmeros motivos. Para combater esses desvios, um modelo BIM aliado com um sistema de controle do planejamento, apresenta-se como uma maneira de solucionar esses problemas e permitir as empresas um menor desvio nas despesas estimadas nas fases iniciais, proporcionando diversos benefícios. Porém, para que o modelo BIM seja útil em campo, é necessário que o mesmo seja construído através de uma estratégia, que possibilite a utilização das informações nas fases posteriores. Logo, o presente trabalho busca orientar uma estratégia de construção virtual de um modelo BIM, para posteriormente utilizá-lo em um esquema de controle do cronograma de obra, com dados de quantitativos, pranchas de execução, vídeos detalhados e imagens da simulação do planejamento. A aplicação do sistema de controle mostrou benefícios, porém devido a etapa de obra acompanhada, a construtora não possui um mecanismo de controle de cronograma estabelecido e a dependência do fluxo de vendas de apartamentos, o sistema não foi utilizado como primeira fonte de informação. Com relação ao modelo, notou-se que, como a obra é um processo complexo e a estratégia da construtora para a obra acabou modificando inúmeros pontos no plano mestre da empreiteira, alguns retrabalhos de modelagem tiveram de ser feitos para possibilitar um controle das etapas construtivas.

1.2 JUSTIFICATIVA

Ao longo dos anos 60, começou-se a observar que a busca incessante pelo menor custo através do aumento da produtividade proporcionado pela produção em massa (economia de escala) não era mais suficiente para manter a lucratividade e a competitividade das empresas, pois os clientes tornaram-se mais exigentes, passando

a valorizar outros requisitos além do preço, como a flexibilidade, o prazo e a inovação, passando a ser incorporados ao contexto (BOLWIJN;KUMPE,1991).

Com essa mudança da maneira de avaliar os empreendimentos, os clientes cada vez mais consideram a qualidade executiva como um fator de diferenciação, e problemas relacionados ao processo, como algo indesejado. No cenário atual da construção civil, são recorrentes os erros encontrados em obra, e suas causas são relacionadas a diversos fatores, que variam entre responsabilidades do empreiteiro, do dono da obra e devido a fatores externos incontroláveis e imprevisíveis.

O sucesso de um empreendimento de engenharia civil pode ser definido como o atingir uma meta e o cumprimento dos objetivos estipulados na fase de planejamento. Para tal sucesso é necessário que a obra seja executada dentro dos prazos e custos exigidos pelo cliente, assegurando a sua qualidade e segurança (APM, 2002). O controle de prazos é de suma importância para a gestão financeira da empresa responsável, já que, é a partir desses dados, estimados na etapa de planejamento, que é elaborada uma previsibilidade do fluxo de caixa. Além disso, entregar o empreendimento na data estipulada, com as características fornecidas no contrato, de maneira segura e buscando otimizar os processos, evitando atividades que não agregam valor ao cliente, são fatores que auxiliam na qualidade final do produto e conseqüentemente na satisfação dos clientes.

A qualidade final do empreendimento depende da conexão entre todos os relacionados com o desenvolvimento do projeto, necessitando da participação, comunicação e respeito dos envolvidos, para tomada de decisões que afetam diretamente as características do produto. O cenário atual de construção de um empreendimento, impossibilita essa conexão devido a diversos fatores, como citados abaixo:

- Os projetos são elaborados, geralmente, por escritórios diferentes e com pouca ou nenhuma comunicação entre si, gerando diversas situações de incompatibilidades entre disciplinas. Reuniões de alinhamento são importantes para o processo de projetar, havendo casos onde são realizadas mais de uma por etapa, e casos onde não há nenhuma. Não havendo reuniões, a informação disponível é aquela presente em documentos cedidos pelos demais

colaboradores, e as decisões são tomadas sem discussões e validações (Campestrini, 2015).

- O desenvolvimento de um novo produto no mercado AEC é realizado de maneira dispersa, separado em programa – projeto – produção, compostos geralmente por diferentes equipes. Somando-se a isso, os profissionais de cada etapa só participam na fase de sua responsabilidade, estabelecendo equipes temporárias e variáveis (MELHADO;FABRICIO, 2002). O fluxo de concepção dos projetos não leva em consideração aspectos de todos os envolvidos no empreendimento desde suas etapas iniciais (projetistas, construtor, engenheiro, cliente final) e conseqüentemente resulta em imprevisibilidades ou alteração de definições.
- Geralmente, o projetista não costuma acompanhar o desenvolvimento da obra em canteiro e em muitos casos o mesmo também desconhece os métodos construtivos adotados (Coletânea Implementação do BIM para construtoras e incorporadoras – Voume 1 CBIC, 2016). Tendo o escritório de projetos pouco contato com o responsável pela construção do empreendimento, a adoção dos métodos construtivos no projeto torna-se complicada, resultando em improvisos em canteiro por situações de omissão, falta de detalhes ou especificações de projeto, não-conformidade em aspectos de propriedades de materiais ou requisitos de desempenho de sistemas e em algumas situações retrabalhos e ociosidade da mão-de-obra, devido a espera de definições.
- O processo de implementação de um empreendimento é baseado em papel, ocasionando em erros e omissões que resultam em custos, atrasos e ocasionalmente disputas judiciais (EASTMAN, 2008). As informações de projeto estão dispersas entre diversas representações bi-dimensionais desvinculadas, resultando em operações manuais e com pouca precisão.
- Em algumas situações, o planejamento é elaborado por pessoas que não estão inseridas na realidade construtiva, não possuindo assim, noção realista de produtividade dos operários, consciência das imprevisibilidades de obra, e uma

visão sistêmica com relação ao sequenciamento ideal de atividades, resultando em cronogramas muito otimistas que não refletem as práticas construtivas. Prazos otimistas estimados nas etapas iniciais são a principal causa de ocorrência de atrasos em empreendimentos (André, 2010)

- O código de defesa do consumidor prevê que multas por atraso sejam aplicadas, ao caso da construção, somente após 180 dias de atraso da entrega da obra e de apenas 1% do valor pago pelo imóvel, com adição de 0.5% ao mês. Isso faz com que empresas não tenham uma grande preocupação em cumprir o prazo de entrega da obra, tampouco com o controle de médio e curto prazo.

Como visto, inúmeras são as causas que tornam o método tradicional de concepção de empreendimentos impreciso, e seus efeitos são vistos em obras através de discussões e estresse dos envolvidos, atrasos, custos adicionais e ocasionalmente, problemas judiciais. Seus efeitos impactam diretamente na lucratividade do empreendimento, já que quando previsões de despesas são extrapoladas, a margem de lucro é reduzida.

Para manterem-se competitivas no mercado atual, as empresas cada vez mais buscam maneiras de reduzir custos relacionados a atividade que não agregam valor ao cliente. Dentre as oportunidades, a metodologia BIM mostra-se como uma ótima alternativa, pois possibilita a construção virtual do empreendimento e a manipulação das informações relacionadas ao projeto de maneira centralizada, e que busca otimizar os processos e antecipar as decisões para a fase de projeto, evitando problemas *in loco*.

Building Information Modelling (BIM) é um conjunto de tecnologias, processos e políticas que permite as múltiplas partes interessadas projetar, construir e operar, de maneira colaborativa, um empreendimento. É uma metodologia que cria, compartilha e gerencia as informações do empreendimento durante o seu ciclo de vida útil (Succar, 2013). Com a tecnologia BIM, um modelo virtual preciso de uma edificação é construído de forma digital. Quando completo, o modelo gerado computacionalmente contém a geometria exata e os dados relevantes, necessários

para dar suporte a construção, à fabricação e ao fornecimento de insumos necessários para a realização da construção (Sacks et al 2010).

Com esse protótipo virtual da edificação e o auxílio de ferramentas BIM, testes de validação e análises visuais possibilitam a detecção de incompatibilidades entre disciplinas do modelo virtual parametrizado, permitindo a adoção de soluções que irão otimizar o processo de montagem do empreendimento, já que um tempo reduzido de elaboração de uma solução ou improvisado, será consumido ainda em escritório e possivelmente uma boa solução será encontrada.

Além disso, com o vínculo entre o planejamento e o modelo (BIM 4D), é possível simular as etapas construtivas e detectar situações problemáticas com relação ao sequenciamento de atividades em qualquer ponto do tempo. Com isso, ajustes no cronograma e detecção de situações críticas, com relação a segurança e a atrasos, são detectáveis e possibilitam uma melhoria contínua do planejamento, pois tornam não só as atividades visíveis, como permitem uma leitura global de todos os recursos necessários para cada etapa da obra, auxiliando na tomada de decisão.

Com um modelo compatibilizado e um sequenciamento de atividades definido, é possível retirar do modelo as quantidades de insumo para cada atividade, permitindo ao responsável pelas compras organizar e propor aos fornecedores condições especiais de negociação, já que o modelo BIM possui informações mais precisas e qualitativas dos recursos, fornecendo ao responsável um maior poder de barganha e um maior controle das datas e entregas em obra.

Logo, essa nova metodologia surge como uma poderosa ferramenta para os envolvidos na indústria AEC e seus benefícios podem ser notados em todas as etapas do ciclo construtivo, desde o pré-projeto até a etapa de operação e manutenção. Devido a variedade de benefícios, o presente trabalho irá focar em uma estratégia de construção de um modelo BIM para auxílio à etapa executiva do empreendimento e em como transmitir isso a obra, atuando na etapa de controle do planejamento.

Com isso, essa pesquisa justifica-se pois irá retratar, além de uma estratégia para construção virtual, da situação prática, onde será utilizado um modelo construído com uma metodologia inovadora para controlar as etapas construtivas, buscando reduzir os desperdícios da construção e possibilitar aos donos de empreendimento um maior controle dos prazos.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo principal demonstrar uma maneira de como utilizar um modelo BIM para controle do cronograma durante a etapa de execução de obra.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estabelecer diretrizes de estratégias para modelagem e organização da informação em projetos similares.
- Tornar visíveis as etapas construtivas para a construtora e funcionários da empreiteira.
- Facilitar a compreensão dos projetos por todos relacionados com o processo (contratante, mão-de-obra, engenheiro).
- Testar maneiras de como o modelo BIM pode ser transmitido a campo
- Melhorar continuamente os materiais de apoio, de acordo com as necessidades de cada etapa e a opinião dos envolvidos.
- Retroalimentar o modelo de acordo com dados coletados em campo.

1.4 DELIMITAÇÕES

O presente trabalho tem como foco utilizar um modelo BIM para auxílio ao controle de prazos de um empreendimento, sem a elaboração de um orçamento, organizações logísticas e sem a criação do sequenciamento de atividades, já que para o empreendimento analisado, a programação das atividades é de responsabilidade da empreiteira.

Além disso, o estudo irá levantar quantidades do modelo para auxílio ao controle, mas dentre essas quantidades não está incluso o número de equipes para cada atividade.

O acompanhamento foi feito somente para algumas atividades de arquitetura e estrutura e não para todas as atividades do empreendimento.

2.REVISÃO DE LITERATURA

2 REVISÃO DE LITERATURA

Esse capítulo abordara um tópico relativo a um dos problemas mais comuns na execução de obra, os atrasos, caracterizando-os e buscando especificar suas causas e consequências, depois será analisado como evitar esses desvios e o posteriormente será feito um tópico sobre a metodologia BIM, falando sobre aspectos gerais, como anda a situação no País, uma maneira de dividir o processo de utilização e seu uso na etapa de projeto e na de construção.

2.1 ATRASOS

Devido às suas grandes diferenças quanto à natureza, origem e implicações futuras, os atrasos tornam-se um assunto de grande importância na área da construção (André, 2010).

Tempo é a essência de um contrato de construção. Tipicamente, um período de tempo é especificado como a duração do contrato. O empreiteiro é obrigado, sob o contrato, a realizar uma substancial conclusão dentro do período especificado. Infelizmente, eventos inesperados podem acontecer durante a vida do projeto e podem afetar o tempo de construção necessário para a conclusão do trabalho. Quando um empreiteiro falha em completar o projeto dentro do período estabelecido, os atrasos tornam-se uma realidade no projeto (SHI ET AL, 2013).

Na construção, atraso pode ser definido como uma derrapagem do prazo para, ou além da data de conclusão especificada em contrato, ou para além da data que ambas as partes concordaram para entrega do projeto. É quando o projeto ultrapassa as datas planejadas e é considerado um problema comum nos projetos de construção. (ASSAF; HEJJI, 2004).

Os atrasos num empreendimento são vistos como acontecimentos que trazem repercussões negativas para o desempenho e desenvolvimento da obra, não só a nível do cumprimento de prazos para a conclusão das atividades, mas também para o acréscimo de despesas resultantes de multas ou esforços adicionais para finalização dentro das datas de contrato. (CABRITA, 2008).

André (2010) afirma haver um elevado nível de competitividade no mercado da construção e por essa razão, as empresas precisam apostar em novas estratégias e técnicas para aumentarem a sua produtividade. Os atrasos no setor da construção constituem-se como um obstáculo a essa competitividade e a sua ocorrência gera quase sempre prejuízos, principalmente financeiros, para todas as partes envolvidas. É um problema que prejudica todos os intervenientes no projeto, além de causarem problemas no que respeita ao cumprimento dos prazos previstos, os atrasos também têm um impacto negativo no controlo dos custos, uma vez que provocam a extensão dos trabalhos ou a sua aceleração através da utilização de mais recursos. Em diversas situações, na tentativa de se recuperarem esses atrasos, o produto final acaba por ser prejudicado na sua qualidade (ANDRÉ, 2010).

O aparecimento de atrasos em obra encontra-se normalmente ligado ao incumprimento de responsabilidades e prazos de conclusão inicialmente estipulados para as atividades. Frequentemente as suas consequências geram uma diminuição da rentabilidade e acarretam prejuízos para as várias entidades envolvidas (Cabrita, 2008).

Segundo o Guia PMBOK (2000), quando uma atividade excede o tempo estimada para sua conclusão, pode haver a necessidade de ajustes nos recursos humanos, com a inclusão de horas extras, ou no balanceamento entre o orçamento e os prazos do projeto. O controle do planeamento inclui também a atividade de adoção de ações corretivas, buscando prever os problemas.

2.1.1 CLASSIFICAÇÃO DOS ATRASOS

Devido a grande relevância na etapa de controle do cronograma, os atrasos foram divididos em diversas classificações e por autores diferentes. Kraiem e Diekmann (1988) dividiram os atrasos em Desculpável e Não-Desculpável, Compensável e Não-Compensável e Concorrentes e Não-Concorrentes, já Trauner et al (2009) fez essa divisão em 4 categorias, que variam entre responsabilidade do dono da obra e do empreiteiro. Primeiramente há a divisão entre Atrasos Críticos e Não-Críticos, passando para a verificação se eles são Concorrentes ou Não-Concorrentes, depois para analisar se são Desculpáveis ou Não-Desculpáveis e por fim há a avaliação se são Compensáveis ou Não-Compensáveis.

- Crítico e Não-Crítico

A definição de atrasos Críticos e Não-críticos é baseada em uma análise de uma das técnicas de gerenciamento de projetos mais comuns, o Método do Caminho Crítico. Segundo o guia PMBOK (2000), o Método do Caminho Crítico é a sequência de atividades do cronograma que determina a duração do projeto. O Método do Caminho Crítico representa um ritmo de atividades que não podem ser atrasadas sem atrasar o projeto inteiro. Podem haver mais que um caminho crítico em uma rede. Somando-se a isso, as atividades remanescentes que não são críticas pois apresentam uma folga, podem tornar-se críticas caso essa folga seja utilizada, e conseqüentemente todo o projeto pode atrasar (KRAIEM; DIEKMANN, 1988). Esse método consiste basicamente em um diagrama de rede lógica que interliga as atividades e estabelece dependência entre elas para definir durações e prever conseqüentes atrasos nos cronogramas.

Segundo André (2010) esta é a categorização mais importante, uma vez que os danos e efeitos negativos nos projetos resultam da existência de atrasos críticos no projeto ou de atrasos que tornam atividades não críticas, em críticas. Em qualquer análise de atrasos para um projeto, o foco inicial é nos atrasos que afetam o progresso de todo o projeto (a data de término do projeto ou marco), ou são críticas para a conclusão do projeto. Entretanto, há diversas situações de atrasos que não atrasam a data de conclusão do projeto ou um marco. Atrasos que afetam a conclusão do projeto, ou em algum marco, são considerados Atrasos Críticos e os atrasos que não afetam a conclusão do projeto, ou marco, são Atraso Não-Críticos (Trauner et al, 2009). Os atrasos nas atividades críticas são os mais relevantes para o processo de controle do cronograma e devem, quando possível, serem identificados previamente para uma tomada de decisão acertiva quanto aos seus resultados, sempre buscando minimizar os prejuízos decorrentes desses desvios.

- Desculpável e Não-Desculpável

Trauner et al (2009) resumiu atrasos Desculpáveis como sendo o atraso decorrente de um evento imprevisível, além do controle do empreiteiro ou sub-

empreiteiro, e citou alguns exemplos de quais atrasos, em senso comum, são considerados desculpáveis:

1. Greve geral dos funcionários
2. Incêndios
3. Inundações
4. Atos divinos
5. Mudanças do dono da obra
6. Erros e omissões nos planos e especificações
7. Condições imprevistas de canteiro
8. Condições climáticas muito adversas
9. Intervenção por agentes externos
10. Falta de ação dos agentes do governo

Geralmente, as causas dos atrasos desculpáveis são listadas em uma cláusula no contrato e uma extensão do tempo disponível é concedida como medida. (KRAIM; DIEKMANN, 1988). Porém é necessário que a diferenciação entre os atrasos desculpáveis e não desculpáveis seja devidamente indicada no contrato, definindo de uma forma clara, os fatores que considera válidos para a obra, que justificariam uma prorrogação de tempo para a finalização da obra (Cabrita, 2008).

Atrasos não desculpáveis são decorrentes de eventos que estavam em controle do empreiteiro ou eram previsíveis para o mesmo, sendo que o contrato é o documento que controla e determina se o atraso é considerado não-desculpável. O dono e o redator das especificações de contrato devem estar certos de que os documentos estão claros e não estão ambíguos. Igualmente, antes de assinar o contrato, o empreiteiro deve entender perfeitamente o que o contrato define como desculpável e não-desculpável. (Trauner et al, 1990).

Nesse caso, o empreiteiro não tem direito de receber do dono nada sobre os danos e nem extensão do tempo. Na realidade, é permitido ao dono recuperar os danos causados pelo atraso. O quanto é recuperável é geralmente determinado por uma disposição de liquidação dos danos, inclusa no contrato (KRAIM; DIEKMANN, 1988).

Cabrita (2008) divide os atrasos não-desculpáveis em:

1. Baixo desempenho de um subempreiteiro;
2. Entrega tardia de material por parte do fornecedor;
3. Falta de mão-de-obra (pouca assiduidade).

Porém, há situações onde o empreiteiro não é o responsável pelo controle materiais, e conseqüentemente não lhe é atribuída tal responsabilidade, como no estudo de caso analisado. Por essa razão, que ambas as partes devem ficar atentas ao contrato e assina-lo somente quando estar ciente de todas as responsabilidades e consequência de seus incumprimentos.

- Compensável e Não-Compensável

Sweet (1977) especifica como atraso compensável aquele que sua causa está dentro do controle do dono, é de sua responsabilidade ou é devido a uma negligência do mesmo. E Cabrita (2008) define que, ao ser considerado desculpável, o contrato dá direito ao empreiteiro de receber uma compensação monetária e/ou prorrogação de prazo. E salienta que essas compensações devem estar bem definidas em contrato para que não haja ambigüidades que possam originar desentendimentos entre o dono da obra e o empreiteiro.

Trauner et al (2009) explica que um atraso não-compensável significa que mesmo que um atraso desculpável aconteça, o empreiteiro não tem direito a nenhuma compensação adicional resultante desse atraso. Somando-se a isso, um atraso não-desculpável não garante nem compensação adicional nem extensão do tempo. Quando ou não um atraso é compensável depende inicialmente dos termos do contrato. Na maioria dos casos, o contrato especificamente cita os tipos de atrasos que são não-compensáveis, pelos quais o empreiteiro não recebe dinheiro adicional, mas pode ser concedido uma extensão do tempo.

- Concorrente e Não-Concorrente

A divisão entre atrasos concorrentes e não concorrentes define-se pela simultaneidade das atividades com atrasos em que, individualmente, cada atividade vai afetar ou não, a data de conclusão da obra (Cabrita, 2008). O conceito de atraso concorrente tornou-se uma representação muito comum como parte de uma análise dos atrasos na construção. O argumento da concorrência não é somente um parâmetro da determinação do caminho crítico de projeto, mas um fator para determinar responsabilidades por danos associados com atrasos do caminho crítico (Trauner, 2009).

A existência de mais de um caminho crítico na rede do projeto pode criar atrasos concorrentes em diferentes caminhos (KRAIEM; DIEKMANN, 1988). Esse tipo de atraso pode causar desentendimento entre as partes envolvidas no projeto pois abre a possibilidade de interpretação para cada caso e, conseqüentemente, a parcialidade de cada situação pode ocasionar, em situações extremas, em problemas judiciais.

Empreiteiros tendem a transferir a responsabilidade de todos os atrasos do projeto para os donos, que defensivamente utilizam o argumento de atrasos concorrentes para buscar o consenso de que os desvios não são todos de sua responsabilidade, resultando em litígios e outras disputas (BRAIMAN; NDEKUGRI, 2009).

Shi et al (2013) cita que uma análise dos atrasos pode providenciar informações que permitem aos interessados implementar provisões relevantes de contrato. Nesse assunto, a análise de atrasos deve demarcar as extensões permitidas, com concordância, no contrato. Quando apropriada, deve auxiliar na repartição das responsabilidades entre os envolvidos no atraso. A averiguação do atraso no período de projeto serve como referência para a validação das responsabilidades, que podem ser bastante complexas em casos de atrasos concorrentes.

Quando um projeto de construção está atrasado além da data de conclusão estipulada em contrato ou além da programação do empreiteiro, custos adicionais significativos podem recair sobre o empreiteiro, o dono da obra, ou ambos. Devido ao fato de os cronogramas de contrato poderem ser custosos, mais e mais projetos terminam em julgamento, litígio, ou alguma forma de disputa no que diz respeito a questões relacionadas a prazos. Um juiz, jurados, ou árbitros são então responsabilizados com a função de estabelecer quem é o culpado por uma coleção

de complexos fatos e datas, e muitas vezes, experts são exigidos para realizar uma análise dos atrasos que ocorreram e providenciar um testemunho para explicar a análise. Uma das mais difíceis tarefas do expert é educar ambas as partes envolvidas para que um acordo sobre os atrasos que aconteceram, e quem é o responsável por eles, seja alcançado (TRAUNER ET AL, 2009).

Para que o empreiteiro possa recuperar os prejuízos, o dono de obra terá de ser o causador de todos os atrasos passíveis de compensação. Da mesma forma, se o dono de obra puder distinguir claramente a responsabilidade do empreiteiro pelos atrasos concorrentes, então, pode liquidar ao empreiteiro os prejuízos devidos a esses atrasos (ANDRÉ, 2010). Percebe-se que esse atraso é bastante complicado pois quando é resultado de ações distintas que envolvem ambas as partes envolvidas, ele torna-se uma disputa para classificação e atribuição dos prejuízos.

Quando os atrasos concorrentes são de responsabilidades unicamente de uma das partes, a responsável arca com todos as consequências desse acontecimento. Caso seja atribuída unicamente ao empreiteiro, há a possibilidade de aceleração das atividades para cumprimento dos prazos, porém sem compensações por parte do dono da obra. E caso seja atribuída unicamente ao dono, há a possibilidade da extensão dos prazos e, caso acordado entre as partes ou presente em uma cláusula do contrato, uma compensação monetária.

Para uma otimização do processo de execução de obras, não basta apenas uma avaliação posterior dos responsáveis pelos atrasos, mas também uma análise das principais causas que ocorrem em situações similares (benchmarking) e seus impactos, para buscar mapeá-los e evitar que ocorram.

2.1.2 CAUSAS DOS ATRASOS

Para qualquer organização, o planejamento é algo fundamental pois ajuda a compreender os riscos relacionados a atividade. Entretanto, também é essencial entender que quem organiza e executa o planejamento são seres humanos, com grande possibilidade de cometerem falhas e erros que venham a comprometer o planejado (RESENDE, 2013).

O tempo permitido para um projeto de construção é usualmente uma importante consideração tanto para o dono do projeto, quanto para o empreiteiro. Entretanto, é

comum que os projetos de construção estejam atrasados. Atrasos podem ser causados pelo empreiteiro (não-desculpáveis), por atos divinos ou de um terceiro envolvido (desculpáveis), ou diferentes tipos de atrasos ocorrem concorrentemente. (KRAIEM; DIEKMANN, 1988).

Completar projetos no prazo é um indicador de eficiência, mas o processo de construção está sujeito a diversas variáveis e fator imprevisíveis, originários de varias fontes, que incluem o desempenho dos envolvidos, a disponibilidade dos recursos, as condições ambientais, o envolvimento dos responsáveis e relações contratuais (ASSAF; AL-HEJJI, 2004). Para o desgosto dos donos, empreiteiros e consultores, diversos projetos sofrem com extensos atrasos e conseqüentemente desvio de tempo e custo inicialmente estimados (ODEH; BATTAINAH, 2001).

Grande parte dos projetos de construção acabam por aumentar os custos estimados inicialmente quando terminadas com atraso. Raramente, quando as causas dos atrasos são bem definidas, os responsáveis arcam com as conseqüências e assumem os prejuízos. Porém, na maioria dos casos os envolvidos responsabilizam a outra pessoa e disputas são iniciadas para se definir as reivindicações (SCHUMACHER, 1995).

Como os atrasos podem ser originados de diversas fontes, inúmeros estudos ao redor do País e do mundo foram realizados buscando classificar as causas desses acontecimentos. Pereira (2012) pesquisou em Balneário Camboriú, Azevedo e Melhado (2014) em São Paulo, Reis et al (2016) em Belém, Odeh e Battaineh (2001) em Jordão, Kumaraswamy e Chan (1996) em Hong Kong, Assaf e Hejji (2004) na Arabia Saudita e André (2010) em Portugal. André dividiu as causas dos atrasos em 8 classificações, que representam bem as classificações adotadas por diversas pesquisas, como citado abaixo:

1. Atrasos relacionados com o dono de obra;
2. Atrasos relacionados com o empreiteiro;
3. Atrasos relacionados com o contrato;
4. Atrasos relacionados com o projeto;
5. Atrasos relacionados com a fiscalização;

6. Atrasos relacionados com as relações institucionais;
7. Atrasos relacionados com a mão-de-obra;
8. Atrasos relacionados com os equipamentos;
9. Atrasos relacionados com os materiais;
10. Atrasos relacionados com fatores externos.

Nota-se que alguns desses atrasos são de responsabilidade do dono da obra e ocorrem por decisões sendo adiadas e tomadas em etapas onde o custo acumulado dessas alterações é mais elevado, como os atrasos devido a problemas de projeto e de materiais. Por outro lado, o empreiteiro possui responsabilidades sobre a maioria dos atrasos e eles decorrem de problemas humanos, que refletem a maneira arcaica e artesanal na qual a indústria da construção, em sua maioria, ainda realiza suas atividades.

Devido a complexidade do processo e uma grande variedade de causas para atrasos em projetos de construção civil, é necessário que sejam utilizados métodos de controle de prazos, para que a construtora consiga competir no mercado atual, cada vez mais dinâmico e exigente.

2.2 CONTROLE DOS PRAZOS

Como o planejamento não é uma ciência exata, sendo algo mutável e imprevisível, devido a natureza da atividade da construção, faz-se necessário as tarefas de monitoramento e controle (MATTOS, 2010).

Segundo Mattos (2010) quando o planejamento inicial é concluído e aprovado pela executora da obra ele recebe o nome de baseline (linha de base) e representa o fluxo a ser seguido pelo envolvidos, refletindo a lógica construtiva. A linha, por ser o consenso entre as partes envolvidas representa um plano válido, factível, racional e de uso comum que irá servir como base para avaliação e imputação das responsabilidades no caso de disputas devido aos atrasos. A linha de base trabalha como um indicador para o planejador de como estão as variações no cronograma (comparação planejado x executado) e permite ao mesmo alertar a equipe de obra para ações corretivas.

O planejamento inicial não garante que as atividades venham a acontecer como esperado, pois, existem diversos fatores que podem influenciar os eventos, sendo somente uma formalização do que se pretende executar. O controle é responsável por analisar essas variáveis e intervir, quando necessário, buscando atingir os objetivos estipulados nas etapas iniciais (NOVAIS, 2000). Devido a imprevisibilidade da construção civil, o planejamento é dividido em três representações (longo, médio e curto prazo), que variam de níveis gerenciais até o nível operacional.

Em processo complexo como o da construção civil, a tarefa de projetar e construir depende de planejamento e controle feito por diferentes pessoas, em lugares distintos e em períodos diferentes. O planejamento para o setor administrativo da empresa tende a ser mais focado nos objetivos globais, visando o processo como um todo, e servindo como base para elaboração de planos e objetivos a serem alcançados em curto prazo. Os responsáveis por atribuir funções diárias ou semanais tem grande importância pois eles conduzem o processo construtivo, sendo esse processo denominado de “Last Planner” (BALLARD, 2000).

O Last Planner é um sistema de controle utilizado atualmente no mercado da construção civil, que segundo Conte (2014) auxilia o cumprimento do sequenciamento de atividades além de apoiar na previsão de problemas relacionados a materiais e mão-de-obra. Com o uso adequado, o sistema proporciona um ganho de eficiência, que representa um dos princípios do Lean Construction.

O Lean Construction segundo Koskela (1992), é uma filosofia que baseia-se em dois aspectos: conversão e fluxos. Todas as atividades consomem recursos, porém somente as de conversão agregam valor ao produto final. Sendo assim, o foco deve concentrar-se em reduzir ou eliminar as atividades que não agregam valor, como esperas, movimentações e verificações, e tornar mais eficientes as de conversão. O autor cita, também, alguns princípios da filosofia, como:

1. Redução das atividades que não agregam valor (desperdício)
2. Redução da variabilidade
3. Aumento da transparência
4. Melhoria continua dos processos
5. Benchmarking

SHAPIRA e LAUFER (1993) dividem o planejamento em três níveis hierárquicos, estratégico, tático e operacional. O primeiro está relacionado a questões de longo prazo e tem conexão com decisões iniciais de expectativas e metas do contratante. No nível tático são objetivados a maneira e os limitantes de executar as atividades BERNANDES e MOREIRA (2001) e no nível operacional organizam-se as ações a serem tomadas para atingir as metas.

Isatto et al (2000) define o planejamento de longo prazo como sendo o “plano mestre” e é onde são definidos os principais processos e prazos para a construção, podendo ser alterados durante a execução, para melhor atender as necessidades de cada situação. TOMMELEIN e BALLARD (1997) explicam que esse plano objetiva mais a alta gerência para o controle das atividades que estão sendo realizadas e pode dar suporte a acordos e especificações de pagamento, porém como a previsão dos acontecimentos em uma construção é complicada, o plano não é tão detalhado.

O planejamento de médio prazo é realizado a partir da decomposição das metas do planejamento de longo prazo (Saldanha, 2013) e é conhecido como Lookahead Planning (BALLARD, 1997). Devido ao planejamento de longo prazo ser mais abstrato, ele não é útil em obra para a equipe responsável por organizar as atividades a serem realizadas nas semanas seguintes. Já o Lookahead Planning foca em estipular os recursos e métodos para que as atividades brevemente futuras consigam ser realizadas e controladas (TOMMELEIN e BALLARD, 1997). Ballard (1997) cita que o plano faz com que o planejador pense nos eventos com um certo nível de detalhe, possibilitando uma melhor atribuição de tarefas, identifique a disponibilidade de materiais no canteiro, bem como se sua entrega será realizável, entre outros benefícios. BERNANDES e MOREIRA (2001) afirma que é a partir desse plano que se faz uma análise do sequenciamento de atividades para buscar uma redução das atividades que não agregam valor ao processo.

No planejamento Lookahead as atividades só são liberadas quando se notam que elas não possuem nenhum impedimento que atrapalhe sua realização. Esse planejamento ajuda focar a atenção em tudo que será necessário para que as etapas programadas sejam realizadas, e caso necessário, aplique-se medidas corretivas. Essas medidas, e todas as outras podem depender do comprometimento do setor de suprimentos (TOMMELEIN; BALLARD, 1997).

De acordo com Ballard (2000), no planejamento de curto prazo ou operacional, a definição das atividades requer o cumprimento de algumas características, como se a atividade está bem definida, se está seguindo a sequência lógica pré-estabelecida, se possui frente de trabalho para sua execução e se o trabalho consegue ser executado como planejado, sem interrupção devido a materiais ou mão-de-obra.

Ao final do período especificado para controle (diário, semanal ou quinzenal), faz-se o levantamento de como estão as metas, verificando o que foi executado e o motivo para algumas atividades não seguirem o plano. Para auxiliar esse controle há um indicador que relaciona o trabalho planejado com o completado, chamada Percentagem do Planejamento Concluído (PPC) (BERNARDES e MOREIRA, 2001).

Entretanto, segundo André (2010) o desvio dos prazos não tem uma relação diretamente proporcional com o desvio de custos, sendo um processo muito mais complexo e diverso que o simples cumprimento das entregas.

Para que um planejamento seja eficientemente cumprido, diversos fatores têm de contribuir para tal, desde um sequenciamento de atividades e estipulação de prazos realizáveis até poucos ou nenhum problema relacionado aos projetos, como incompatibilidades entre disciplinas, omissão e falta de informações e detalhamentos, que geram situações de dúvidas e interpretação errônea do projetado. A metodologia BIM (Building Information Modelling) propõem uma mudança cultural que busca facilitar todos esses fatores unindo a informação em um modelo central que facilita o intercâmbio de informação entre os envolvidos na cadeia construtiva.

2.3 BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM)

2.3.1 INTRODUÇÃO

Softwares CAD com base em desenhos não são apropriados para formar modelos de uma construção com real significado semântico (TSE; WONG e WONG, 2005).

A metodologia BIM permite a criação de modelos tridimensionais inteligentes que possibilita aos profissionais do setor de arquitetura, engenharia e construção (AEC) a visão e as ferramentas para maior eficiência no planejamento, design, construção e manutenção de edifícios e infraestrutura (Autodesk, 2018).

A transformação fomentada na indústria da construção pela evolução do uso de desenhos e textos para o uso de modelos digitais com informação é comparável a transformação que já ocorreu no setor de aviação, microprocessadores e na indústria automotiva. Definições de Building Information Modelling (BIM) como um simples modelo tridimensional da construção estão longe da realidade e não representam o potencial de modelos paramétricos, a interoperabilidade de processos e ferramentas BIM e os sistemas de comunicação modernos. No documento da NBIMS (National BIM Standards – United States), instituição que vem coordenando esforços para facilitar a implementação de um padrão open BIM, está descrito que Building Information Modelling é uma representação digital das características físicas e funcionais de uma construção, servindo como um recurso compartilhado de conhecimento sobre o empreendimento e possibilitando uma fonte confiável de tomada de decisões durante todo o ciclo de vida, desde a sua concepção (NBS, 2018).

É importante ter em mente que o BIM não é somente uma mudança tecnológica, mas também uma mudança de processos que representa a construção por objetos inteligentes, que carregam informações detalhadas sobre eles mesmos e também entendem sua relação com objetos no modelo da construção. BIM não muda apenas como os projetos e as visualizações criadas, mas também altera drasticamente todas as chaves de sucesso que envolvem a construção (KHEMLANI, 2008).

A principal diferença entre BIM e 3D CAD convencional é que o último descreve um empreendimento em um modelo 3D independente e qualquer alteração irá requerer mudanças e atualizações em todas as vistas, podendo proporcionar situações de erros, que se mostra como uma das maiores causas de uma documentação falhas. Além disso, dados em desenhos 3D são somente entidades gráficas, como linhas, arcos e círculos, em contraste com modelos inteligentes e parametrizados do BIM, onde objetos são definidos em termos dos elementos e sistemas da construção, como ambientes, paredes, vigas e pilares. Um modelo BIM carrega informação relacionada a construção, incluindo características físicas, funcionais e do ciclo de vida em um conjunto de objetos inteligentes. (AZHAR; KHALFAN; MAQSOOD, 2015).

Softwares BIM possuem o potencial de adicionar ao modelo virtual objetos paramétricos que apresentam características de elementos reais da construção e

permitem análises e testes do design, o que se diferencia de softwares CAD 3D no qual os elementos não representam objetos com forma, função e comportamento (SACKS ET AL, 2004).

Projetos de edificações estão ficando cada vez mais complexos e até mesmo profissionais tem dificuldade em mentalizar soluções apenas com desenhos. O BIM simplifica a tarefa de entender os designs, o que auxilia os responsáveis pelo empreendimento a lidar com produtos complexos (EASTMAN ET AL, 2014).

Porém, não há no mercado um software que consiga realizar todas as complexas etapas do processo construtivo e de utilização da construção. Devido a isso, é essencial para uma boa produtividade que haja uma maneira de os softwares se comunicarem sem a perda de informação. O IFC representa um projeto de construção através de um modelo transferível entre aplicativos que suportem o formato. As extensões são públicas e abertas à utilização de todos os agentes da indústria (JACOSKI; LUMBERTS, 2002). Para que um software seja considerado BIM, ele deve permitir o trabalho a partir de importações e exportações no formato IFC, possibilitando a comunicação entre diferentes fornecedores e para diferentes finalidades.

IFC ou Industry Foundation Classes é um modelo de informação que consegue representar como a construção irá ser utilizada, como será construída e como sera operada. As extensões permitem compartilhar quaisquer informações dos projetos, desde características dos componentes, sistemas de engenharia, análises e simulações, custos e afins, sendo usado tipicamente para troca de informações entre agentes do ciclo construtivo (BUILDING SMART, 2018)

Building Information Modelling (BIM) recentemente tem ganhado considerável atenção como uma maneira de tornar a informação transparente para todos os stakeholders em um formato visual, facilmente compreensível. Há duas ideias no núcleo do BIM: A primeira é eficiência de armazenamento, o objetivo do BIM é permitir a centralização da informação, uma atualização rápida e eficiente, e ser acessível a todos os envolvidos. Isso reduz desperdícios através da redução da redundância de tarefas e documentações. A segunda vantagem é a visualização, todos os softwares BIM podem representar uma construção em um modelo tridimensional (GLICK; GUGGEMOS, 2009). Se implementado, teoricamente toda informação que o dono

precisar sobre a construção, durante todo o seu ciclo de vida útil, pode estar acessível (NBS, 2018).

Atualmente no País, vê-se BIM como uma representação 3D ou um software, ignorando toda a mudança nos processos e nas pessoas. A utilização do BIM somente como software beneficia inicialmente com projetos compatibilizados, que acreditasse economizar de 2% a 5% de custos (Campestrini et al, 2015).

É importante diferenciar e saber que BIM não são somente softwares, mas sim toda uma mudança cultural no meio de concepção, desing, construção e operação de uma construção, possibilitando inúmeras melhorias no ciclo construtivo. A metodologia possibilita uma troca de informações transparente, um fácil acesso a toda e qualquer informação do projeto em qualquer etapa, uma redução de retrabalhos e redundâncias, entre diversos outros benefícios, que irão possibilitar ao mercado da construção civil brasileira um ganho de produtividade e eficiência.

2.3.2 SITUAÇÃO ATUAL

A presidência da República, através do DECRETO Nº 9.377, DE 17 DE MAIO DE 2018 instituiu a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling no Brasil – Estratégia BIM BR – tentando promover um ambiente para investimentos em BIM e difundir a metodologia no País. Previsões indicam que o governo irá buscar obrigatoriedade do uso da metodologia em projetos públicos até 2021.

A Estratégia da Construção do Governo do Reino Unido (Government Construction Strategy) de 2011, estabeleceu que os projetos públicos irão requerer projetos completamente colaborativos e 3D BIM até 2016. A mesma também cita, que será um processo desafiador, que irá requerer colaboração e comprometendo tanto do governo quanto dos stakeholders da indústria da construção. Explicitando que a estratégia só conseguira ser implementada com envolvimento e liderança de todos os envolvidos.

Segundo a pesquisa National BIM Report (NBS, 2016), uma pesquisa realizada no Reino Unido, dos entrevistados, 55% disseram que já usam BIM em seus projetos, 44% estão cientes do BIM, mas não utilizam, e somente 4% não estão cientes do BIM, o que são números muito baixos. Em comparação, em 2011, somente 13% usavam

BIM, 45% estavam cientes e 43% não sabiam o que era. A metodologia já se tornou parte do ciclo de projeto e construção de empreendimentos.

Espera-se que em 1 ano, 86% das envolvidos no ciclo já estejam usando BIM em pelo menos 1 de seus projetos. Em três anos 95%, em cinco anos esse número irá crescer para 97% (NBS, 2016).

Como aconteceu no Reino Unido, que após decisões do governo de requerer projetos utilizando a metodologia BIM, o mercado de trabalho se adaptou e apresentou um crescente aumento de utilização, o Brasil tende a seguir os mesmos rumos e perceber os diversos benefícios que a metodologia proporciona. Dentre esses, o documento da Estratégia da Construção do Reino Unido cita: eliminar o desperdício e a ineficiência, estimular a inovação, tornar a construção mais acessível para os usuários e criar novas oportunidades.

A tecnologia BIM pode dar suporte e incrementar muitas práticas do setor. Apesar da indústria de AEC encontrar-se nos primórdios do uso do BIM, ganhos significativos já foram alcançados, em comparação às práticas tradicionais em CAD 2D ou baseadas em papel (EASTMAN ET AL, 2014).

Porém, o documento cita que o processo é evolutivo e que sua adoção passa por mudança na cultura e na maneira como é encarado processo de produção da construção civil.

2.3.3 ESTÁGIOS DO BIM

Internacionalmente, há um reconhecimento de níveis de maturidade do BIM. O governo do Reino Unido organizou como “Levels of maturity” e separou em 0, 1, 2 e 3, reconhecendo que o processo é gradual. Succar (2009) dividiu a maturidade da metodologia BIM em tres estágios, com uma fase inicial pré-implementação. Os níveis de maturidade BIM se referem a qualidade, repitabilidade e grau de excelência em entregar serviços e produtos com informação. (SUCCAR, 2009)

- Estágio Pré-BIM

Há uma grande dependência de desenhos bidimensionais para tentar representar algo tridimensional. Mesmo quando há uma representação 3D, ela é

desvinculada ao desenho e suas especificações recaem a detalhamento e documentação 2D. Há pouco ou nenhum vínculo de informações com o desenho e quantidades, especificações e estimativas de custos conseqüentemente não estão relacionadas ao projeto. Esse é o estágio que a maioria dos projetos de construção no Brasil se encontram, com processos dispersos e informação desvinculada.

Analogamente, praticas colaborativas entre stakeholders não são prioridade e o fluxo é linear e dessincronizado. Em condições pré-BIM, a indústria sofre de baixo investimento em tecnologia e falta de interoperabilidade (Succar, 2009).

- 1º Estágio: Modelagem baseada em objeto

É o inicio da implementação da metodologia, grande parte dos projetos ainda são elaborados em desenhos bidimensionais, e há pouca colaboração entre os envolvidos no processo. Há o inicio da utilização de software BIM de modelagem, como o Revit (Autodesk), ArchiCAD (Graphisoft), AECOsim (Bentley), Allplan (Nemetschek), entre outros, que irão possibilitar a coordenação dos projetos e fornecer algumas informações a fases posteriores, como quantidade de materiais, especificações de elementos, projetos compatibilizados, entre outros benefícios. Porém, o processo ainda é unidirecional, com relações projetuais similares as do estágio pré-BIM, além de as relações contratuais e organizacionais continuarem da mesma maneira.

Succar (2009) descreve que com o conhecimento adquirido com o estágio inicial, e a percepção de grandes possibilidades de melhorias nos processos, ainda nas primeiras fases de desenvolvimento, os participantes irão procurar outros envolvidos no processo com capacidades de modelagem parecidas, para colaborar e construir um modelo tridimensional coordenado, que representa a 2 Estágio de maturidade BIM.

- 2º Estágio: Colaboração baseada em modelos

Nesse estágio há a colaboração entre modelos de diferentes disciplinas, possivelmente desenvolvidos em diferentes softwares, através de um formato universal de linguagem, o IFC. Há diversas oportunidades de plataformas para o

compartilhamento de arquivo que exportam nesse formato universal, que conta com diversas versões, com suas respectivas características, tornando a comunicação ampla e variável, como o BIM 360 da Autodesk, o BIM Cloud da Graphisoft e o BIM Collab, uma plataforma que permite o compartilhamento formato BCF (BIM Collaboration Format) que funciona através de colaboração de documentos de texto, fotos e vídeos, sendo usado, por exemplo, em conferências e posterior correção do modelo (modelo As-built) de situações que ocorrem na execução, através de um plugin nos softwares de modelagem.

Entretanto, a comunicação entre os envolvidos no processo continua a ser dessincronizada, há uma separação ainda semelhante a etapa pré-BIM e algumas modificações nas maneiras de contratação são necessárias, quando acordos de trocas de modelos com informações “autorais” começam a substituir desenhos.

Esse é o estágio em que os projetos de construção do governo do Reino Unido se encontram, desde 4 de abril de 2016 (Government Construction Strategy, 2011) com planos de entrar para o estágio 3 em 2020.

- 3º Estágio: Integração baseada em rede

Nesse estágio são construídos modelos ricos em informação, que são mantidos e colaborados através de plataformas durante todo o ciclo de vida de projeto. Alcançar esse estágio requer o uso de server de tecnologia com formato livre de compartilhamento ou um software que consiga fazer todo o serviço.

O modelo possui informações interdisciplinares que permitem diversas análises complexas ainda em estágios iniciais de desenvolvimento. Nesse estágio, além das diversas características que o modelo possui, são incluídas mais propriedades inteligentes, como princípios do Lean Construction, políticas sustentáveis e verdes, e custos relacionados a todo ciclo de vida da construção. O modelo fica a disposição e é utilizado por todos simultaneamente, possibilitando que as soluções adotadas sejam otimizadas e correspondam a experiência e entendimento de todos os envolvidos.

Isso torna o modelo a união de todos os aspectos de design, construção e operação que são desenvolvidos paralelamente, visando a otimização do processo, das funcionalidades e da segurança.

A adoção do estágio 3 requer uma mudança drástica nas maneiras de contratação, no elencamento de responsabilidades, como especificar os riscos relacionados a cada envolvido, e nos fluxos de trabalho. Para que seja alcançado, os participantes do processo devem estar em um nível elevado de maturidade no tema, possibilitando a colaboração, e a adoção desse estágio facilitaria o Integrated Project Delivery (IPD).

IPD é um termo popularizado pelo American Institute of Architects California Council. Pode ser chamado também de modelagem nD, e representa a união de todos os players no processo, visando que o modelo final seja uma combinação do conhecimento e soluções de todos, para uma otimização dos projetos, aumento do valor agregado, redução de desperdício e aumento da eficiência em todas as fases. (Succar, 2009). O termo representa um processo onde a colaboração inicia desde os primeiros contatos e concepções. Onde todos os responsáveis contribuem para o desenvolvimento do produto simultaneamente e assim, conseguem transmitir ao modelo final todas as informações que serão necessárias durante as fases de design, construção, manutenção e operação do empreendimento.

Segundo hipóteses, o IPD pode maximizar o potencial de melhoria do setor da construção civil, através da adoção do BIM e do Lean Construction simultaneamente (Sacks et al, 2010).

Os níveis de maturidade auxiliam em entender e situar-se que o processo de adoção é algo gradativo. O mercado brasileiro ainda se encontra em um nível de maturidade inicial e conseqüentemente há uma escassez de profissionais qualificados para atuar na área. Entretanto, diante de tantos benefícios proporcionados pela metodologia, pode-se esperar que processos de implementação em empresas da cadeia construtiva, torne-se uma realidade e o mercado se transforme, passando a adotar praticas colaborativas e mais eficientes.

Porém, para que um modelo BIM seja funcional e permita que as informações sejam passadas para as etapas posteriores de maneira efetiva, é necessário que as informações inseridas na etapa de projeto sejam organizadas e coerentes, possibilitando o seu mapeamento e utilização.

2.3.4 BIM NA ETAPA DE PROJETO

O projeto é um conjunto de elementos onde se encontram informações desenhadas e escritas que possibilitam a construção. São com estes elementos que se estima o custo e se planeja a execução da obra. Ou seja, quanto mais detalhado e desenvolvido for o projeto, maior eficácia se obterá na orçamentação e no planejamento (André, 2010).

MEALHADO (1994) relatam haver uma dissociação entre atividade de projeto e a da construção, sendo o primeiro tratado isoladamente e geralmente com menor prazo, custo e com pouco aprofundamento, buscando apenas uma mera aprovação legal, de tal forma que a maioria das decisões sejam adiadas para a fase de execução.

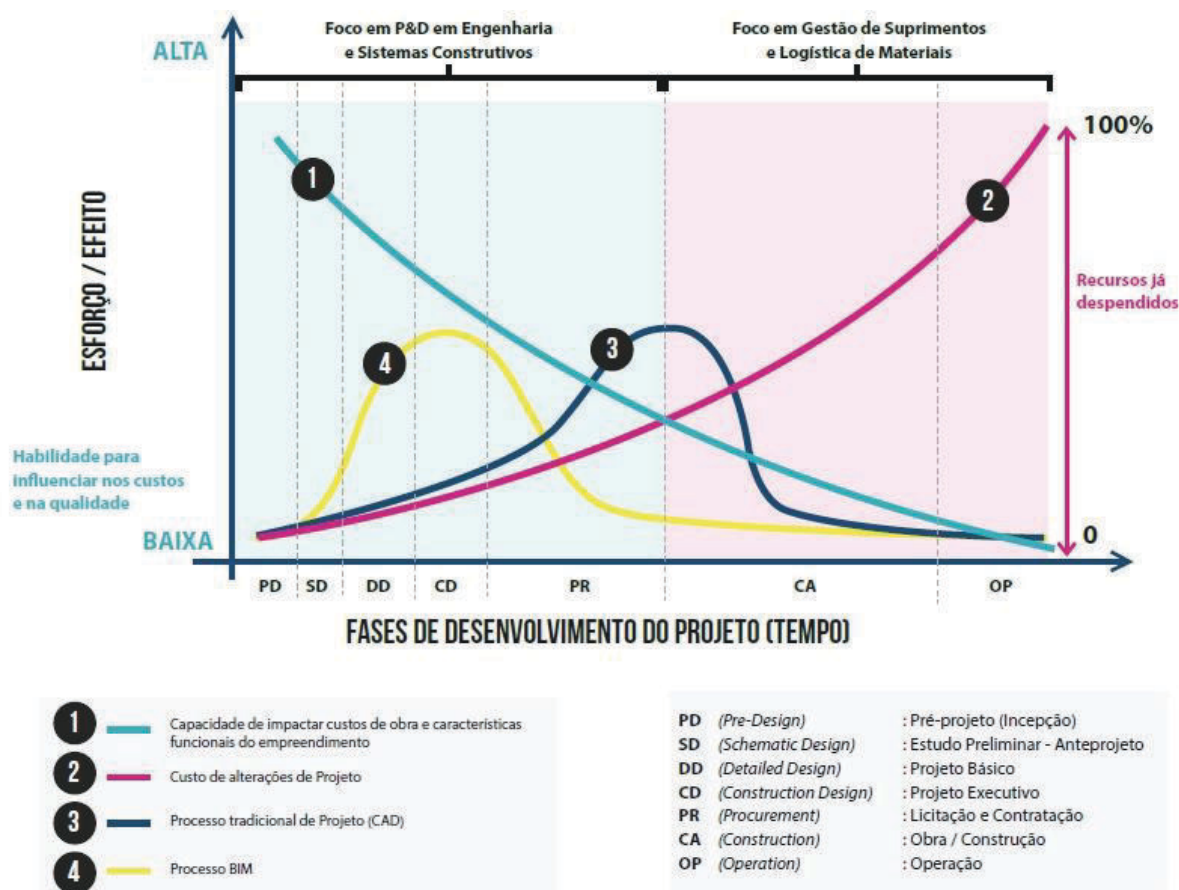
A função básica do projeto é permitir que de todas as informações necessárias sejam passadas a etapa de construção, para que se evite improvisações, paralisações, retrabalho e a implantação de uma solução que não estava planejada (RESENDE, 2013). Modelos BIM, quando construídos padronizados e de maneira organizada, possibilitam que toda a informação seja repassada para a etapa de construção efetivamente. Com todos os dados já verificados, tanto visualmente quanto computacionalmente (através de testes e validações), o modelo BIM que sai da fase de projeto, pode possuir o conjunto de informações necessárias para a construção, manutenção, operação e até mesmo demolição, do empreendimento, facilitando assim o entendimento do projeto e de suas características, por todos envolvidos no processo.

A partir da utilização de projetos que não sejam mais representações de linhas e círculos, a mudança de atuação do projetista (engenheiro ou arquiteto) é permanente. Com projetos sendo representados como blocos de informações, o projetista torna-se o responsável por indicar todos as características dos elementos, desde materiais até métodos construtivos, a ser utilizados (JACOSKI; LUMBERTS, 2002).

Em projetos de construção civil, adiar decisões relacionadas ao produto, como método construtivo ou especificações de sistemas, proporciona uma grande quantidade de erros e retrabalhos para todos envolvidos e representa desperdícios, implicando em uma perda de qualidade final do produto (MEALHADO, 1994).

A utilização do BIM na etapa de projeto possibilita a troca de informação e experiência entre todos os envolvidos, permitindo uma antecipação das decisões, tanto de construção quanto de operação e manutenção (VOZZOLA, 2009). Entretanto, há uma mudança na maneira de elaboração dos projetos, pois para uma utilização produtiva a metodologia requer um maior investimento de esforços em etapas de concepção e definições em comparação com projetos CAD, para um ganho de tempo em documentação e na execução, como na Figura 1.

FIGURA 1 - COMPARAÇÃO ENTRE ESFORÇOS PARA DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS EM CAD X BIM



Fonte: Volume 1 – Coletânea CBIC (2016)

As ferramentas de modelagem 3D fornecem elementos que facilitam o desenvolvimento, a rotina e a conexão de todos os projetos, possibilitando uma verificação automatizada das interferências físicas entre componentes Staub-French e Khanzode(2007). Porém, para modelos complexos não basta somente solucionar as incompatibilidades físicas, pois podem haver situações onde há inconformidade

com alguma norma vigente, como as Instruções Normativas do Corpo de Bombeiros. Com relação a isso, existem softwares, como o Solibri (Graphisoft) que fazem verificações em modelo BIM através de parâmetros relacionados com obrigatoriedades de projeto, como por exemplo, distanciamentos mínimos.

Com a construção virtual de um modelo que seja similar ao que pretende-se executar in loco é possível notar diversos benefícios, o BIM Handbook (EASTMAN ET AL, 2014) cita os da utilização da metodologia BIM durante a etapa de projeto, separando-os em 7 tópicos, que exemplificam bem as melhorias que a sua adoção traz para esse estágio, que define as principais características do empreendimento.

- Visualização antecipada e mais precisa de um projeto

O modelo 3D gerado por um software BIM não é composto por diversas vistas 2D, ele é um modelo virtual com informações que buscam refletir a realidade na qual o empreendimento será construído, e todas essas informações estão disponíveis para visualização e análise em qualquer etapa do projeto.

- Correções automáticas de baixo nível quando mudanças são feitas no projeto

Como um modelo BIM é composto por objetos paramétricos, toda e qualquer mudança é refletida para o projeto, ajustando-se em todas as vistas, cortes e elevações.

- Geração de desenhos 2D precisos e consistentes em qualquer etapa do projeto

Como o modelo é uma versão digital do empreendimento, toda e qualquer vista e detalhe pode ser gerado com precisão e consistência, a partir dele. O que economiza tempo e evita erros relacionados a falta ou inconsistência de informação.

- Colaboração antecipada entre múltiplas disciplinas de projeto

Com um bom controle de modificações, os modelos BIM 3D facilitam a coordenação entre os projetos. Mesmo a colaboração a partir de desenhos ser

possível, os modelos paramétricos conversam melhor e possibilitam uma abreviação no tempo de projeto e uma redução de erros e omissões. Mostrando-se assim muito mais eficaz em termos de custos do que esperar até datas comprometedoras para fazer definições e estimar preços.

- Verificação facilitada das intenções de projeto

O Modelo BIM possibilita visualizações tridimensionais em todo o processo e quantifica todas as informações dos elementos do projeto, o que permite uma estimativa de custos antecipada e mais precisa.

- Extração de estimativas de custo durante a etapa de projeto

Em qualquer etapa do projeto é possível levantar os quantitativos e espaços do modelo BIM com precisão e assim possibilitam uma estimativa inicial baseada principalmente no custo por unidade de compra. Com o desenvolver do projeto, quantidades mais específicas podem ser retiradas do modelo, possibilitado até mesmo conexões diretas com sites de fornecedores, para especificações mais detalhadas. No final do processo de construção do modelo virtual, as quantidades de recursos necessários tornam-se mais específica e possibilita orçamentos mais precisos.

- Incrementação da eficiência energética e a sustentabilidade

Ao vincular o modelo a softwares de análise energética é possível realizar simulações e verificar como o empreendimento vai reagir aos fatores externos e internos aos quais ele vai ser influenciado no decorrer de sua vida útil. Como há uma grande variedade de possibilidades de vinculação do modelo com análises, o processo oferece diversas oportunidades para verificações de qualidade do modelo e da construção.

Já nos primeiros projetos, os benefícios do BIM tornam-se visíveis, como a redução de erros e omissões, retrabalhos e redução de tempo nos ciclos de trabalho. Entretanto, alguns outros benefícios, como redução de custos, cronogramas e disputas, requerem mais tempo (MC-GRAW HILL CONSTRUCTION, 2012).

Os efeitos negativos da utilização do BIM são menores e mais irrelevantes do que os efeitos positivos da sua utilização. Com uma implementação nas etapas iniciais de projeto, os custos extras, como retrabalhos no CAD, treinamentos e custos para aquisição de computadores podem ser reduzidos ou até mesmo eliminados. Além disso, com a adoção da metodologia por todos os stakeholders em momentos iniciais, os efeitos negativos tendem a ser minimizados, possibilitando uma melhoria nos processos, nas documentações, nos designs e até mesmo a incorporação de características sustentáveis ao modelo (BRYDE; BROQUETAS; VOLM, 2013).

Modelos BIM 4D são a união do cronograma com um modelo 3D para simular as etapas construtivas. Entretanto, o processo de implementação é complicado e precisa de esforços de coordenação para uma eficiente aplicação em ambientes multidisciplinares e multiorganizacionais, necessitando de demonstrações de seus benefícios e guias de utilização para atrair os investimentos (STAUB-FRENCH; KHANZODE, 2007). A construção virtual deve ser elaborada já com definições iniciais de como serão os métodos construtivos, como será feito o orçamento, de que maneira será utilizado o empreendimento, bem como a divisão do sequenciamento de atividades desejado para o respectivo projeto. Assim é possível que não haja a necessidade de retrabalhos quanto a definições de elementos e suas características e processo torne-se mais otimizado. A quantidade e o detalhamento dessas informações dependem de nível de maturidade dos envolvidos no processo e das necessidades estabelecidas em contrato para a utilização do modelo.

Somente a utilização de cronogramas de execução para análise das etapas não possibilita um detalhamento suficiente, acarretando em perdas de informações pré-estabelecidas e a falta de adaptação para situações imprevisíveis. Modelos 4D resolvem muitos desses problemas pois permitem a simulação virtual do empreendimento (Coyne, 2008)

Porém, para que o modelo consiga representar o empreendimento de maneira útil, e não somente como uma fonte de resoluções dos problemas da etapa de projeto, é necessário estabelecer procedimentos e estratégias para sua elaboração, que visem reduzir o retrabalho e a realização de atividades que não agregam valor ao produto final. Esse processo é de suma importância e requer que os responsáveis (projetistas, gerente de projetos, orçamentistas, planejadores, gerente de obra, fornecedores e construtor) participem da etapa de alimentação do modelo, contribuindo para que as

informações sejam inseridas no local e no momento certo e possibilitem sua extração e utilização em fases posteriores (construção, operação).

2.3.5 BIM NA ETAPA DE PRODUÇÃO

Problemas de projeto, como modificações durante a execução, diferenças entre especificações, falta de coordenação entre as diversas disciplinas e faltam ou detalhamento deficiente, representam um grande percentual das ineficiências na etapa executiva (RESENDE, 2013). Quando o modelo BIM é elaborado seguindo padrões e estratégias consolidadas, todos esses problemas podem ser solucionados de maneira natural, durante a construção do mesmo, em um processo onde as soluções sejam otimizadas.

Mendes Junior et al (2014) demonstrou que é possível obter mais informações para produção utilizando modelos BIM, do que quando se utiliza documentos sem integração (projetos, cronogramas, orçamentos, etc.). A visualização e a possibilidade de simular cenários futuros de produção, optar por outros sistemas construtivos e resolver as incompatibilidades traz mais opções para as decisões de produção, bem como confiabilidade nos resultados. Porém deve-se atentar em como transmitir o modelo a campo, pois uma construção virtual 3D com informação não deve ser representada em canteiro somente através de plantas baixas e cortes bidimensionais, para ter efetividade são necessárias novas maneiras de demonstrar como é o projeto.

Uma das maneiras de transmitir o projeto a campo, demonstrando como serão as etapas construtivas, tanto de maneira detalhada como de maneira ampla, é através da utilização de um modelo BIM 4D. Segundo um trabalho de Formoso et al (1996), a utilização do modelo 4D possibilitou melhorias na visualização dos processos, tornando as características dos elementos claras. Relatou também um aumento da praticidade e da confiabilidade nos planos de ação.

Com projetos compatibilizados e um modelo BIM 4D elaborado unindo um cronograma acertado pela empreiteira, com as necessidades da construtora com relação a prazos e qualidade, é possível controlar o cronograma construtivo e solucionar as dúvidas referentes a projetos e ao sequenciamento de atividade antes de qualquer ação no canteiro, evitando retrabalhos e desperdícios intrínsecos no processo construtivo. Para que esse modelo seja realmente utilizado é necessário

treinar a mão-de-obra para compreender as utilidades do modelo, bem como suas limitações.

Existem métodos de facilitação da visualização do modelo BIM em canteiro, através de equipamentos portáteis como celulares e tablets. Dentre os diversos aplicativos, como o Dalux BIM Viewer, o Revizto e o BIM Collab, há a possibilidade de navegação e verificação das propriedades dos elementos, bem como anotações e criação de relatórios para análise.

2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante de um cenário onde poucos recursos são destinados à etapa de projeto, sendo considerada por alguns como apenas simples representações, onde muito se é exigido do engenheiro de obra, como se sua função fosse meramente a de solucionar problemas não previstos, onde o planejamento é pouco consultado e atualizado, e onde o processo de concepção do empreendimento não é encarado como o de um produto, no qual todos os envolvidos atuam colaborativamente em prol do resultado final, muito se é desperdiçado e conseqüentemente cada vez mais os lucros e as satisfações dos clientes diminuem. Para encarar essa realidade, a metodologia BIM se apresenta como uma maneira viável e eficaz de controlar o processo, inserindo as informações necessários no modelo e o utilizando em obra, e até mesmo pós obra, como uma fonte atualizada e centralizada de dados sobre o empreendimento.

O presente trabalho buscará solucionar o problema de desvios no cronograma construtivo, propondo um sistema onde será utilizado um modelo com informação como protótipo virtual de um edifício para demonstrar as etapas executivas e possibilitar a compreensão e o envolvimento de todos no processo de planejamento. Além disso, serão coletados dados que buscam entender os motivos dos não cumprimentos e quais seriam os responsáveis por tais, possibilitando uma análise mais profundo do planejamento e um banco de dados para tomada de decisões futuras da construtora.

O foco será nas atividades que envolvem as disciplinas de arquitetura e estrutura, porém serão feitos comentários e indicações para inserção de propostas para as atividades relacionadas as instalações.

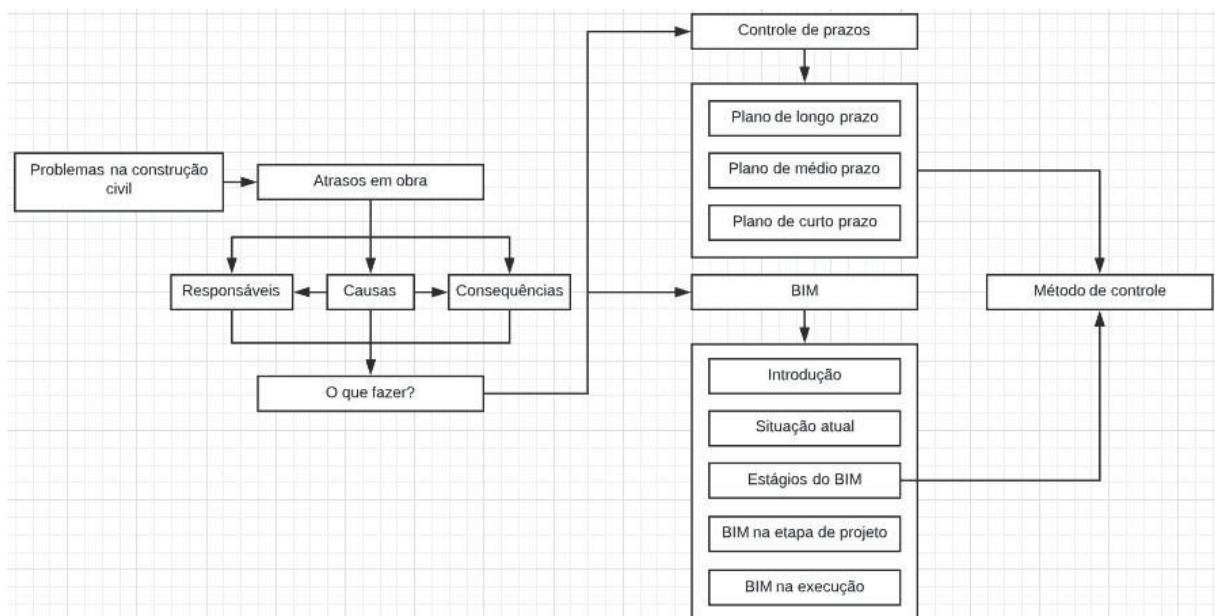
3.MÉTODO DE PESQUISA

3 METODO DE PESQUISA

No presente trabalho é proposto um sistema de controle de cronograma de um residencial multifamiliar na cidade de Florianópolis – SC com o auxílio de um modelo BIM 4D. Para isso foi feita uma revisão bibliográfica, que englobou aspectos de quais e são as causas e as consequências dos mais recorrentes atrasos em obras, passando para a pesquisa sobre como controlar cronogramas contrutivos para evitar tais problemas e depois foi pesquisado o que é a metodologia BIM e como um modelo virtual com informação poderia auxiliar na etapa de obra.

Após a revisão, visto as necessidades encontradas em seguir com um cronograma de obra, tanto por possibilitar um controle de balanço financeiro para auxiliar na competitividade da empresa no setor, quanto para cumprir com prazos acordado com todas as partes e evitar disputas judiciais, e como um modelo BIM poderia auxiliar nesse controle, foi elaborada uma estratégia de construção virtual com a finalidade de auxiliar durante a execução da obra a seguir um planejamento estipulado. Somando-se a isso, foi desenvolvido em conjunto com o engenheiro e mestre-de-obra um plano de médio e curto prazo, que buscava realinhar o planejado com o executado e validar a utilização de um modelo BIM em campo. O fluxograma do estudo é demonstrado na Figura 2.

FIGURA 2 - PLANO DE PESQUISA



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

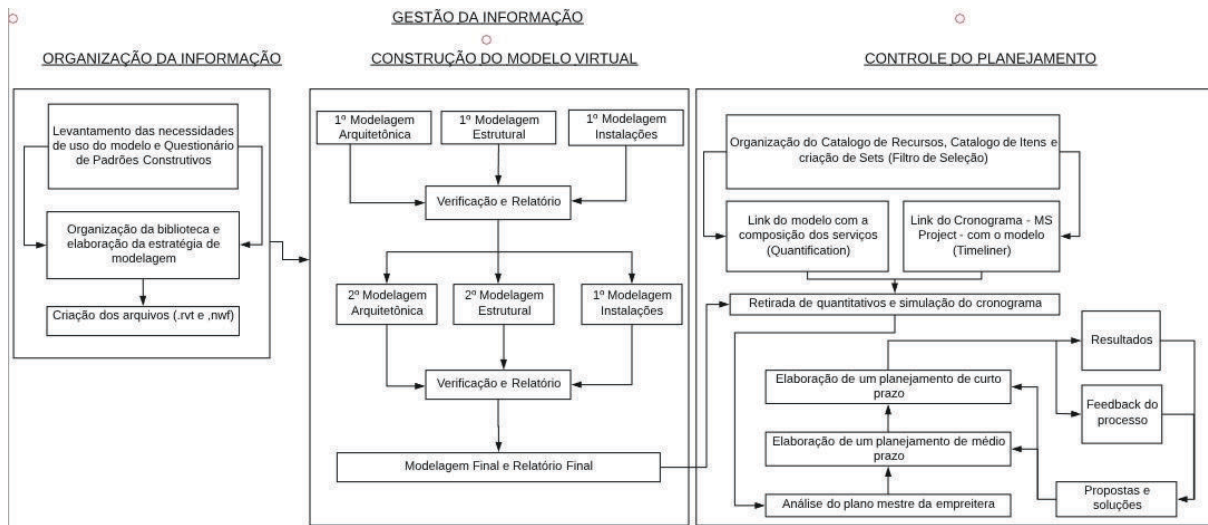
O empreendimento é um edifício residencial multifamiliar, de uma construtora e incorporadora familiar, que possui 1575 m² e está em processo de construção no bairro de Coqueiros, com início das atividades em novembro de 2017. O edifício conta com cinco pavimentos, sendo subsolo, térreo, 1º pavimento tipo, 2º pavimento tipo e ático com salão de festas e área de lazer.

Os projetos (arquitetônico, estrutural, hidrossanitário, elétrico, de telecomunicações e preventivo contra incêndio) foram concebidos todos em formato “.dwg” em softwares CAD 2D, por escritórios diferentes e com pouca comunicação entre si, como um fluxo de projetos atual no cenário da construção civil.

Para um sistema de controle efetivo é necessária a criação de um modelo realista, e para isso, buscase uma organização inicial das informações, para evitar retrabalhos, a criação de uma estratégia para a construção do modelo, visando que ele cumpra com o seu propósito, e posteriormente são necessárias configurações em ferramentas de gestão da informação e a criação de um modelo para transmissão das informações a campo.

Durante todo o processo são relatadas quais informações foram uteis e seus motivos, quais faltavam, bem como quais não eram relevantes, para que o plano desenvolvido consiga absorver as necessidades de obra, e torne-se uma fonte acessível e confiável da realidade em canteiro. O fluxograma está demonstrado na Figura 3.

FIGURA 3 – FLUXOGRAMA DO CONTROLE DE CRONOGRAMA



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Para que a metodologia seja competitiva no mercado atual da construção civil, é necessário que haja um fluxo de trabalhos que evite retrabalhos. Para isso, é necessária uma etapa pré-modelagem, para estruturação da informação a ser utilizada

3.1 ORGANIZAÇÃO DAS INFORMAÇÕES DO MODELO

Anteriormente ao início do processo de modelagem, são realizadas reuniões buscando a elaboração de um questionário, que intenciona, com as respostas da construtora, solucionar a maioria das dúvidas relacionadas aos métodos adotados pela mesma e como seria organizado o orçamento/cotação para o empreendimento, possibilitando a criação da biblioteca de elementos do projeto, para que o modelo virtual fosse criado seguindo um fluxo estabelecido como ideal, evitando retrabalhos e paralisações.

Somando-se a isso, foi levantado quais seriam as finalidades do protótipo virtual, neste caso, o modelo foi construído com os intuitos de ser um auxílio à etapa construtiva, fornecendo informações como: projetos compatibilizados, retirada de quantitativos, simulação do cronograma construtivo e auxílio através de pranchas e vídeos à etapa de produção.

Foram discutidas as maneiras na qual o modelo seria criado, elaborando um plano que descrevia qual seria a ordem construtiva dos elementos, quem iria ficar

responsável por cada uma das disciplinas, quais seriam os períodos de verificações no modelo federado, quais eram as expectativas de entregas e qual seria o período de construção. Uma das estratégias adotadas, por exemplo, foi a de construir o modelo segmentando as paredes em dois elementos, um representando os blocos cerâmicos e o outro os revestimentos, para que, mesmo causando mais trabalho no momento de modelagem, possibilitasse uma retirada de quantitativos de acordo com a demanda de orçamento. Isso, além de mais fácil a identificação dos elementos, por exemplo por apartamentos, possibilitava o preenchimento preciso de todas as peças estruturais.

Optou-se por utilizar uma nomeclatura dos elementos de maneira genérica, como no exemplo da Figura 04, visando a reutilização do template para posteriores projetos e como uma maneira de padronização de “filtros” durante a etapa de gestão da informação no software Navisworks.

FIGURA 4 – ESTRUTURAÇÃO DOS “TIPOS” DE PAREDE

Editar montagem

Família: Parede básica
 Tipo: Acabamento Interno Aptos
 Espessura total: 0,0400
 Resistência (R): 0,0000 (m²·K)/W
 Massa térmica: 0,00 kJ/K
 Altura da amostra: 2,8000

Camadas

LADO EXTERNO

	Material	Espessura
1	Camadas acima da virada do revestimento	0,0000
2	1.Pintura interna Apartamentos - Branca	0,0050
3	1.Argamassa para Reboco Interno	0,0300
4	1.Argamassa para Chapisco Interno	0,0050
5	Camadas abaixo da virada do revestimento	0,0000

LADO INTERNO

Inserir Excluir Acima Abaixo

Virada do revestimento-padrão
 Nas inserções: Ambos
 Nas extremidades: Interior

Modificar estrutura vertical (somente na visualização do corte)
 Modificar Mesclar regiões Extrusão por percurso
 Atribuir camadas Dividir região Frisos

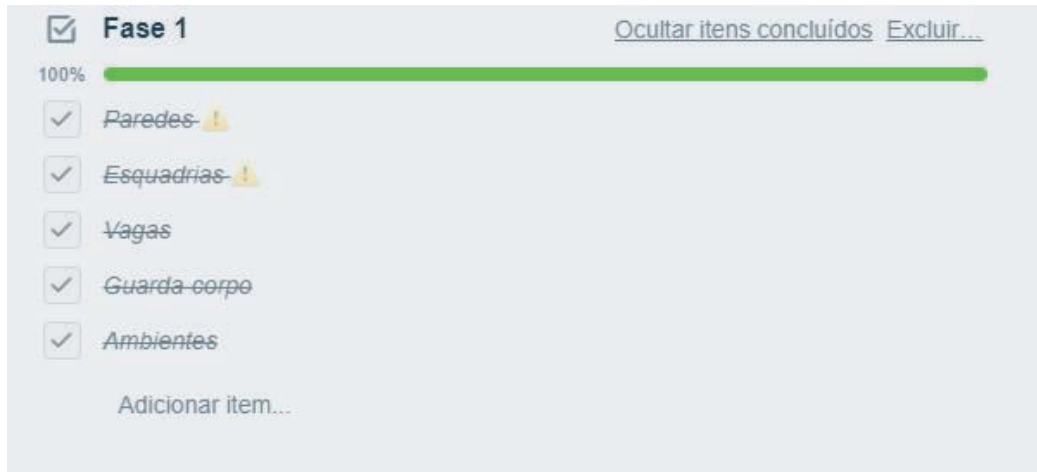
<< Visualizar OK Cancelar Ajuda

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

A estratégia de modelagem foi organizada no Trello, uma plataforma de controle de atividades através de checklist, que possibilitou a contribuição de todos na

estruturação do processo e forneceu uma visão holísticas das atividades. Um exemplo de organização na plataforma está demonstrado na Figura 5.

FIGURA 5 - ESQUEMA DE ORGANIZAÇÃO PRO FASES NO TRELLO



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Após estabelecidas as estratégias e criadas os documentos e elementos necessários, foram criados os arquivos no software Revit e Navisworks da Autodesk, o primeiro para realizar a transcrição dos projetos e alimentar o modelo com as informações para as fases posteriores, e o segundo para fazer as verificações, retirar os quantitativos, realizar a simulação do cronograma e acompanhamento de obra.

3.2 CONSTRUÇÃO DO MODELO BIM

Como visto anteriormente, é essencial que haja uma estruturação da informação e consequente construção do modelo virtual através de estratégias, para que toda a informação seja inserida no modelo, cumprindo a finalidade para qual ele está sendo feito.

O modelo foi construído no software Revit da Autodesk, separado em um arquivo para cada disciplina, por uma equipe de três pessoas, sendo o autor, um colaborador externo e o engenheiro de obra da construtora para o empreendimento em estudo, facilitando a incorporação dos padrões construtivos da empresa no modelo e possibilitando uma melhor adaptação do mesmo a realidade de obra. Durante a

construção do modelo, os projetos foram unidos no software Navisworks da Autodesk, criando o modelo federado¹, para que facilitasse a visualização e a gestão da informação, possibilitando uma retirada de quantitativos de acordo com composições de serviços propostos pelo engenheiro da obra, uma verificação de conflitos entre disciplinas e a simulação e ajustes no planejamento.

A idéia de um sequenciamento de construção virtual objetiva identificar inicialmente os principais pontos nos quais possam haver incompatibilidades entre disciplinas, para que sejam propostas soluções ou seja reportado ao projetista responsável para revisão. Nesse caso, foi estabelecido que haveria uma divisão em duas etapas de compatibilização, uma entre arquitetura, estrutura e partes iniciais de instalações (prumadas, desvios, caixas e quadros), que busca resolver os principais problemas com potencial mudança de configurações do edifício, e uma segunda entre os demais elementos das instalações, arquitetura e estrutura. Esta última, objetivava resolver a maioria dos detalhes não resolvidos na primeira etapa e algumas situações de posicionamento de tubulações e pontos, deixando o modelo pronto para os ajustes finais, que seriam os itens menos propícios a interferências, como granitos, caixas 2x4" e 4x4", registros e demais itens de detalhe, que farão parte dos quantitativos globais.

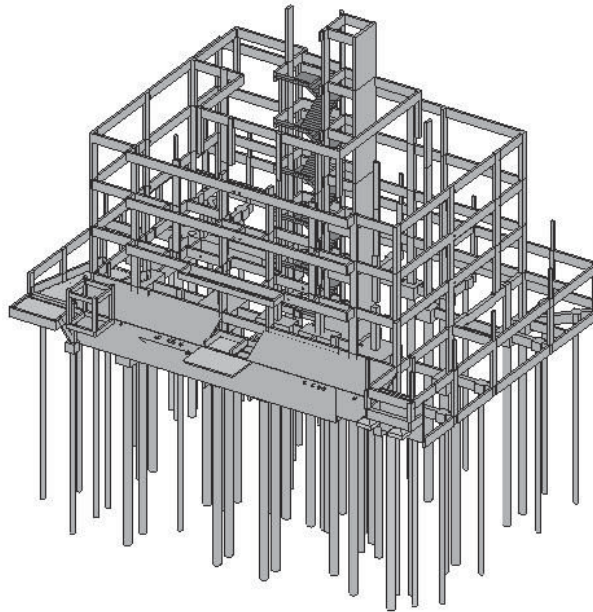
- Modelo Estrutural

Como o foco nesta etapa estava em realizar a verificação física das incompatibilidades, atuando somente nas incompatibilidades normativas mais gerais e de maneira visual (como verificação de larguras mínimas estipuladas pelo Corpo de Bombeiros, pé direito mínimo, entre outros) o projeto estrutural foi modelado, visando somente a sua representação volumétrica, possibilitando analisar situações de interfeira e atuar sobre elas, seja por prever passagens estruturais nas peças durante

¹ Modelo federado é, segundo o Guia 01 da Coletânea BIM ABDI-MDIC, a união de diversos arquivos providos de diferentes disciplinas, que possibilita uma visão ampla da construção virtual. Se difere do modelo autoral, que é o utilizado pelos projetistas para desenvolvimento do projeto e documentações.

a concretagem ou para reportar ao projetista situações onde deveria ocorrer uma proposta de solução com responsabilidade técnica. O modelo estrutural gerado está representado na Figura 6.

FIGURA 6 – PROJETO ESTRUTURAL



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Foi adotada essa estratégia pois o projeto estrutural foi elaborado por um projetista conhecido da construtora e já continha os quantitativos dos materiais de concreto, aço e formas, e que já estava definido que seriam as quantidades utilizados para orçamentação. Logo, optou-se por levantar os quantitativos estruturais somente para comparação com os do projeto e os levantados em obra, para ganho de confiabilidade no modelo.

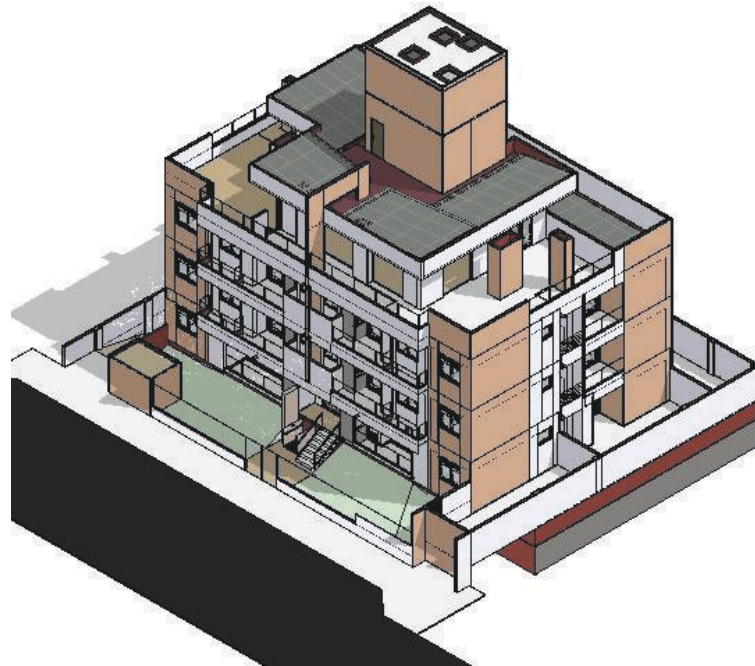
- Modelo arquitetônico

O modelo arquitetônico, demonstrado na Figura 7, contém grande parte dos itens presentes no “A” da curva ABC², ele foi o mais trabalhado e que necessitou das soluções e experiências dos envolvidos. Percebeu-se que devido a falta de colaboração e a grande variabilidade da etapa construtiva, onde diversas decisões são adiadas, o projeto arquitetônico adotou uma postura mais genérica para tentar suprir a maioria das necessidades de obra. Como em projetos anteriores da empresa havia pouca comunicação entre a equipe de obra e de escritório, algumas informações não eram inseridas no projeto por dúvida quanto aos métodos adotados, como por exemplo, regiões de impermeabilização e pingadeiras (tanto em peitoris de janela, como em platibandas), o que acabava por ser levantado e orçado durante a construção, representando uma perda de tempo para o engenheiro ou o mestre de obra, e poder de negociação com os fornecedores (barganha).

Durante a modelagem, todas as informações que não estavam compreendidas no projeto, como espessura dos blocos, espessura das camadas de revestimentos argamassados (chapisco, reboco paulista, contrapiso, argamassa colante), definições de revestimentos, entre outros, foram inseridas alinhadas com a opinião do engenheiro da obra, seguindo, por exemplo, o traço estabelecido como padrão nas obras da construtora. Isso possibilitou a elaboração de pranchas que buscam orientar a produção das atividades em canteiro.

² Curva ABC é um método de classificação estática dos materiais ou serviços, que objetiva separar os itens de maior importância, baseado na quantidade utilizada e no seu valor.

FIGURA 7 – PROJETO ARQUITETÔNICO



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Porém, como parte da estratégia da equipe de construção virtual, alguns elementos não foram modelados, pois concordou-se que seria mais útil levantar suas quantidades através de regras relacionando elementos, como por exemplo o quantitativo de rodapé, que se obtém a partir da alimentação de parâmetros em paredes e extraídos por tabelas que filtravam esses elementos e apresentavam de dado de saída quantos metros lineares eram necessários (maneira na qual a construtora realiza o orçamento).

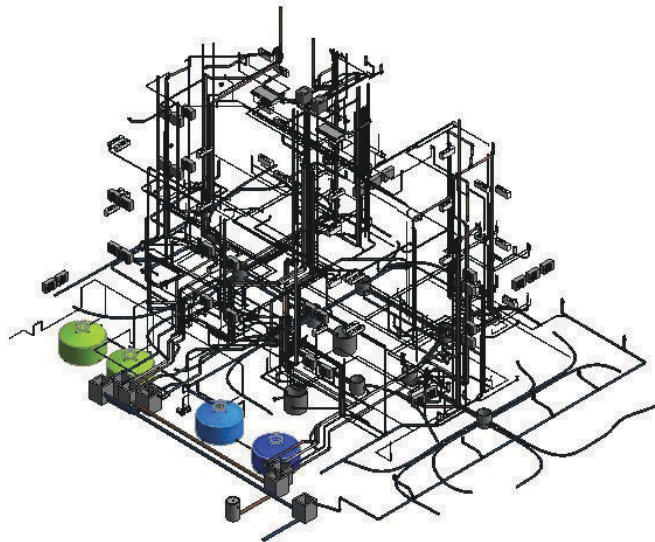
- Modelo hidrossanitário

O modelo hidrossanitário, demonstrado na Figura 8, é o que contém a maior quantidade de elementos, por isso requer a adoção de alguns mecanismos de controle. Inicialmente criou-se uma tabela para possibilitar o controle de modelagem das prumadas e dos desvios, pois são itens de suma importância para o processo de compatibilização e como algumas tubulações possuem inclinação, as representações bidimensionais tendem a apresentar incompatibilidades. O outro mecanismo utilizado

para controle, esse abordando mais aspectos visuais, foi a criação de filtros de cores, para possibilitar uma visão organizada dos diferentes sistemas de tubulações (esgoto, água fria, gordura, ventilação, pluvial, entre outros) e facilitar tomadas de decisão.

Além disso, é importante verificar a situação dos reservatórios e medidores, pois os mesmos podem apresentar dimensões e configurações incompatíveis com o espaço destinado a eles. Logo, esses elementos foram construídos nas fases iniciais, pois pode ocasionar em mudanças de projeto que podem, em alguns casos, paralisar a execução do empreendimento se não verificado anteriormente.

FIGURA 8 – PROJETO HIDROSSANITÁRIO

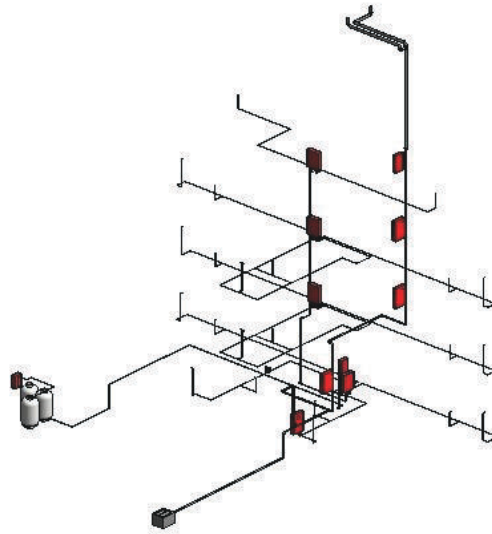


Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

- Modelo preventivo contra incêndio

No projeto preventivo contra incêndio, demonstrado na Figura 9, a idéia central estava em locar as caixas (medidores de gás e hidrante) de maneira que suas tubulações não interferissem, por exemplo, com as prumadas elétricas e hidrossanitárias, além de verificar as dimensões e configuração da casa de gás.

FIGURA 9 – PROJETO PREVENTIVO CONTRA INCÊNDIO

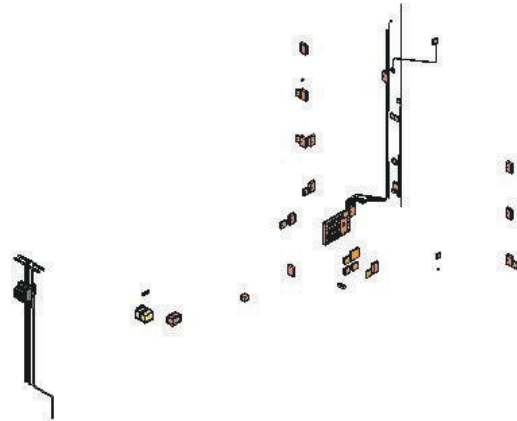


Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

- Modelo elétrico e de telecomunicação

Para modelo elétrico e de telecomunicações, representado na Figura 10, como parte da estratégia, optou-se por modelar somente as prumadas e os desvios, as caixas (2x4, octogonais, 4x4) e os quadros (medidores, distribuição), pois devido a natureza flexível dos eletrodutos, eles mostram-se como um dos elementos mais maleáveis na etapa de construção, podendo preencher lacunas entre as outras instalações, e conseqüentemente sua modelagem seria muito trabalhosa para poucos benefícios, por os conduítes e eletrodutos representarem muito pouco no custo global do empreendimento, por exemplo.

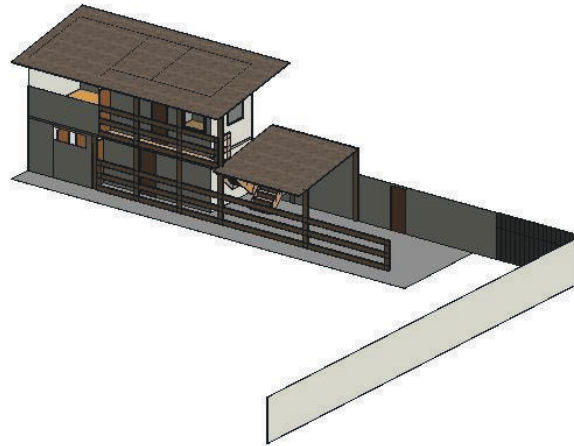
FIGURA 10 – PROJETO ELÉTRICO DE TELECOMUNICAÇÃO



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

O modelo do canteiro, demonstrado na Figura 11, foi construído após a sua execução em obra (As-built), através de medições e anotações in loco. O objetivo da sua elaboração seria o levantamento de dados relativos aos quantitativos e visando o acompanhamento de obra, pois através da simulação do cronograma torna-se possível a visualização do comportamento do barracão com relação ao desenvolvimento da construção.

FIGURA 11 – CANTEIRO DE OBRA



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Paralelamente a modelagem foram desenvolvidas maneiras de realizar a gestão de toda a informação do modelo, para que essa informação fosse útil para o planejamento.

3.3 GESTÃO DA INFORMAÇÃO DO MODELO VISANDO O PLANEJAMENTO

Durante o processo de construção do modelo virtual, os projetos são monitorados no Navisworks e simultaneamente já são criados os Catálogo de Recursos, Catálogo de Itens, as Sets, os roteiros de Clash Detective e as Viewpoints.

O Catálogo de Itens e o Catálogo de Recursos, representados nas Figura 12 e Figura 13, fazem parte da ferramenta Quantification do Naviworks, e permitem o levantamento de quantidades do modelo, podendo o mesmo ser composto por projetos elaborados em diferentes fornecedores de softwares, através do formato IFC. No de itens, faz-se a organização da maneira na qual se deseja retirar as quantidades, no caso, ele foi organizado de acordo com as etapas da construção, para possibilitar o acompanhamento das necessidades de obra durante o controle do planejamento. No de recursos é onde se organiza como os serviços são executados, quais são os seus componentes, seu escopo. Nele, foram criadas composições de serviços, de acordo com a necessidade da construtora e seus padrões de execução.

FIGURA 12 – CATÁLOGO DE RECURSOS

The screenshot shows the 'Resource Catalog' window. On the left, a tree view lists resources under 'Resources' and 'RBS'. The selected resource is 'Sacos de Cimento (50kg)' with RBS 5.1.1. The right pane displays the following information:

Resource Name: Sacos de Cimento (50kg) | **Resource Breakdown Structure:** 1

Description: Calculado a partir da proporção do volume de cimento (Traço) por m³ de argamassa, dividido pelo Rendimento dos sacos por m³ de argamassa, para cada 1m² de chapisco

Resource Calculations:

Variable	Formula	Units
Length	=ModelLength	Meters
Width	=ModelWidth	Meters
Thickness	=ModelThickness	Meters
Height	=ModelHeight	Meters
Perimeter	=ModelPerimeter	Meters
Area	=ModelArea	Square Meters
Volume	=ModelVolume	Cubic Meters
Weight	=ModelWeight	Kilogram
Count	=1	Each
PrimaryQuantity	=ModelVolume*6,95	

Double-click a formula to edit it inline.

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

FIGURA 13 – CATÁLOGO DE ITENS

The screenshot shows the 'Item Catalog' window. On the left, a tree view lists items under 'Items' and 'WBS'. The selected item is 'Formas Ático' with WBS 4. The right pane displays the following information:

Group Name: Formas Ático | **Work Breakdown Structure:** 4

Description:

Group Calculations:

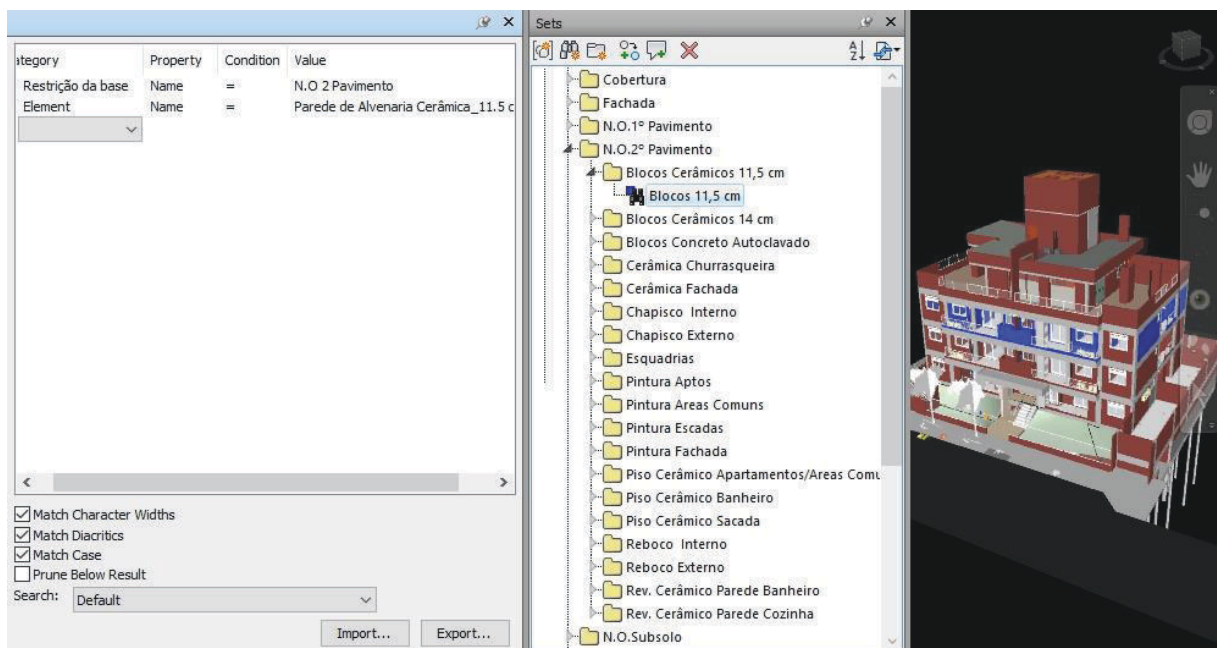
Variable	Formula	Units
----------	---------	-------

Double-click a formula to edit it inline.

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Paralelamente, foram desenvolvidos os filtros, como na Figura 14, que iriam facilitar e automatizar a etapa de seleção dos elementos para vínculo com as tarefas de quantificação e simulação do planejamento. Os filtros foram criados a partir da nomenclatura definida na etapa de estratégia e possibilitaram uma organização que possa ser replicada para outros projetos.

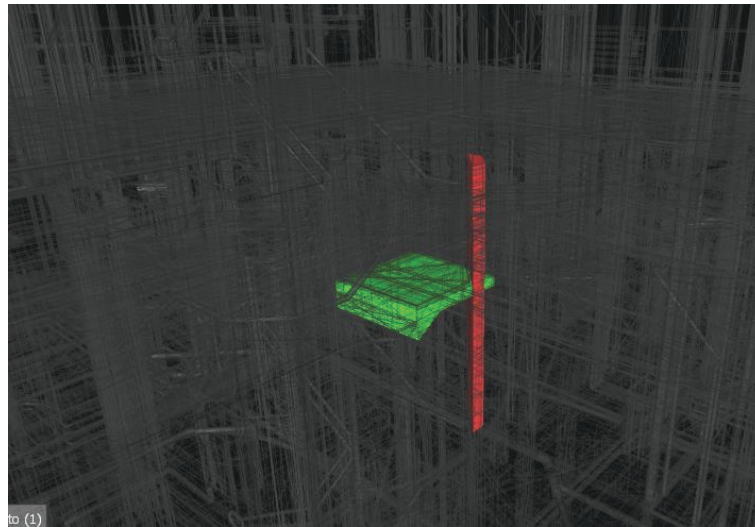
FIGURA 14 – FILTROS DE SELEÇÃO



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Os roteiros de detecção de incompatibilidades (Clash Detective) surgiram a partir de testes e verificações de possibilidades de interferências entre elementos. Após algumas tentativas, notou-se que a criação de parâmetros e interpretação corretas das interferências eram fundamentais para corrigir as incompatibilidades certas e reportar de maneira precisa aos projetistas. Foram estabelecidos quais elementos iriam ser verificados, ilustrado na Figura 15, e quais seriam os parâmetros e tolerâncias para cada teste, permitindo um aumento de assertividade do modelo.

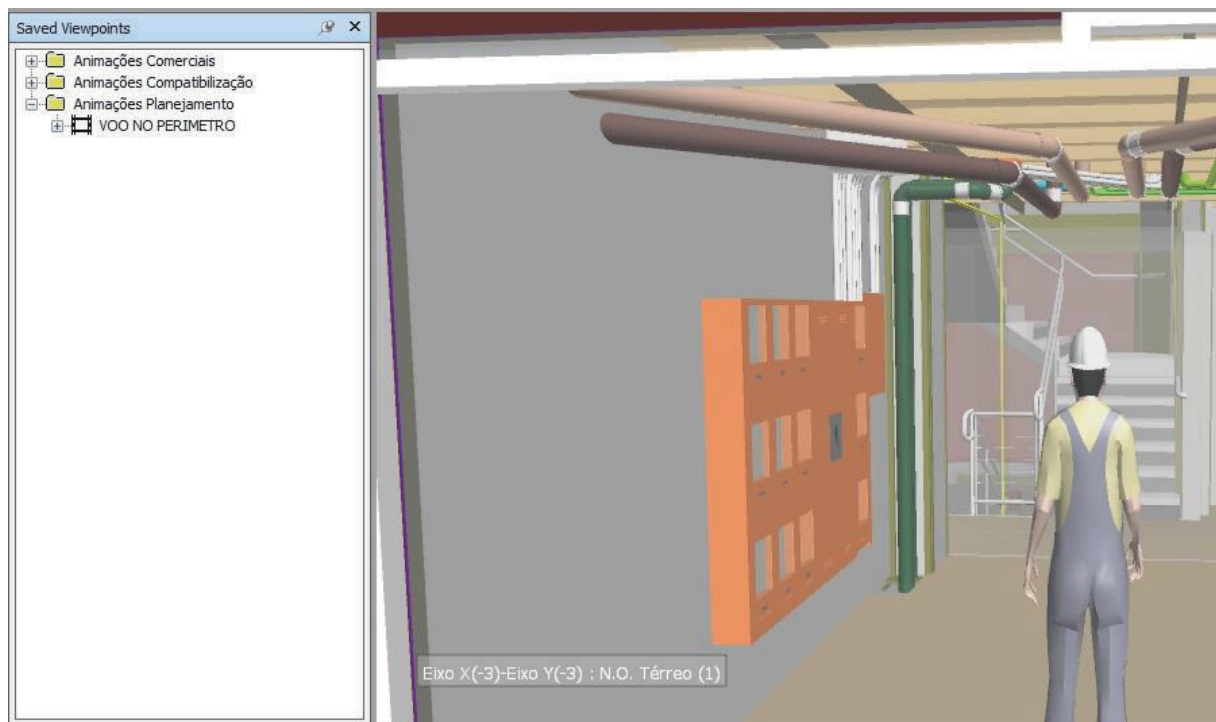
FIGURA 15 – CLASH DETECTIVE



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

As *viewpoint* são cenas onde é possível criar vistas, ângulos e caminhos no qual há a necessidade de explicitar, seja na etapa de planejamento e controle, como ilustrado na Figura 16, seja para vídeos comerciais e de marketing. No caso, foram criadas para auxiliar a etapa executiva com vídeos simulando as atividades de cada situação no tempo, para um vídeo comercial da empresa e para auxílio a compatibilização.

FIGURA 16 – ORGANIZAÇÃO DAS VIEWPOINTS



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Após a construção virtual do modelo e todo o processo de gestão da informação, iniciaram-se os estudos para buscar a criação de um plano de controle do cronograma para ser aplicado na obra.

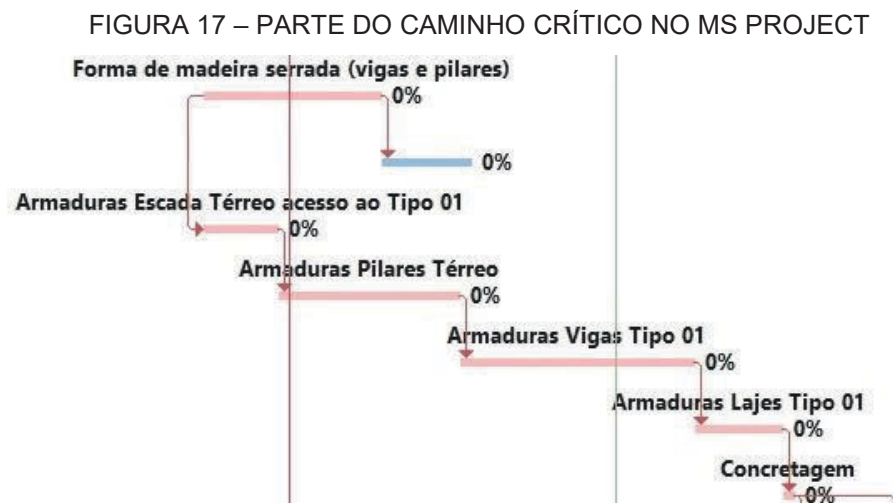
3.4 ELABORAÇÃO DO PLANO DE CONTROLE DE EXECUÇÃO DAS ATIVIDADES EM OBRA

Primeiramente foi analisado o plano mestre (planejamento de longo prazo) da empreiteira para a obra em estudo. Em seguida elaborou-se um plano de médio e curto prazo para a execução do empreendimento, que englobava as atividades que iriam ser realizadas no mês de outubro de 2018, já que o objetivo era controlar a programação em obra.

Inicialmente, foi realizado um levantamento de como o cronograma foi executado, alimentando o sequenciamento de atividades com a realidade de canteiro. Para isso, foram coletadas no diário da obra e repassadas ao plano mestre todas as reais datas de início e término das atividades previstas. Esse passo inicial objetiva elencar quais atividades foram e quais não foram realizadas, para permitir uma análise

inicial dos possíveis eventos seguintes e estimar como o cronograma irá se comportar no mês seguinte. Para realizar essa etapa é necessária a utilização de duas novas colunas no MS Project, uma representando o início real da atividade e outra o seu término real, além do seu link com as respectivas colunas no Navisworks.

Além da adequação do cronograma inicial, foi verificado qual era o caminho crítico, representado em partes na Figura 7, para possibilitar a análise dos atrasos e seus efeitos.

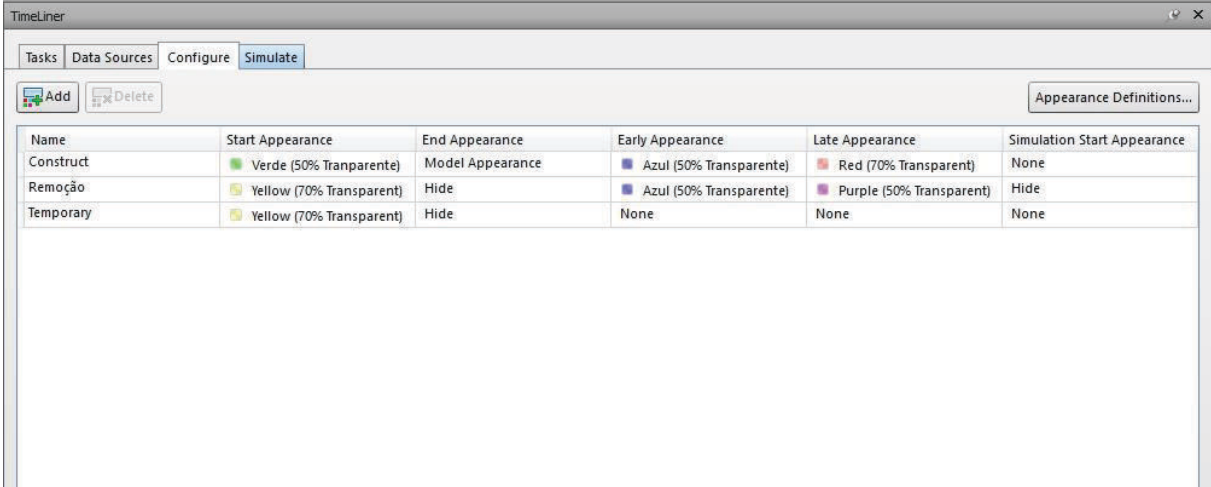


Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Para auxiliar na visualização, foram criados filtros, como na Figura 18 – filtro de cores timeliner, que objetivam salientar quais atividades eram temporárias, como as formas, e quais eram relacionadas a partes da edificação, como os pilares. Somando-se a isso, foram estabelecidas cores para representar quando as atividades iniciavam e terminavam, sendo elas adiantadas, atrasadas ou pontuais.

Quando as atividades de construção são iniciadas, os elementos do projeto aparecem com a cor verde, logo estão dentro do cronograma, quando ela termina, ele aparece de acordo com a sua representação visual no software. Para atividades de construção atrasadas, os elementos estão em vermelho com transparência de 70%, e quando adiantadas eles estão em azul com 50% de transparência. Posteriormente, foram adicionados filtros para elementos de Remoção, que seriam as formas, com sua cor inicial em amarelo com 70% de transparência, quando atrasadas elas aparecem em roxo com 50% de transparência, e quando a atividade termina, o elemento é ocultado da representação.

FIGURA 18 – FILTRO DE CORES TIMELINER



The screenshot shows the 'TimeLiner' software window with the 'Configure' tab selected. Below the menu bar, there are 'Add' and 'Delete' buttons. The main area contains a table titled 'Appearance Definitions...' with the following data:

Name	Start Appearance	End Appearance	Early Appearance	Late Appearance	Simulation Start Appearance
Construct	Verde (50% Transparente)	Model Appearance	Azul (50% Transparente)	Red (70% Transparente)	None
Remoção	Yellow (70% Transparente)	Hide	Azul (50% Transparente)	Purple (50% Transparente)	Hide
Temporary	Yellow (70% Transparente)	Hide	None	None	None

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

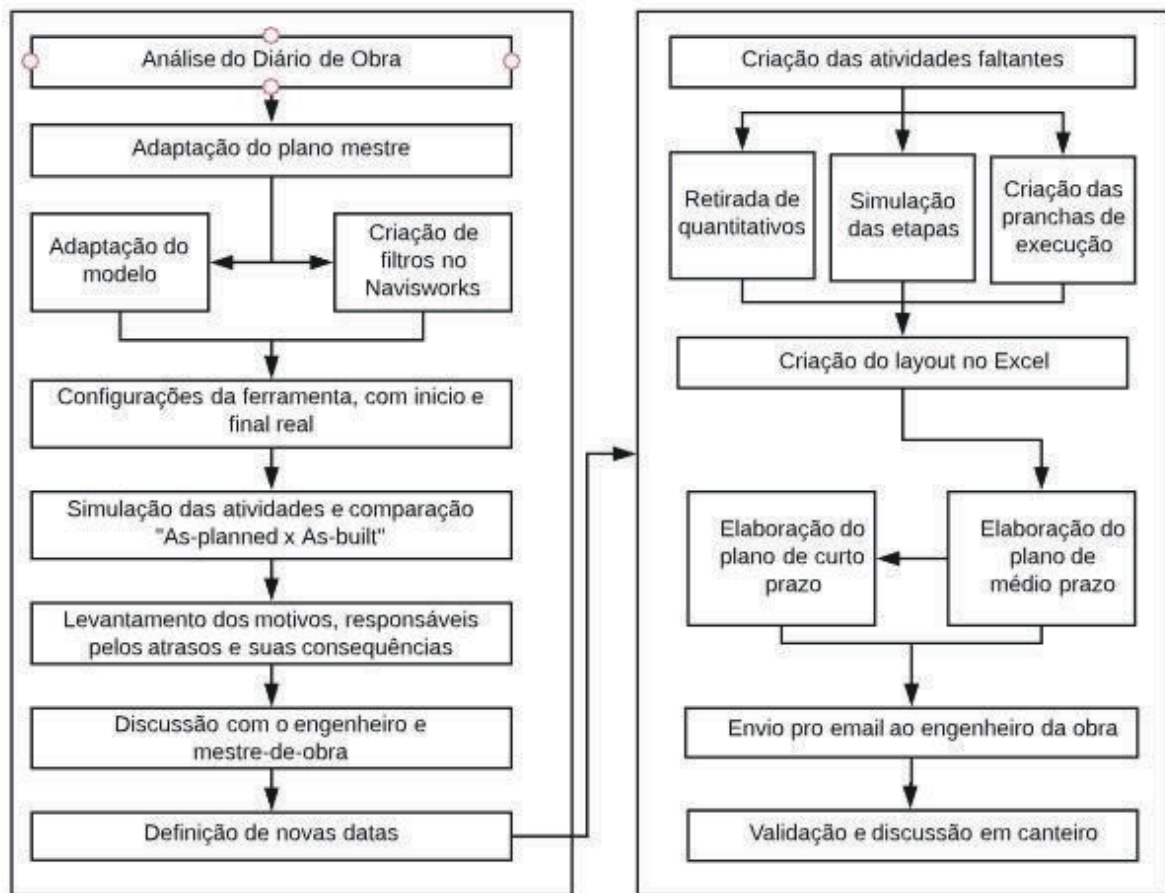
Com o resultado do alinhamento com o diário de obra, foram realizadas reuniões com o engenheiro e o mestre de obra para buscar entender quais os motivos das variações de datas, buscando reposicionar as atividades sequentes para o cronograma estar atualizado e alinhado com a equipe de produção, e analisar suas consequências.

Compiladas as informações de obra, com a opinião dos envolvidos, são elaboradas fichas de execução, que buscam orientar as atividades mensais e semanais. Nessas fichas constam quais atividades estão previstas de serem executadas na semana ou mês, juntamente com quais materiais são necessários para cada etapa, imagens de como o empreendimento deve estar no início e no final do período e materiais de apoio a execução, como pranchas e vídeos. Como esses planos buscam representar atividades específicas da obra, as que não foram detalhadas no plano mestre serão adicionadas ao mesmo, para melhor interpretação da realidade e da influência dessas atividades.

Optou-se por realizar o controle mensal como médio prazo, e o semanal como curto prazo, pois como a empresa não tem um mecanismo atual de controle bem estabelecido, e o método de construção é artesanal, um plano mais operacional, que buscasse alinhamento das atividades diárias, não seria tão efetivo para a construtora.

O plano mensal foi enviado ao engenheiro da obra por e-mail no início do mês de estudo e o semanal na respectiva semana anterior, para facilitar a compreensão e organização, por parte da responsável, das etapas que estavam por vir. Todos os planos foram validados em canteiro junto ao engenheiro para buscar uma melhoria contínua, e seu resumo encontra-se na Figura 19.

FIGURA 19 – RESUMO DO PLANO



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

3.5 FEEDBACK DO PROCESSO

Durante a aplicação do plano de controle, foi discutido em canteiro com o engenheiro e o mestre-de-obra maneiras mais efetivas de transmitir o planejamento a campo, além de sugestões para melhorias da ficha de controle semanal e mensal.

4. RESULTADOS

4 RESULTADOS

Inicialmente nesse capítulo será abordado como foi o processo de criação do modelo BIM no caso estudado. Após isso, como o controle do cronograma iniciou durante o desenvolvimento da obra, o primeiro passo será uma análise de como estava o andamento do empreendimento até o momento de aplicação do método e posteriormente será relatado como foi a aplicação dos planos mensais e semanais.

4.1 CONSTRUÇÃO DO MODELO BIM

A metodologia BIM nesse estágio (Modelo baseado em objeto) demonstrou que a cooperação dos projetistas com a construção do modelo, resolvendo incompatibilidades ou apenas validando as soluções propostas, é um dos impecilhos para a sua implementação. Devido a cultura de pouca colaboração entre os projetistas e entre os projetistas e o setor de obra, os mesmos não demonstram grande interesse em participar do processo de compatibilização. Porém, há de se ressaltar que nada disso estava previsto em contrato e que o fluxo de projeto atual não estimula a colaboração.

Percebeu-se que no decorrer da modelagem, o processo de compatibilização está intrínseco ao sequenciamento pré-estabelecido de etapas, pois, por exemplo, no momento de colocação dos revestimentos, os pilares já estavam posicionados, permitindo ao responsável apenas construir nas bordas exteriores de cada elemento.

A organização na plataforma do Trello permitiu uma melhor visão do desenvolvimento do processo, além de auxiliar na locação de tarefas. Porém, um dos problemas encontrados foi a falta de costume em acesso à plataforma, mesmo com uma organização relativamente boa, a equipe não seguia com uma alimetanção rotineira dos dados e informações de cada etapa.

Como o engenheiro responsável pela obra fazia parte da equipe que construiu o modelo BIM, o mesmo tinha acesso em canteiro ao modelo e isso possibilitou que alterações devido a situações de execução, como por exemplo uma relacionada as fundações, que será relatada posteriormente, fossem incorporadas rapidamente e o modelo as-built se tornasse uma representação fiel ao empreendimento.

O projeto hidrossanitário requer uma maior atenção quanto à influência dos seus elementos nos demais projetos. No caso, foi o que apresentou maior volume de incompatibilidades com outras disciplinas. O mesmo foi elaborado em etapas (como todos os outros) e como diversas situações de interferência foram relatadas, com grande parte delas não sendo algo que requeria responsabilidade técnica, foram propostas inúmeras soluções para poupar tempo do projetista e da equipe ao esperar a resposta de relatórios. As soluções propostas não alteravam as características gerais do projeto, apenas algumas mudanças de direção e alinhamento, para que o projeto conseguisse “encaixar” nas demais disciplinas. Semelhantemente aos demais projetos, em situações complicadas, onde iriam requerer responsabilidades por parte dos projetistas para alterações no projeto, foi elaborado um relatório que objetivava solucionar esses problemas, sendo tomada a decisão em conjunto com a construtora.

A nomenclatura adotada facilitou o uso de filtros na etapa de gestão, abrindo uma maior gama de aplicação e possibilidade de relacionamento de seleções de elementos no software Navisworks, permitindo uma combinação de regras por materiais e tipos. Como por exemplo, quando necessitamos selecionar todos os blocos cerâmicos do pavimento, como todos os tipos de blocos continham o mesmo material “Bloco Cerâmico”, quando necessitávamos selecionar os blocos para uma simulação do planejamento das atividades do planejamento, usávamos o filtro a partir do material, porém no quantitativo, quando era necessário separar os tipos de blocos pela espessura, pois apresentam composições de serviço diferentes, usávamos o filtro a partir da nomenclatura do tipo.

Como todos os filtros de seleção salvos podem ser exportados em formato “.xml”, há a possibilidade de reutilização, bastando apenas o processo de construção do modelo BIM seguir o “Template” criado no projeto, respeitando os padrões estabelecidos. Template é um modelo criado a partir de uma estrutura desenvolvida, que no software Revit pode ser replicado por exportação e importação de arquivos “.rvt” e possui sua organização, seus componentes e suas configurações.

O software Navisworks permite a criação de composições de serviços que podem ser utilizadas em todos os posteriores projetos, logo existe uma possibilidade de criação de diversas composições diferentes, que representam tipos de empreendimentos diferentes, permitindo uma automatização de algumas etapas de levantamento. Essa automatização viria a partir da extração da tabela dinâmica do

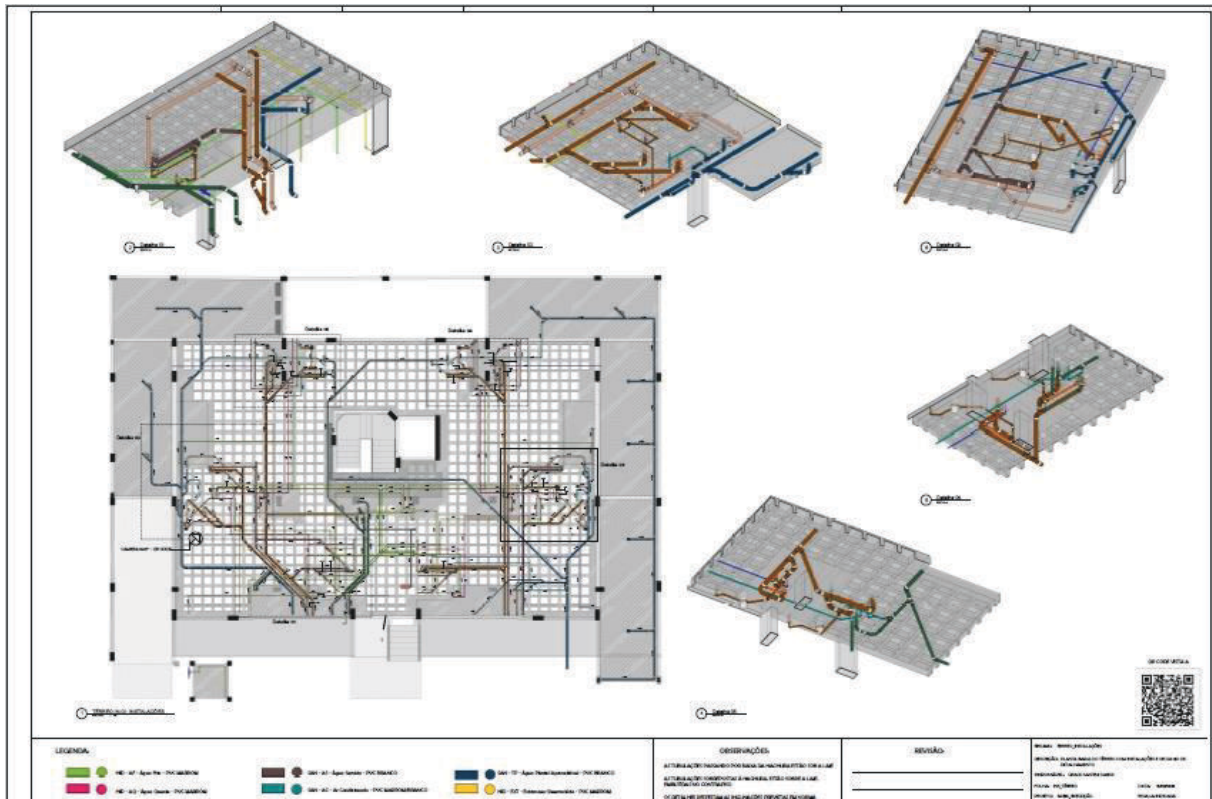
software da Autodesk, e a criação de comandos de rastreamento (PROCV) de dados de tabelas do Excel.

As pranchas de execução, que buscavam simplificar o processo de produção do empreendimento, separando etapas da construção em pranchas para ganho de produtividade e qualidade, juntamente com vídeos específicos para situações complicadas, foram as maneiras encontradas que se mostraram mais efetivas para transmitir o modelo a campo. Foram elaboradas pranchas de esperas para furos estruturais, de alinhamento de fiadas de alvenaria, de montagem das instalações, de impermeabilização e de granito, todas seguindo os padrões construtivos e buscando a aprovação da construtora para utilização em obra.

Na Figura 20, um exemplo de pranchas de instalações, sendo essa a que busca orientar o posicionamento e as conexões dos desvios de prumadas hidrossanitárias. Juntamente na prancha, com as informações bi-dimensionais, foi inserido um QR CODE para facilitar a compreensão do modelo 3D, como ilustrado na Figura 21, com dispositivos portáteis, como celulares.

Essa tentativa de levar o modelo a canteiro inicialmente auxilia apenas a gerência, porém em obra poderia ser utilizada para conferências de execução. Esse código pode ser escaneado com celulares e será encaminhado diretamente para uma página da web onde estão armazenados os arquivos do modelo. No caso, foi utilizado um link direto com plataformas da Autodesk, a partir de uma câmera fixa em uma região escolhida, permitindo uma visualização em 360 a partir do ponto, porém há a possibilidade de inserção do modelo inteiro através de diversos formatos, como o “.dwf” em algumas plataformas, como por exemplo a do Sketchfab.

FIGURA 20 – PRACHA DE EXECUÇÃO DOS DESVIOS DE PRUMADAS HIDROSSANITÁRIAS



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

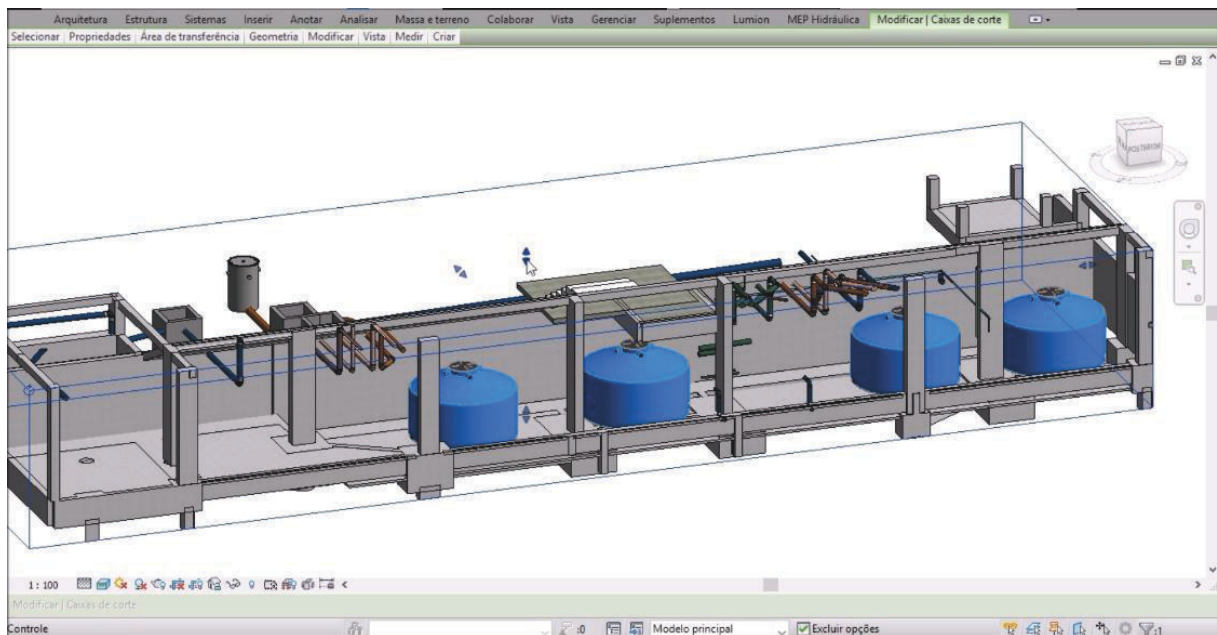
FIGURA 21 – MODELO 3D DISPONÍVEL PARA ACESSO COM SCANEAMENTO DO QR CODE



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

E para representação visual através de vídeos, foi produzido um para detalhamento da região da cisterna, ilustrado na Figura 22, onde haviam furos na cortina e uma situação complicada para posicionamento.

FIGURA 22 – VÍDEO PARA ESCLARECIMENTO DOS DETALHES DA CISTERNA



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Para melhor visualização dos vídeos, os mesmos foram disponibilizados, pelo engenheiro da obra, para os dispositivos remotos dos envolvidos, como o mestre-de-obra e o dono da construtora, além de serem apresentados em canteiro à funcionários da empresa para esclarecimento e tirada de dúvidas, como ilustrado na Figura 23.

FIGURA 23 – APRESENTAÇÃO DE VÍDEOS EM CANTEIRO PARA FUNCIONÁRIO DA EMPREITEIRA



Fonte: Acervo pessoal (2018)

O modelo foi construído para ser a representação virtual do empreendimento, logo para ser realmente eficaz, ele necessita ser compreendido por todos relacionados com o processo, e a visualização dinâmica proporcionada pelos vídeos torna mais fácil o entendimento das diversas situações de projeto.

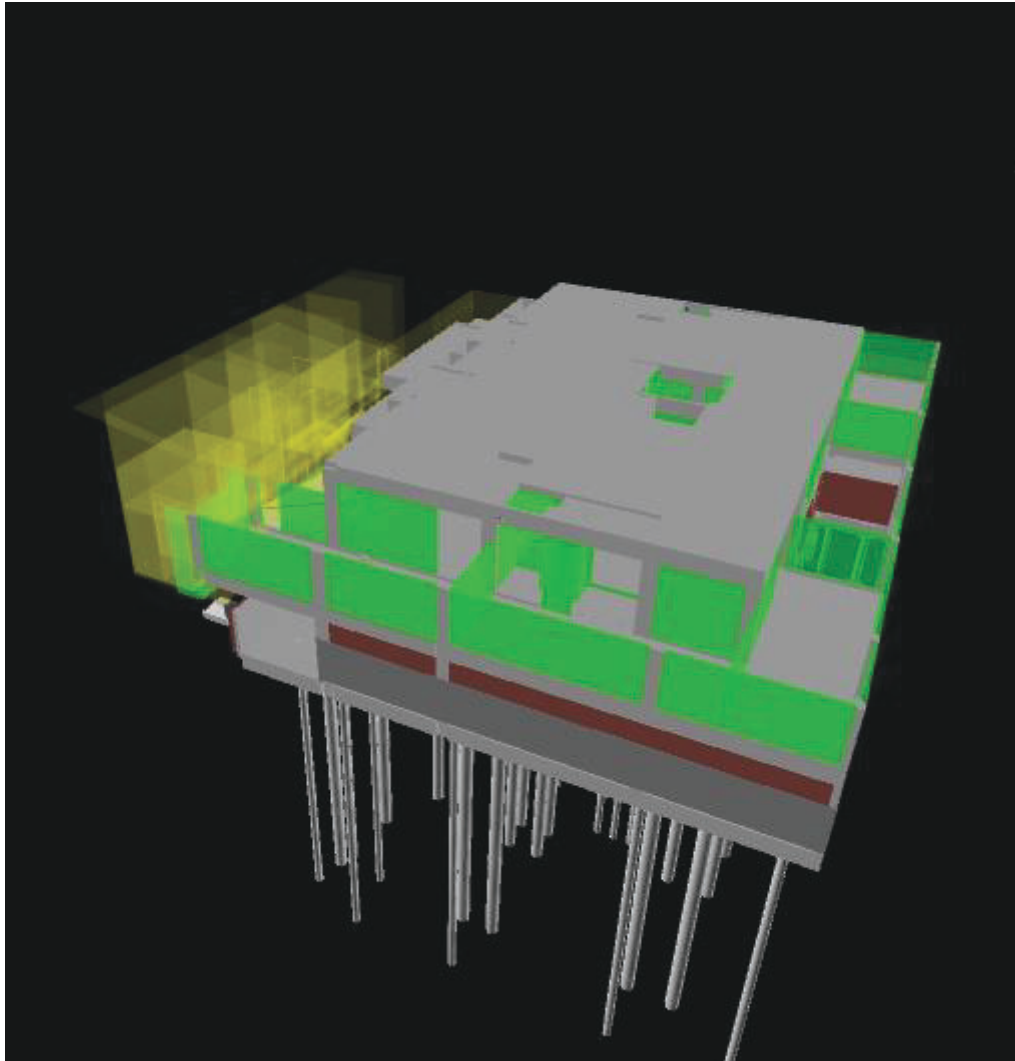
4.2 ADEQUAÇÃO DO CRONOGRAMA A REALIDADE

O trabalho de controle do planejamento, foco do presente TCC, foi desenvolvido durante a execução de um mês do empreendimento, logo o processo inicial buscava levantar possíveis atrasos, os motivos dos desvios, bem como elencar as responsabilidades para uma futura fonte de informações que ajude a otimizar processos na construtora e avaliar as consequências desses desvios nas atividades, para um possível remanejamento das atividades.

Inicialmente foi realizada uma simulação do plano mestre para melhor visualização do sequenciamento de atividades e, como ilustrado na Figura 24, notou-se que devido a posição e configurações do barracão, ele inviabilizada uma parte da etapa de alvenaria do térreo, na região do bicicletário. Isso possibilitou uma quebra da

atividade anteriormente ao início da obra, e adaptação no modelo BIM. Para uma melhor visualização do decorrer do desenvolvimento da obra, optou-se por ocultar o barracão para menor poluição nas imagens.

FIGURA 24 – DETECÇÃO DE PROBLEMA NO PLANO MESTRE DEVIDO AO BARRACÃO



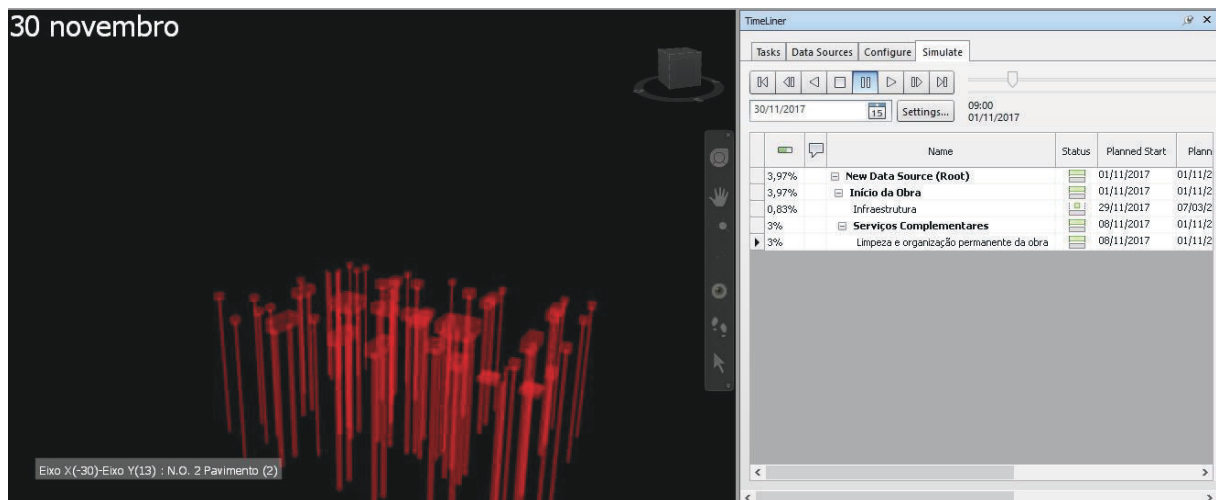
Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Com o alinhamento inicial do plano mestre com os dados contidos no diário de obra, notou-se variações em diversas atividades, sendo algumas adiantadas e outras atrasadas, tendo causas distintas.

O serviço de fundações teve seu início comprometido já no começo da obra, ilustrado na Figura 25. Durante as escavações iniciais, notou-se que cruzando o terreno do empreendimento, haviam tubulações de drenagem urbana de concreto, e isso não estava previsto em projeto e não haviam informações dos órgãos públicos sobre a

tubulação. Após visita no local, com acesso pelo prédio vizinho, foram identificadas as tubulações, e elaborado um croqui para adaptação do projeto de estaqueamento com a realidade em campo. Isso demandou bastante tempo e resultou em um atraso inicial da atividade.

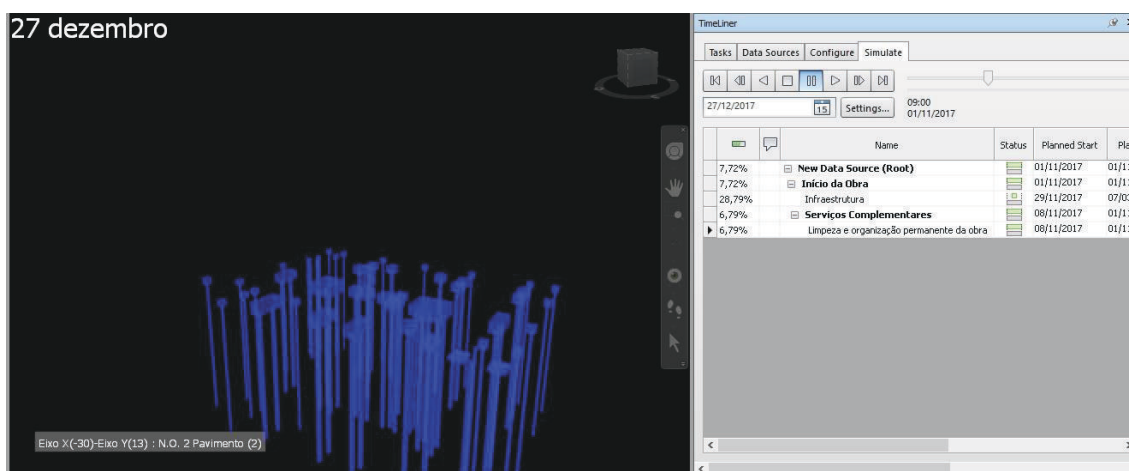
FIGURA 25 – INICIO ATRASADO DAS FUNDAÇÕES



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Contudo, como o empreendimento tinha sido pensado considerando uma estratégia de planejamento com prazos amplos, onde a obra segue um balanço financeiro da construtora, que possui outros empreendimentos sendo executados simultaneamente, o prazo para término dessa atividade estava realizável, mesmo com os imprevistos. Isso resultou em uma atividade com término anterior a data programada, como demonstrado na Figura 26.

FIGURA 26 – TÉRMINO ADIANTADO DAS FUNDAÇÕES



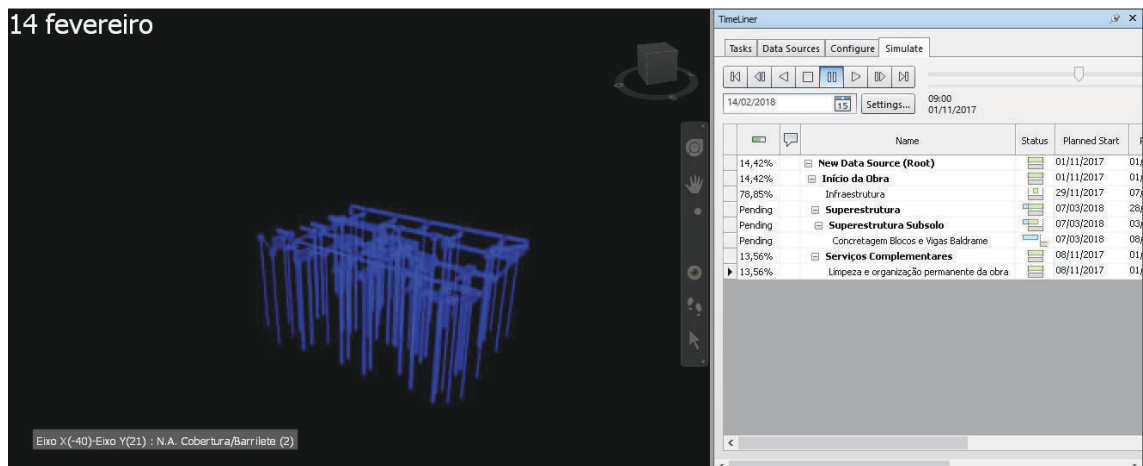
Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Um dos problemas encontrados nessa etapa com relação ao modelo BIM, foi que a família inserida pela equipe durante o processo de construção virtual não estava de acordo com o sequenciamento de atividades construtivas, pois ela era constituída de um único elemento para o bloco e a estaca, e em obra, o estaqueamento com o sistema de hélice continua é realizado em uma atividade anterior a montagem das formas, colocação das armaduras e concretagem dos blocos de fundação. Isso não se mostrou como um grande problema, pois além de o plano mestre não separar as atividades, ser somente uma geral para infraestrutura, ele tinha um período dimensionado com espaço para imprevistos.

Devido a este término adiantado das fundações e uma possibilidade financeira de antecipar as atividades posteriores, já foram iniciadas as atividades de montagem das formas, dobra e posicionamento das armaduras e concretagem dos blocos de fundação e vigas baldrame, como ilustrado na Figura 27. Essa atividade não estava no plano mestre da empreiteira e foi adicionada pelo autor para melhor distinguir no modelo, e auxiliar a compreensão das etapas.

Com relação ao modelo, foram linkadas com o planejamento somente as vigas baldrame, devido ao problema já relatado anteriormente.

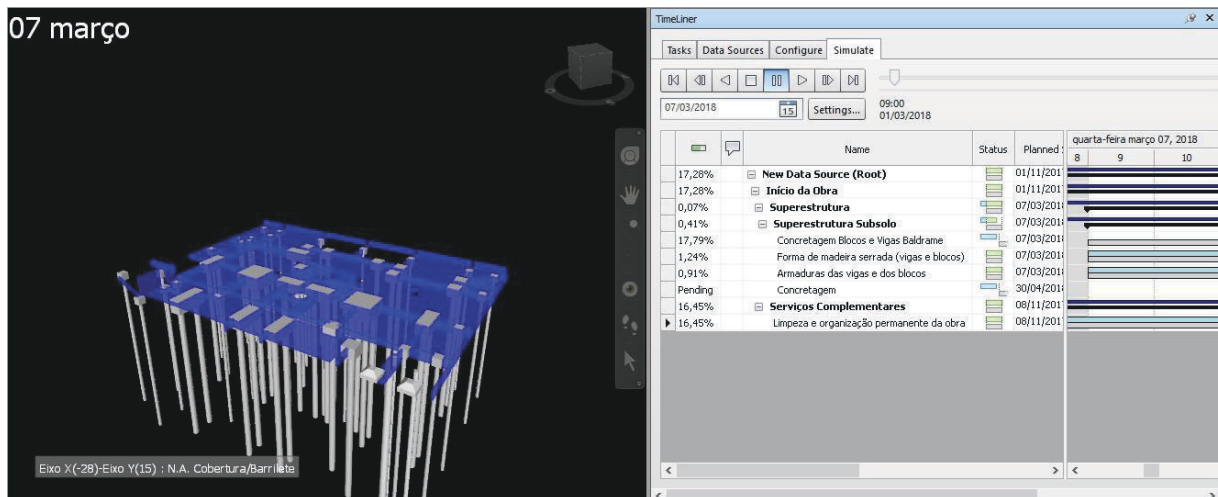
FIGURA 27 – INICIO ADIANTADO DA CONCRETAGEM DOS BLOCOS E VIGAS BALDRAMES



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Como haviam recursos para a continuação do sequenciamento de atividades, optou-se por seguir com elas mesmo estando adiantadas com relação ao pré-estabelecido. A superestrutura do subsolo se iniciou quinze dias uteis antes do previsto, e finalizou onze dias antes, como visto na Figura 28.

FIGURA 28 – CONCRETAGEM DA SUPERESTRUTURA SUBSOLO ADIANTADA



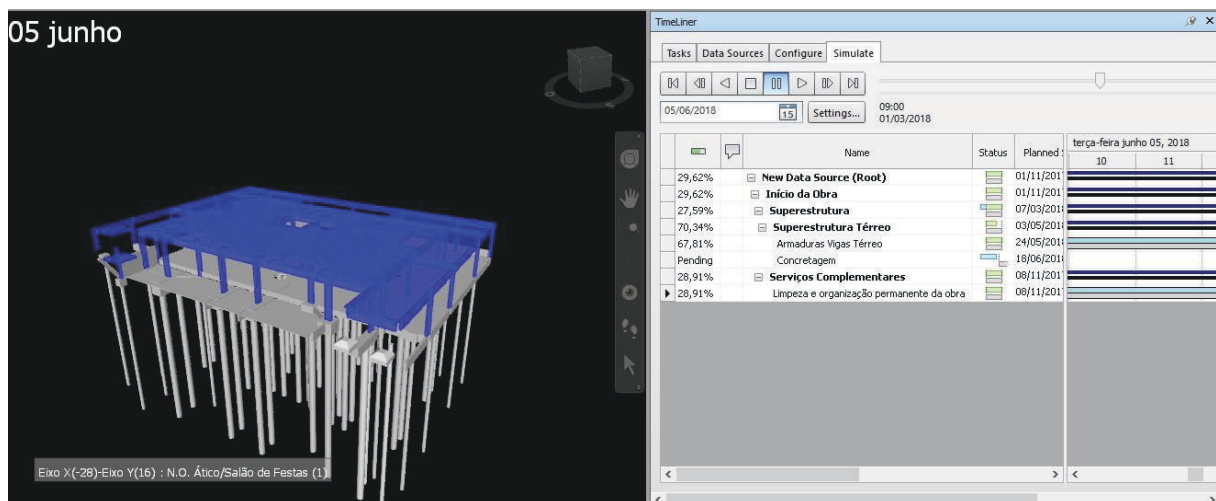
Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Com a evolução da obra, a construtora optou por conter um pouco o desenvolvimento antecipado das etapas, realizando atividades com menos mão-de-obra e conseqüentemente com um ritmo reduzido.

Um fato importante que impactou diretamente no planejamento da empreiteira e influenciou tomadas de decisão por parte da construtora, foi a greve dos caminhoneiros, que se iniciou no dia 21 de maio e estendeu-se até perto de 30 do mesmo mês. Essa paralisação afetou o setor de suprimentos e resultou em uma paralisação de oito dias úteis de obra, com um retorno aos serviços apenas no dia 4 de julho.

Entretanto, como a construção estava adiantada e nos dias iniciais da greve alguns trabalhadores compareceram a obra, a concretagem do térreo ainda foi finalizada com nove dias de antecedência, como demonstrado na Figura 29.

FIGURA 29 – CONCRETAGEM SUPERESTRUTURA TÉRREO ADIANTADA

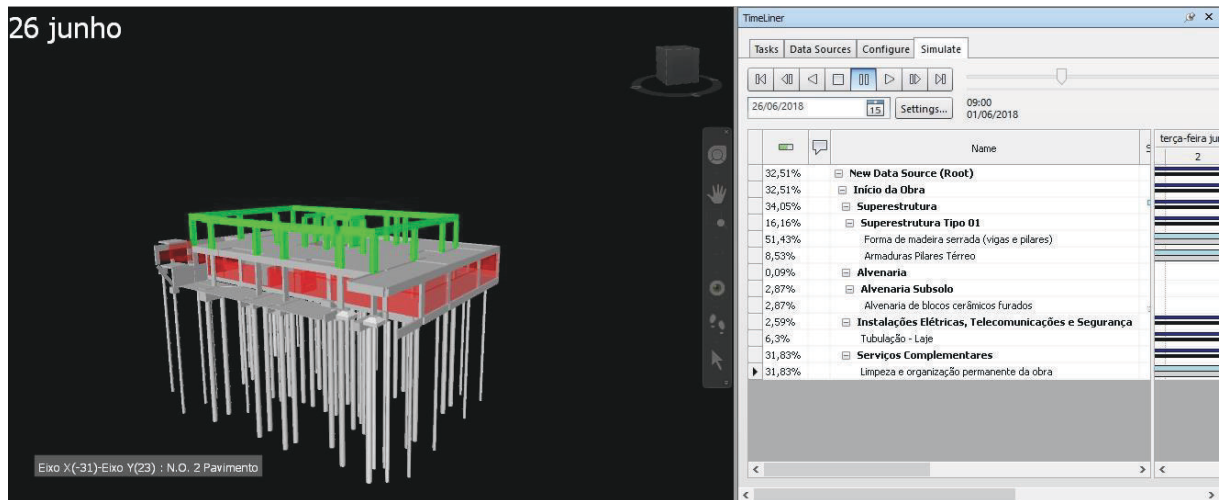


Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

A partir do 1º pavimento, optou-se por aprofundar mais o controle do cronograma, pois buscava-se, além de validar possibilidades futuras, permitir um planejamento de curto e médio prazo. Para isso, foram modeladas as formas de madeira dos pilares, vigas e laje, no software Revit do 1º pavimento, 2º pavimento e ático, objetivando o controle também dessa atividade.

Nesse pavimento, a construtora buscou alinhar o planejado do que estava sendo executando e as formas já iniciaram e terminaram na data estabelecida, ilustrado na Figura 30. Além disso, a alvenaria do subsolo estava planejada para iniciar dia 26 de junho e ocorreu somente em 20 de julho, terminando dia 7 de agosto com sua previsão inicial para 3 de julho, estando assim vinte e quatro dias úteis atrasado.

FIGURA 30 – ALVENARIA SUBSOLO ATRASADA



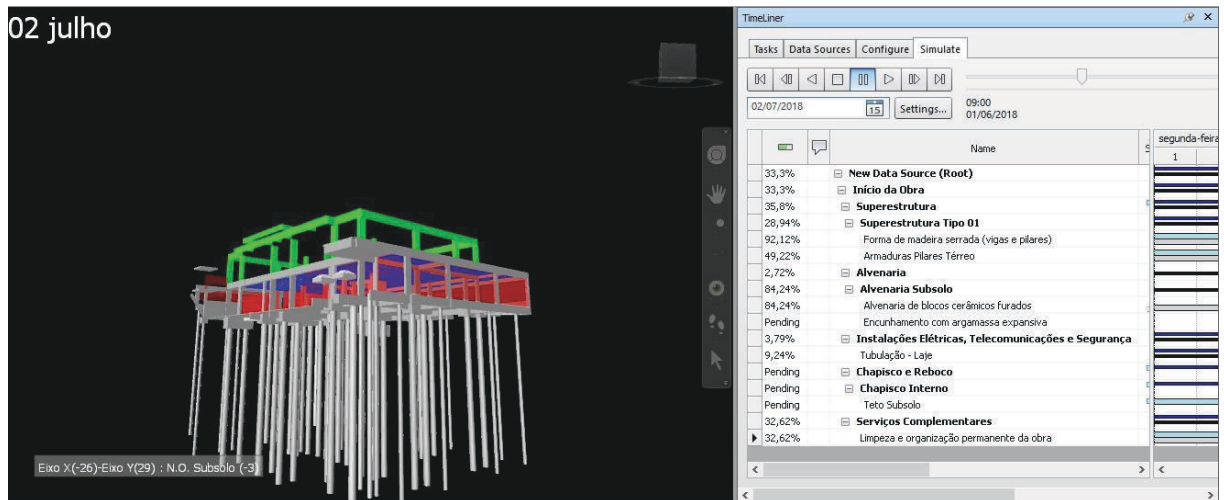
Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

A causa desse atraso está relacionada a uma estratégia da construtora. Como a empreiteira trabalha com mão-de-obra fixa para cada empreendimento, a construtora optou por adiar o início dessa atividade para não, além de gerar uma ociosidade da mão-de-obra, propiciar a situação onde o pedreiro iria terminar o seu serviço e sair da obra, reduzindo potenciais ganhos na curva de aprendizado.

Esse atraso se classifica como crítico, não-concorrente, desculpável e não-compensável. Igualmente a situação das fundações, a alvenaria do subsolo pode ter um impacto nas seguintes atividades, e todo tempo extra despendido de suas consequências deve ser acrescido do tempo de conclusão do empreendimento.

Devido a um atraso no início na alvenaria do subsolo, a disponibilidade de mão-de-obra e de material para o início de uma atividade iminente no planejado, a de chapisco, o engenheiro e o mestre-de-obra optaram por segmentar a atividade em duas etapas, separando em teto e paredes-peças estruturais verticais. Isso resultou em um início antecipado do chapisco de teto, demonstrado na Figura 31, porém posteriormente, relatou-se uma perda de produtividade devido a essa separação, tanto por gerar um retrabalho durante a execução do chapisco de parede, pois fez-se necessário o preenchimento dos encaixes entre os elementos, como por desperdício de material, porque caso fossem executados simultaneamente, com a utilização de uma lona no piso, tornaria-se possível a reutilização mais eficiente da argamassa que desgruda do teto nas paredes e outras peças verticais.

FIGURA 31 – CHAPISCO TETO SUBSOLO ANTECIPADO

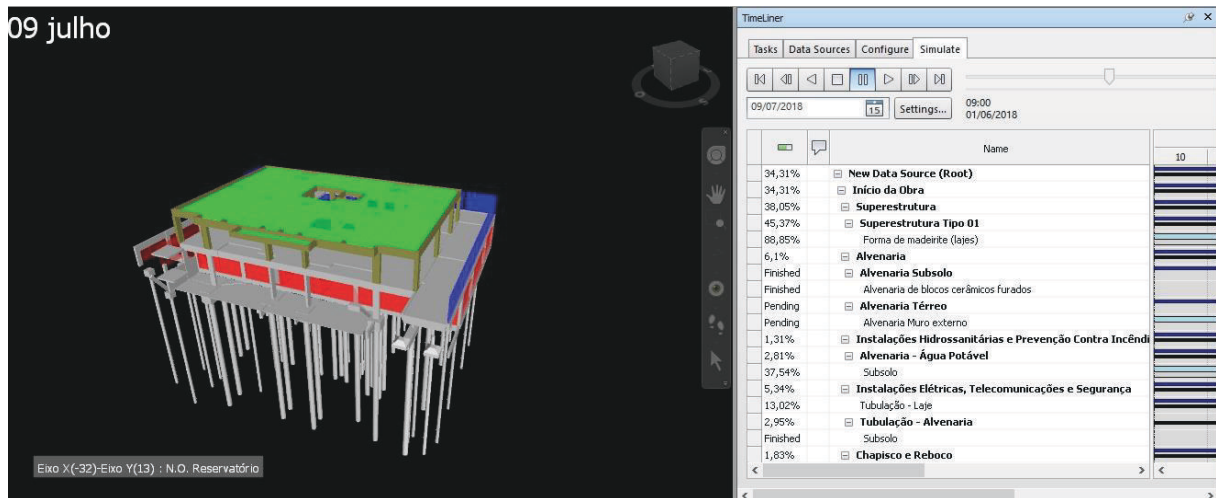


Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Com relação ao modelo BIM, para que fosse possível a segmentação do chapisco, bastava a criação de novos filtros, separando o chapisco de parede e de teto, sendo possível ser feita a seleção pela segmentação por família de elemento, um sendo parede e o outro forro.

Outra atividade que foi segmentada para melhor atender as necessidades de obra foram os muros do perímetro do térreo. Como estratégia para ampliar a proteção com os vizinhos, de queda de materiais e conter a sujeira da obra nas suas delimitações, foram levantadas as alvenarias de fechamento do terreno, menos a frontal pois a mesma já contém os tapumes de madeira. Com isso, a atividade, que no plano mestre englobava todo o fechamento do térreo, foi segmentada e seu término se deu antes do previsto para todo o pavimento, como representado na Figura 32.

FIGURA 32 – ALVENARIA MURO EXTERNO ANTECIPADA



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Para a adaptação do modelo BIM, foi necessário inserir um parâmetro de texto nas paredes que faziam parte desse fechamento no Revit, e posteriormente foram criadas regras, ilustradas na Figura 33, para automatizar sua seleção no Navisworks.

FIGURA 33 – REGRAS PARA SELEÇÃO DO MURO EXTERNO A PARTIR DO PARÂMETRO DE TEXTO

Category	Property	Condition	Value
Element	Family	=	Parede básica
Item	Material	=	1.Bloco Cerâmico
Element	Comentários	=	Muro Externo

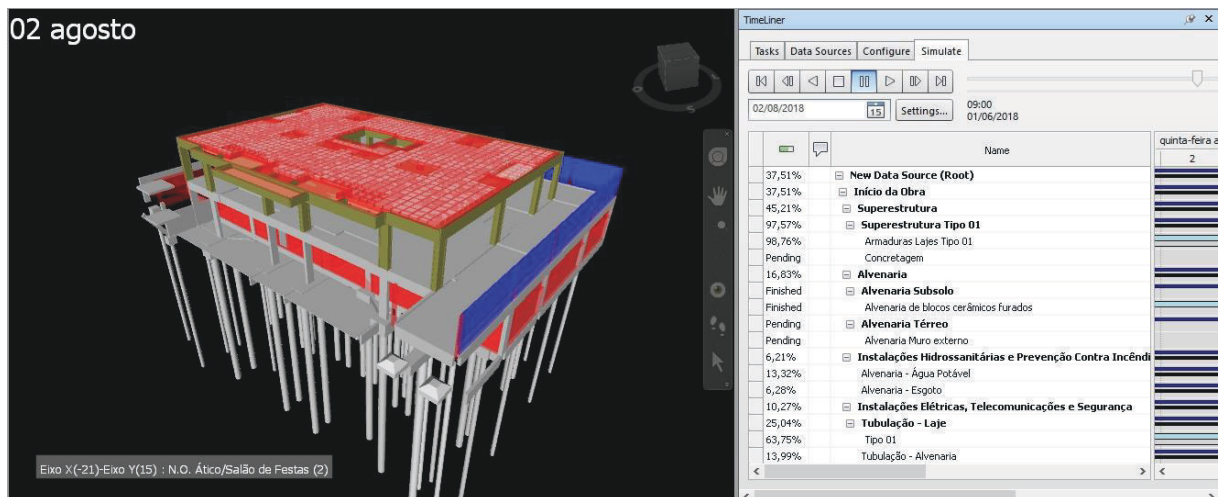
Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Além do muro, outra atividade segmentada que iniciou antecipadamente, foi o reboco de teto do subsolo. Como a construtora executa uma camada única, o modelo foi construído seguindo essa lógica e o filtro foi de acordo com o material.

A concretagem do tipo 1 foi realizada atrasada ao estipulado inicialmente em dois dias uteis, como demonstrado na Figura 34, e ocorreu por decisão da própria

construtora, que adiou a concretagem, se classificando igualmente aos demais, como crítico, concorrente, desculpável e não-compensável. Porém, o atraso foi simultâneo a outro de responsabilidade da construtora, logo problemas relacionados a eles serão culpa da própria empresa.

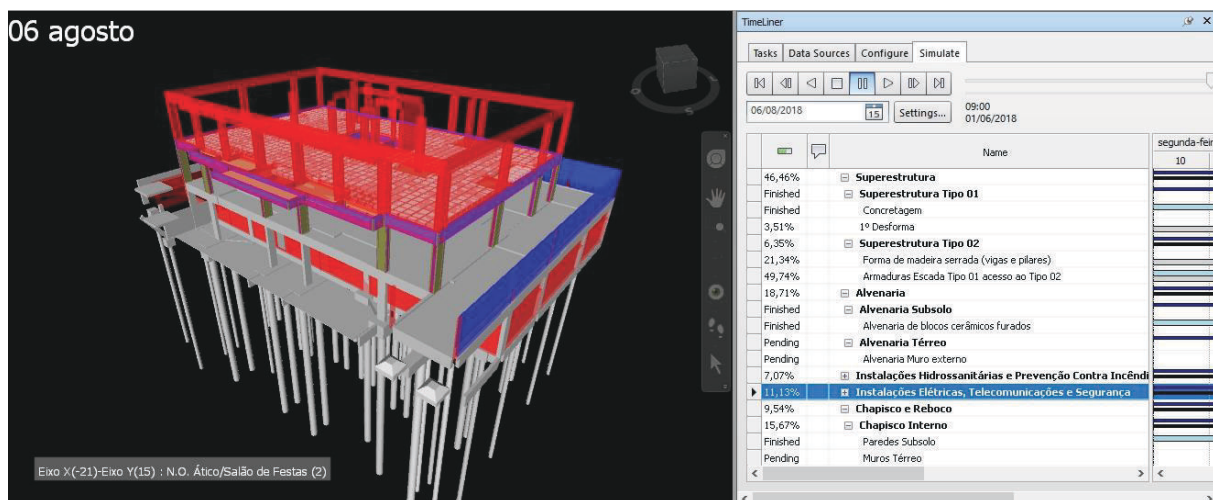
FIGURA 34 – CONCRETAGEM DO TIPO 1 ATRASADA



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

A Figura 35 relata uma consequência direta do atrasado anterior, com a desforma lateral do tipo 01 atrasada em dois dias úteis, e por uma situação onde houve uma menor disponibilidade de mão-de-obra, com a falta de um carpinteiro e um servente, as formas de pilares e vigas do tipo 02 iniciaram quatro dias úteis atrasadas. Nota-se a primeira etapa de desforma com o intuito de controlar o cronograma, representada em roxo com 50% de transparência por estar atrasada, e esse atraso foi causado devido a essa indisponibilidade de mão-de-obra.

FIGURA 35 – FORMAS DE VIGAS E PILARES DO TIPO 2 ATRASADAS



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

O atraso na 1ª desforma (laterais) foi uma consequência direta do atraso na concretagem, que era sua predecessora imediata, devido a o planejamento seguir o período de três dias para início da desforma lateral dos pilares e vigas.

Já no caso das formas do tipo 02, o atraso de quatro dias úteis foi devido a um problema relacionado à redução da frente de trabalho, de responsabilidade do empreiteiro, classificando-se como crítico, concorrente, pois ocorreu simultaneamente ao atraso na desforma lateral do tipo 1, e não-desculpável, pois estava no controle do empreiteiro. Como o atraso é concorrente, ocorrendo simultaneamente um de responsabilidade do dono da obra, ele poderia levar a uma disputa final entre os envolvidos para definições.

Entretanto, analisando o cronograma da empreiteira e discutindo a proposta da construtora de construir o empreendimento de acordo com seu balanço financeiro, notou-se que o planejado tinha datas com folgas, que possibilitavam a conclusão do empreendimento nos prazos estipulados.

Para o dia 10 de agosto estava previsto o início da alvenaria do térreo, porém discutindo com o engenheiro de obra ficou claro que isso se tratava de um erro no plano mestre, pois não estava previsto a desforma da concretagem do pavimento acima. Foi relatado que esse problema já tinha sido mapeado e atividade já tinha sido adiada, porém isso não tinha sido repassado ao cronograma.

Como consequência direta de todos os atrasos ocorridos, as formas do pavimento superior também iniciaram com data posterior ao previsto, e posteriormente a concretagem seguiu com os atrasos.

Abaixo, na Figura 36, encontra-se o resumo dos atrasos, que serviu para dar suporte a tomada de decisões na etapa de elaboração do plano de médio de curto prazo. Como esperado pela revisão bibliográfica, o empreendimento analisado apresentou uma situação similar as pesquisas já realizadas. A principal causa de atrasos está relacionada a decisões da construtora em adiar as atividades, e a segunda causa está relacionado a problemas com a mão-de-obra, com a falta de funcionários, sendo responsabilidade do empreiteiro.

FIGURA 36 – RESUMO DOS ATRASOS

Atividade (serviço)	Início previsto	Término previsto	Início real	Término real	Motivo	Classificação	Responsável
Fundações	29/11/2018	07/03/2018	14/12/2018	26/12/2018	Opção da construtora	Adiantado	Construtora
Blocos de fundação e vigas baldrame	07/03/2018	08/03/2018	14/02/2018	15/02/2018	Opção da construtora	Adiantado	Construtora
Concretagem superestrutura Terreo	18/06/2018	19/06/2018	05/06/2018	06/06/2018	Opção da construtora	Adiantado	Construtora
Alvenaria Subsolo	26/06/2018	03/07/2018	20/07/2018	07/08/2018	Opção da construtora	Crítico, não-concorrente, desculpável e não-compensável	Construtora
Chapisco teto	03/07/2018	10/07/2018	02/07/2018	06/07/2018	Opção da construtora	Adiantado	Construtora
Alvenaria muro Terreo	10/08/2018	13/09/2018	09/07/2018	19/07/2018	Opção da construtora	Adiantado	Construtora
Concretagem tipo 01	02/08/2018	03/08/2018	06/08/2018	07/08/2018	Opção da construtora	Crítico, concorrente, desculpável e não-compensável	Construtora
Formas tipo 02	03/08/2018	17/08/2018	09/08/2018	24/09/2018	Disponibilidade de mão-de-obra	Crítico, concorrente, não-desculpável	Empreiteira
Desforma tipo 01	06/08/2018	10/08/2018	09/08/2018	17/08/2018	Opção da construtora	Crítico, concorrente, desculpável e não-compensável	Construtora

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Compilados os dados contidos no diário de obra, e elencadas as responsabilidades e seus impactos nas atividades futuras, iniciou-se o desenvolvimento dos planos de médio e curto prazo.

4.3 PLANO DE MÉDIO E CURTO PRAZO

Após a análise do cronograma e a discussão com o engenheiro e o mestre de obra, elaborou-se uma proposta de realocar as atividades e buscar seguir as novas datas estipuladas. Para realizar isso foram elaboradas fichas de previsão de atividades, que continham informações visuais sobre quais atividades seriam executadas e quando, pranchas para atividades específicas visando facilitar a produção, juntamente com os quantitativos levantados com o auxílio de ferramentas BIM que seguem a composição dos serviços de construtora, com dados recolhidos juntamente com o engenheiro e profissionais de mão-de-obra de confiança da empresa.

Esse material busca ser um planejamento de médio e curto prazo, para possibilitar a construtora guiar a mão de obra nas etapas, e ser uma fonte de dados rápido e confiável sobre informações de quantidades a serem compradas.

A primeira atividade a ser remanejada foi a alvenaria do térreo, onde foi estipulado o início dia 3 de outubro, para adaptação a realidade da etapa de desforma do tipo 1. Com isso, o modelo que antes demonstrava a atividade atrasada, agora aparece como executada como planejado. Como consequência disso, a próxima atividade, que estava vinculada a essa, a de chapisco interno, foi adiada de acordo com a estratégia da construtora, em três dias após o final da alvenaria.

A próxima atividade remanejada foi a de formas do ático. Devido ao atraso na concretagem do pavimento inferior, as formas, que faziam parte do caminho crítico, conseqüentemente tiveram seu início adiado.

Com essas adaptações, foi elaborado o plano de médio prazo, que buscava dar uma visão mais ampla as necessidades do mês de outubro na obra e auxiliar a tomada de decisões pela construtora. O primeiro esquema do plano de médio prazo, ilustrado na Figura 37, contém os quantitativos das atividades com início entre os dias 3 e 8 de outubro, e já demonstra algumas atividades, grifadas em vermelho, que tem seu prazo de término no próprio mês de outubro.

No quantitativo de alvenaria nota-se um grande volume de composições de serviços, todas elaboradas através dos métodos adotados pela construtora para cada etapa, como por exemplo, a de assentamento dos blocos cerâmicos, que é feito com argamassa em canteiro e a cotação é por saco de cimento de 50kg. Porém, algumas

informações, como as composições para o encunhamento não foram necessárias pois a construtora adotou um produto industrializado.

FIGURA 37 – ESQUEMA 1 DO PLANO DE MÉDIO PRAZO

PLANEJAMENTO DE MEDIO PRAZO				
DATA	08/10/2018	01/11/2018		
ELABORADO POR	PAULO H. KLEIN			
RESPONSÁVEL	GRACO DAROS			
EMPREENDIMENTO	RESIDENCIAL CANTO DO SABIA			
ATIVIDADES A SEREM REALIZADAS	UNIDADE	QUANTIDADE	INÍCIO	TÉRMINO
Alvenaria Térreo				
Alvenaria de blocos cerâmicos furados 9 cm			03/10/2018	08/10/2018
Aditivo Expansor - Encunhamento (kg)	kg	0,236890895		
Área (m²)	m²	113,4331449		
Areia Assentamento (m³)	m³	0,765673728		
Areia Encunhamento (m³)	m³	0,051129474		
Cal Assentamento (m³)	m³	0,170149717		
Quantidade de Blocos	un	2835,828624		
Sacos Cimento Assentamento (50kg)	50kg	2,363152709		
Sacos Cimento Encunhamento (50kg)	50kg	0,473799789		
Alvenaria de blocos cerâmicos furados 11,5 cm			03/10/2018	08/10/2018
Aditivo Expansor - Encunhamento (kg)	kg	0,608933256		
Área (m²)	m²	171,5113553		
Areia Assentamento (m³)	m³	1,47928544		
Areia Encunhamento (m³)	m³	0,131424444		
Cal Assentamento (m³)	m³	0,32878268		
Quantidade de Blocos	un	4287,783884		
Sacos Cimento Assentamento (50kg)	50kg	4,565632279		
Sacos de Cimento Encunhamento (50kg)	50kg	1,217866513		
Alvenaria de blocos cerâmicos furados 14 cm			03/10/2018	08/10/2018
Aditivo Expansor - Encunhamento (kg)	kg	0,476711847		
Área (m²)	m²	142,4111191		
Areia Assentamento (m³)	m³	1,495316751		
Areia Encunhamento (m³)	m³	0,066141932		
Cal Assentamento (m³)	m³	0,331817908		
Quantidade de Blocos	un	3560,277978		
Sacos Cimento Assentamento (50kg)	50kg	4,615117137		
Sacos Cimento Encunhamento (50kg)	50kg	0,953423694		
Alvenaria de blocos concreto autoclavado			03/10/2018	08/10/2018
Aditivo Expansor - Encunhamento (kg)	kg	0,068734918		
Areia Assentamento (m³)	m³	0,010645053		
Areia Encunhamento (m³)	m³	0,014834874		
Cal Assentamento (m³)	m³	0,118103397		
Equipe Assentamento/dia (2 pedr + 1 ajud)	m²	0,333272373		
Pedreiro Encunhamento	un	0,101331109		
Quantidade de Blocos	50kg	178,3677396		
Sacos Cimento Assentamento (50kg)	50kg	0,032816997		
Sacos Cimento Encunhamento (50kg)	50kg	0,137469836		
Superestrutura Tipo 02				
1ª Desforma	m²	154,81302	08/10/2018	08/10/2018

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

O segundo esquema do plano mensal, ilustrado na Figura 38, contém os quantitativos de atividades que iniciam de 9 a 31 de outubro. Para a atividade de chapisco interno, foi relatado a possibilidade de execução da atividade com insumos pré-prontos, logo adicionou-se a composição o insumo “Volume de Argamassa”. Entretanto, na obra optou-se por utilizar um chapisco feito em canteiro, e somente as informações relativas ao traço foram consideradas. Porém, como não havia uma

maneira de controlar e validar esses valores, o engenheiro optou por basear-se nos dados já levantados pela construtora para produção.

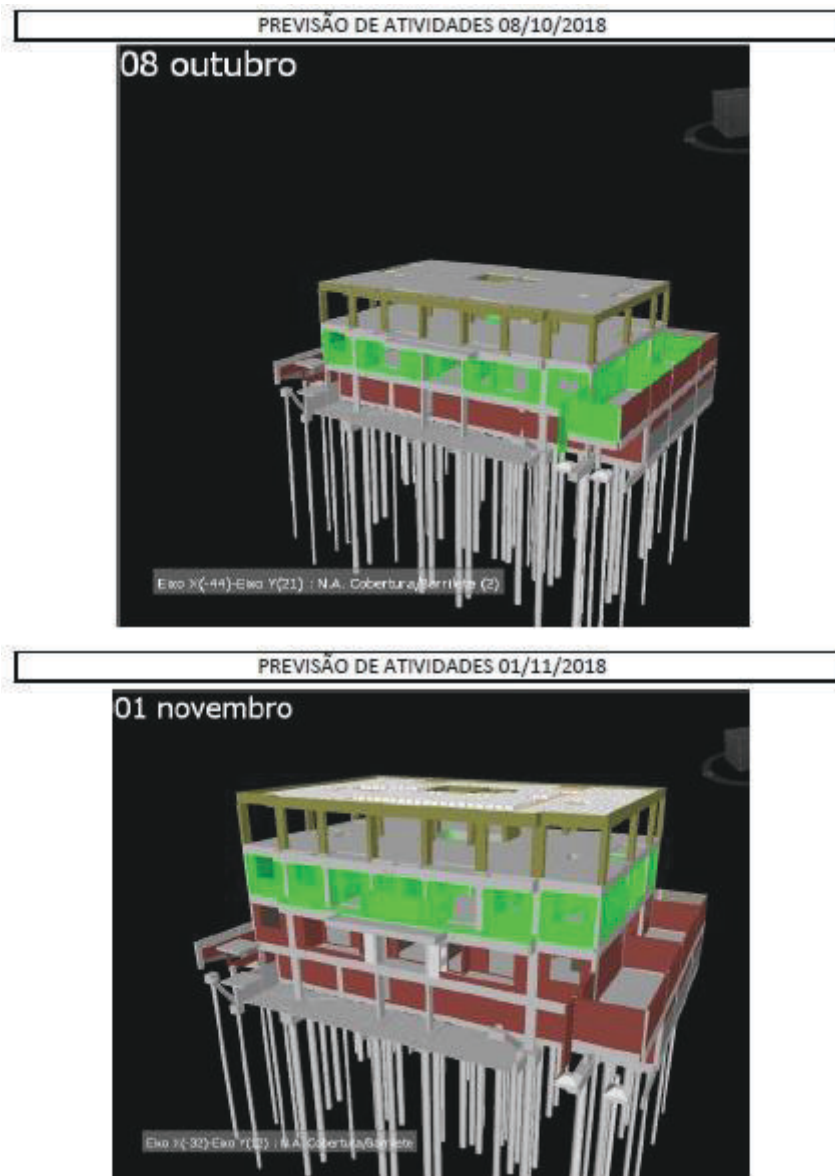
FIGURA 38 – ESQUEMA 2 DO PLANO DE MÉDIO PRAZO

PLANEJAMENTO DE MEDIO PRAZO				
DATA	09/10/2018	01/11/2018		
ELABORADO POR	PAULO H. KLEIN			
RESPONSÁVEL	GRACO DAROS			
EMPREENDIMENTO	RESIDENCIAL CANTO DO SABIA			
ATIVIDADES A SEREM REALIZADAS	UNIDADE	QUANTIDADE	INÍCIO	TÉRMINO
Superestrutura Ático				
Formas de madeira serrada (vigas e pilares)	m ²	96,689912	09/10/2018	23/10/2018
Forma de madeirite (lajes)	m ²	278,0409598	23/10/2018	23/10/2018
Superestrutura Tipo 02				
2º Destoma	m ²	362,7012728	24/10/2018	24/10/2018
Chapisco Térreo				
Paredes Internas			22/10/2018	31/10/2018
Aditivo Ligante (kg)	kg	291,3235461		
Área (m ²)	m ²	647,3656581		
Área (m ²)	m ²	2,24392575		
Sacos de Cimento (50kg)	50kg	20,79371195		
Volume de Argamassa (m ³)	m ³	2,991901		
Alvenaria Tipo 1				
Alvenaria de blocos cerâmicos furados 9 cm			31/10/2018	14/11/2018
Aditivo Expansor - Encunhamento (kg)	kg	0,374397379		
Área (m ²)	m ²	144,9631719		
Área Assentamento (m ²)	m ²	0,978501411		
Área Encunhamento (m ²)	m ²	0,08080519		
Cal Assentamento (m ²)	m ²	0,217444758		
Quantidade de Blocos	un	3624,079298		
Sacos Cimento Assentamento (50kg)	50kg	3,020017761		
Sacos de Cimento Encunhamento (50kg)	50kg	0,748794758		
Alvenaria de blocos cerâmicos furados 11,5 cm			31/10/2018	14/11/2018
Aditivo Expansor - Encunhamento (kg)	kg	0,536723245		
Área (m ²)	m ²	176,8324871		
Área Assentamento (m ²)	m ²	1,525180201		
Área Encunhamento (m ²)	m ²	0,115839549		
Cal Assentamento (m ²)	m ²	0,338987878		
Quantidade de Blocos	un	4420,812177		
Sacos Cimento Assentamento (50kg)	50kg	4,707280806		
Sacos Cimento Encunhamento (50kg)	50kg	1,073446489		
Alvenaria de blocos cerâmicos furados 14 cm			31/10/2018	14/11/2018
Aditivo Expansor - Encunhamento (kg)	kg	0,46503067		
Área (m ²)	m ²	130,6487862		
Área Assentamento (m ²)	m ²	1,371812255		
Área Encunhamento (m ²)	m ²	0,064521213		
Cal Assentamento (m ²)	m ²	0,304411672		
Quantidade de Blocos	un	3266,219654		
Sacos Cimento Assentamento (50kg)	50kg	4,233935213		
Sacos Cimento Encunhamento (50kg)	50kg	0,930061341		
Alvenaria de blocos concreto autoclavado			31/10/2018	14/11/2018
Aditivo Expansor - Encunhamento (kg)	kg	0,102313372		
Área Assentamento (m ²)	m ²	0,016026464		
Área Encunhamento (m ²)	m ²	0,022082023		
Cal Assentamento (m ²)	m ²	0,177808398		
Quantidade de Blocos	50kg	265,5272073		
Sacos Cimento Assentamento (50kg)	50kg	0,049407027		
Sacos Cimento Encunhamento (50kg)	50kg	0,204626743		

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

No terceiro esquema, Figura 39, encontram-se as imagens de como o empreendimento está planejado para ser executado, de acordo com as adaptações acordada entre os envolvidos.

FIGURA 39 – ESQUEMA 3 DO PLANO DE MÉDIO PRAZO



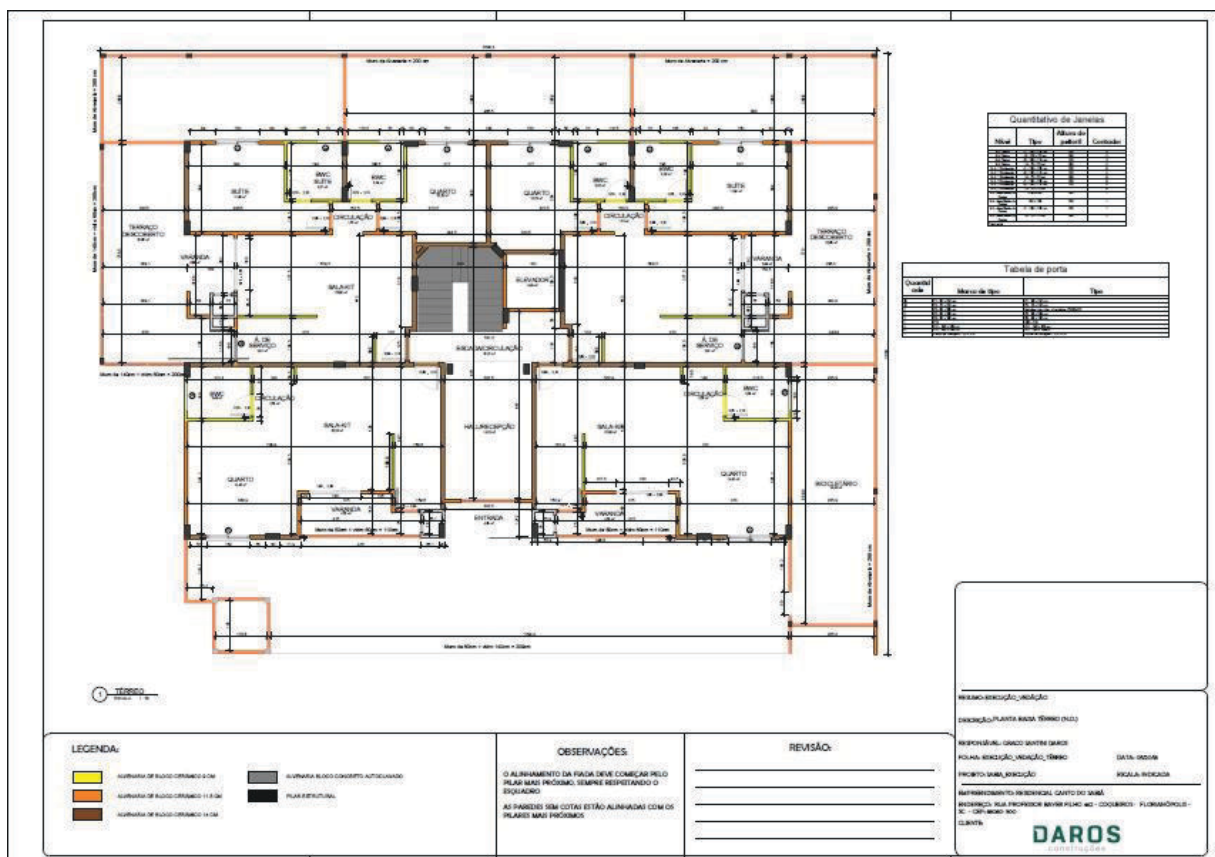
Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Na semana de 8 a 12 de outubro, iniciou-se a aplicação do procedimento de controle de curto prazo, demonstrados nas Figura 41 e Figura 42, onde foram unidas imagens da simulação semanal com dados retirados dos quantitativos e organizados em folha A4 e enviada por email ao engenheiro de obra no domingo para validação e discussão em obra no início da semana.

Para essa semana estavam previstas as atividades de forma de vigas e pilares da superestrutura do ático, a desforma inicial (face lateral) do tipo 2, e a alvenaria do térreo. Logo, juntamente com o esquema do plano semanal foi enviado ao engenheiro

de obra a prancha de alvenaria, ilustrada na Figura 40, que buscava guiar a execução das fiadas de blocos. Na prancha, as paredes estão representadas somente pelos blocos, segmentados por espessuras e diferenciados por filtro de cores, além de possuir as identificações de esquadrias. O alinhamento dos elementos é de acordo com o que já está executado em canteiro, no caso a superestrutura do pavimento. Juntamente a representação há uma tabela de quantitativos de esquadrias para auxiliar na marcação dos vãos.

FIGURA 40 – PRANCHA DE EXECUÇÃO – ALVENARIA DO TÉRREO



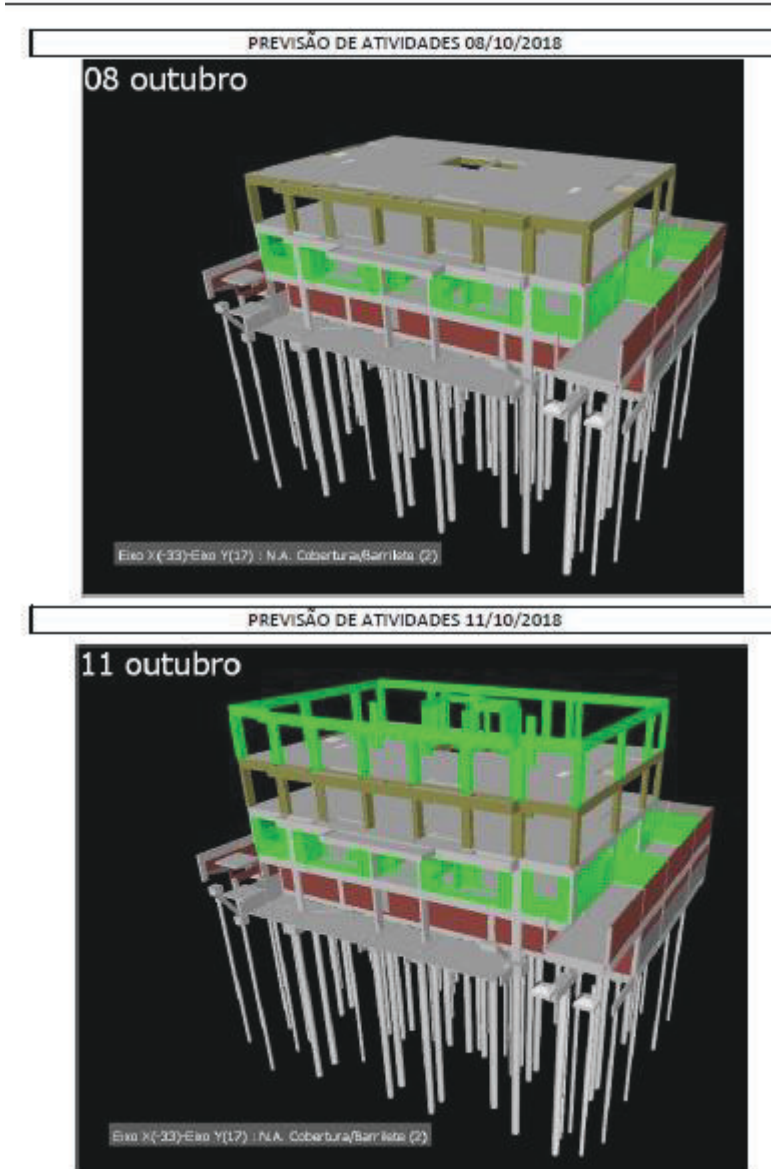
Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

FIGURA 41 – ESQUEMA 1 DO PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO DE 8 A 11 DE OUTUBRO

PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO				
DATA	08/02/2018	11/10/2018		
ELABORADO POR	PAULO H. KLEIN			
RESPONSÁVEL	GRACO DAROS			
EMPREENDIMENTO	RESIDENCIAL CANTO DO SABIA			
ATIVIDADES A SEREM REALIZADAS	UNIDADE	QUANTIDADE	INICIO	TÉRMINO
Superestrutura Tipo 02				
1º Desforma	m²	154,81302	08/10/2018	15/10/2018
Superestrutura Ático				
Formas de madeira serrada (vigas e pilares)	m²	98,669912	09/10/2018	23/10/2018
Alvenaria Térreo				
Alvenaria de blocos cerâmicos furados 9 cm			03/10/2018	19/10/2018
Aditivo Expansor - Encunhamento (kg)	kg	0,236899895		
Área (m²)	m²	113,4331449		
Areia Assentamento (m³)	m³	0,765673728		
Areia Encunhamento (m³)	m³	0,051129474		
Cal Assentamento (m³)	m³	0,170149717		
Quantidade de Blocos	un	2835,828624		
Sacos Cimento Assentamento (50kg)	50kg	2,363152709		
Sacos Cimento Encunhamento (50kg)	50kg	0,473799789		
Alvenaria de blocos cerâmicos furados 11,5 cm			03/10/2018	19/10/2018
Aditivo Expansor - Encunhamento (kg)	kg	0,608933256		
Área (m²)	m²	171,5113553		
Areia Assentamento (m³)	m³	1,47928544		
Areia Encunhamento (m³)	m³	0,131424444		
Cal Assentamento (m³)	m³	0,328787268		
Quantidade de Blocos	un	4287,783884		
Sacos Cimento Assentamento (50kg)	50kg	4,665632279		
Sacos de Cimento Encunhamento (50kg)	50kg	1,217866513		
Alvenaria de blocos cerâmicos furados 14 cm			03/10/2018	19/10/2018
Aditivo Expansor - Encunhamento (kg)	kg	0,476711847		
Área (m²)	m²	142,4111191		
Areia Assentamento (m³)	m³	1,495316751		
Areia Encunhamento (m³)	m³	0,066141932		
Cal Assentamento (m³)	m³	0,331817908		
Quantidade de Blocos	un	3580,277978		
Sacos Cimento Assentamento (50kg)	50kg	4,615117137		
Sacos Cimento Encunhamento (50kg)	50kg	0,953423694		
Alvenaria de blocos concreto autoclavado			03/10/2018	19/10/2018
Aditivo Expansor - Encunhamento (kg)	kg	0,068734918		
Área Assentamento (m²)	m²	0,010645053		
Área Encunhamento (m²)	m²	0,014834874		
Cal Assentamento (m³)	m³	0,118103397		
Equipe Assentamento/dia (2 pedr + 1 ajud)	m²	0,333272373		
Pedreiro Encunhamento	un	0,101331109		
Quantidade de Blocos	50kg	176,3677396		
Sacos Cimento Assentamento (50kg)	50kg	0,032816997		
Sacos Cimento Encunhamento (50kg)	50kg	0,137469836		

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

FIGURA 42 – ESQUEMA 2 DE PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO DE 8 A 12 DE OUTUBRO



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Na Figura 43, uma foto da semana, com a atividade de alvenaria do térreo sendo executada. Durante a primeira semana foi possível cumprir com o alinhado no médio prazo, e a lista de quantitativos foi enviado e validada pelo engenheiro, que propôs melhorias acatadas ao modelo de controle. Uma delas foi o envio do plano na quinta-feira ou na sexta-feira pois eram os dias destinados a organização das necessidades das atividades futuras.

FIGURA 43 – ALVENARIA DO TÉRREO SENDO EXECUTADA



Fonte: Acervo pessoal (2018)

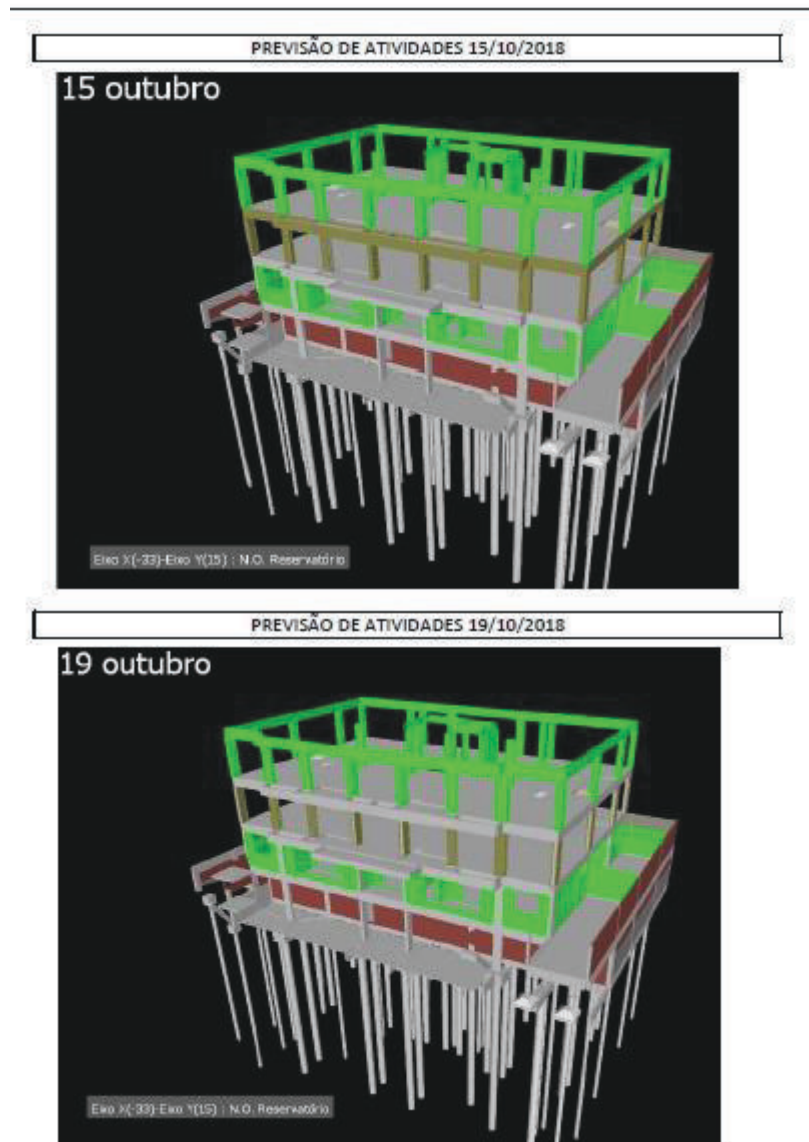
Para a segunda semana, as atividades continuavam as mesmas da primeira, com execução da desforma, logo os quantitativos já estavam quase prontos. Para essa semana estava dimensionado o término das alvenarias do térreo, representada em vermelho na Figura 44, e a ilustração das atividades para a segunda no esquema 2, na Figura 45.

FIGURA 44 – ESQUEMA 1 DO PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO DE 15 A 19 DE OUTUBRO

PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO				
DATA	15/02/2018	18/02/2018		
ELABORADO POR	PAULO H. KLEIN			
RESPONSÁVEL	GRACO DAROS			
EMPREENDIMENTO	RESIDENCIAL CANTO DO SABIA			
ATIVIDADES A SEREM REALIZADAS	UNIDADE	QUANTIDADE	INÍCIO	TÉRMINO
Superestrutura Ático				
Formas de madeira serrada (vigas e pilares)	m ²	98,689912	09/10/2018	23/10/2018
Alvenaria Térreo				
Alvenaria de blocos cerâmicos furados 9 cm			03/10/2018	19/10/2018
Aditivo Expansor - Encunhamento (kg)	kg	0,236899895		
Área (m ²)	m ²	113,4331449		
Areia Assentamento (m ³)	m ³	0,765673728		
Areia Encunhamento (m ³)	m ³	0,051129474		
Cal Assentamento (m ³)	m ³	0,170149717		
Quantidade de Blocos	un	2835,828624		
Sacos Cimento Assentamento (50kg)	50kg	2,363152709		
Sacos Cimento Encunhamento (50kg)	50kg	0,473799789		
Alvenaria de blocos cerâmicos furados 11,5 cm			03/10/2018	19/10/2018
Aditivo Expansor - Encunhamento (kg)	kg	0,608933256		
Área (m ²)	m ²	171,5113553		
Areia Assentamento (m ³)	m ³	1,47928544		
Areia Encunhamento (m ³)	m ³	0,131424444		
Cal Assentamento (m ³)	m ³	0,328787268		
Quantidade de Blocos	un	4287,783884		
Sacos Cimento Assentamento (50kg)	50kg	4,565632279		
Sacos de Cimento Encunhamento (50kg)	50kg	1,217866513		
Alvenaria de blocos cerâmicos furados 14 cm			03/10/2018	19/10/2018
Aditivo Expansor - Encunhamento (kg)	kg	0,476711847		
Área (m ²)	m ²	142,4111191		
Areia Assentamento (m ³)	m ³	1,495316751		
Areia Encunhamento (m ³)	m ³	0,066141832		
Cal Assentamento (m ³)	m ³	0,331817908		
Quantidade de Blocos	un	3560,277978		
Sacos Cimento Assentamento (50kg)	50kg	4,615117137		
Sacos Cimento Encunhamento (50kg)	50kg	0,953423694		
Alvenaria de blocos concreto autoclavado			03/10/2018	19/10/2018
Aditivo Expansor - Encunhamento (kg)	kg	0,068734918		
Areia Assentamento (m ³)	m ³	0,010645053		
Areia Encunhamento (m ³)	m ³	0,014834874		
Cal Assentamento (m ³)	m ³	0,118103397		
Equipe Assentamento/dia (2 pedr + 1 ajud)	m ²	0,333272373		
Pedreiro Encunhamento	un	0,101331109		
Quantidade de Blocos	50kg	176,3677396		
Sacos Cimento Assentamento (50kg)	50kg	0,032816997		
Sacos Cimento Encunhamento (50kg)	50kg	0,137469836		

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

FIGURA 45 – ESQUEMA 2 DO PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO DE 15 A 19 DE OUTUBRO



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Para essa semana, foi relatado que devido a um problema executivo em um pilar do pavimento tipo 2, seria necessário tomar uma medida corretiva e consequentemente a alvenaria do térreo não iria ser totalmente finalizada para a data prevista. Na Figura 46, uma foto de como estava o andamento no dia quinze, com grande parte finalizada.

FIGURA 46 – ALVENARIA DO TÉRREO NO DIA 15 DE OUTUBRO



Fonte: Acervo pessoal (2018)

Durante as duas semanas, percebeu-se que a prancha de alvenaria auxiliou bastante a tomada de decisão em canteiro, pois eliminava a atividade de verificação da espessura no projeto arquitetônico, que consta somente uma representação de linhas, sem especificar as espessuras das camadas, conseqüentemente havia uma perda de produtividade com atividades que não agregavam valor. Outro fator levantado foi o de que a informação da espessura de cada bloco ficaria para sempre armazenada, e não se perderia em anotações a caneta em prancha de projeto. Na Figura 47, a utilização em canteiro de obra da prancha de alvenaria.

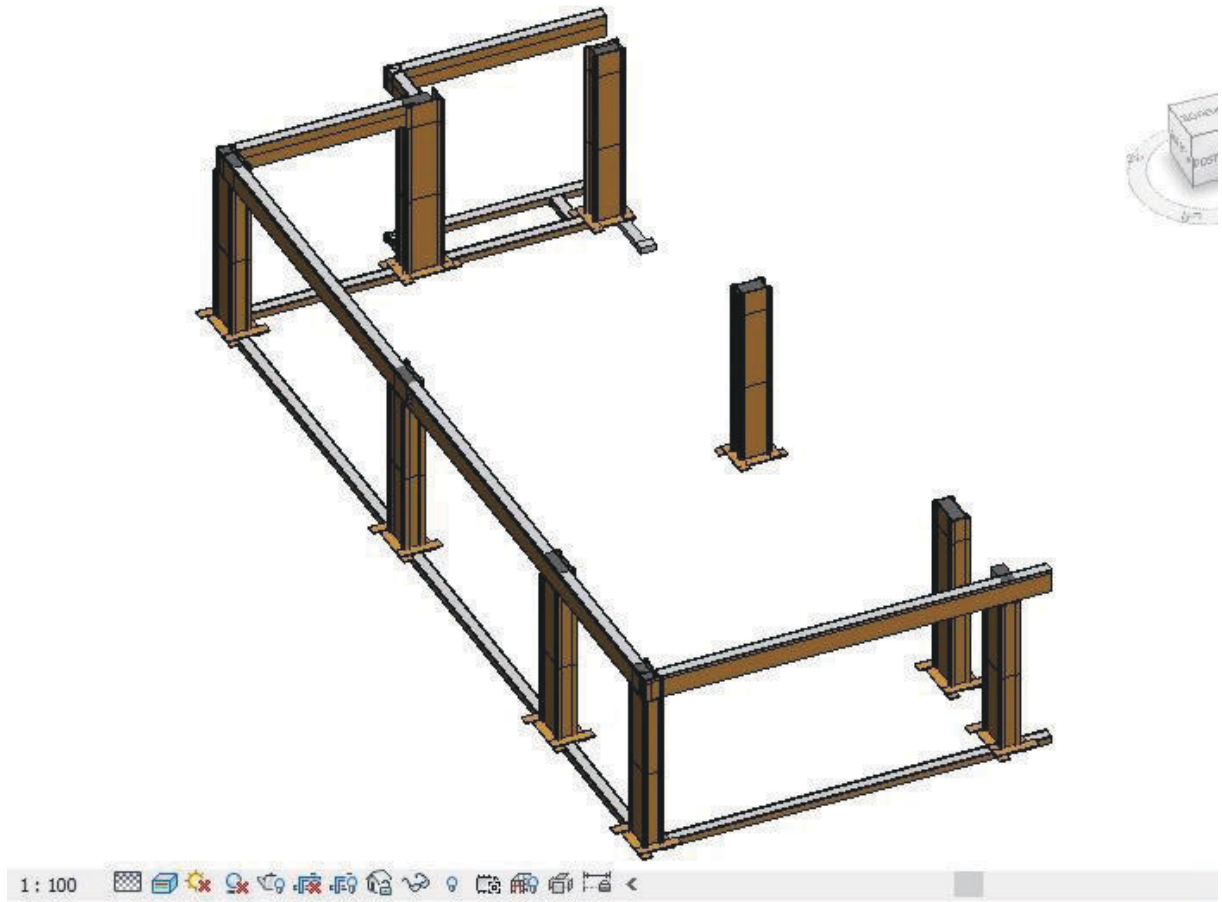
FIGURA 47 – UTILIZAÇÃO DA PRACHA DE EXECUÇÃO EM OBRA



Fonte: Acervo pessoal (2018)

Contudo, um dos problemas encontrados foi o fato de a modelagem das formas não estar de acordo com o executado em obra. Devido a uma limitação de modelagem, com falta de especificações das configurações de sistema adotada, não foram inseridas as estruturais de contraventamento nem de escoramento no modelo virtual, o que impossibilitava seu controle efetivo, seja por simulação da sua montagem, como pelas suas quantidades. Nas Figura 48 e Figura 49, uma comparação entre uma estrutura de forma de pilar para o empreendimento, na primeira imagem um corte no modelo virtual, onde só foram construídos os painéis, os pontalotes e o gualho, e na segunda a realidade de canteiro, com a estrutura de contraventamento, as gravatas e os tensores.

FIGURA 48 – ESTRUTURA DE FORMAS DE VIGAS E PILARES NO MODELO



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

FIGURA 49 – ESTRUTURA DE FORMAS EM OBRA



Fonte: Acervo pessoal (2018)

Entretanto, em conversa com o engenheiro de obra, foi relatada a situação e em discussão chegou-se ao consenso que a modelagem não precisa representar exatamente a atividade para um nível de controle menor, que era o esperado inicialmente. Há situações onde o detalhamento dos elementos irá depender mais tempo do que trará benefícios diretos, logo a modelagem feita conseguia orientar o engenheiro do sequenciamento das atividades, e como o projeto estrutural continha as informações de área de formas, ele servia como base para aquisição de materiais.

Para esta obra, as equipes destinadas a cada atividade eram fixas, sendo as mesmas utilizadas durante todo o desenvolver do empreendimento. Como alguns dos funcionários já estavam familiarizados com os novos materiais de apoio a execução, como as pranchas de furos e de alvenaria, conseguiam realizar suas atividades com mais assertividade. Isso proporcionou ganhos de produtividade, redução de retrabalhos e de desperdícios.

Com relação aos quantitativos, percebeu-se um grande volume de informações, porém, como o foco não era o controle de quantidades, mesmo elas influenciando diretamente na realização das atividades, não foram comparados os

insumos previstos com os comprados, nem com os realmente utilizados, mostrando uma maneira de tentar validar mais o método.

Em conversa com o engenheiro da obra, foram feitas atualizações no plano semanal, de acordo com as necessidades levantadas em canteiro. Uma delas foi a inserção de informações relativas a maneira de cálculo de alguns quantitativos. Mesmo as fórmulas tendo sido desenvolvidas em conjunto com o engenheiro de obra e com auxílio de profissionais experientes, é interessante constar a informação, para validar os cálculos.

Na Figura 50, o primeiro esquema do plano da semana dos dias 22 a 26 de outubro, com informações do feedback, contendo os quantitativos e os detalhes descrevendo como os mesmos foram calculados. E na Figura 51, o segundo esquema, contendo imagens de como o empreendimento se encontra no início da semana e qual o seu objetivo para o final da mesma.

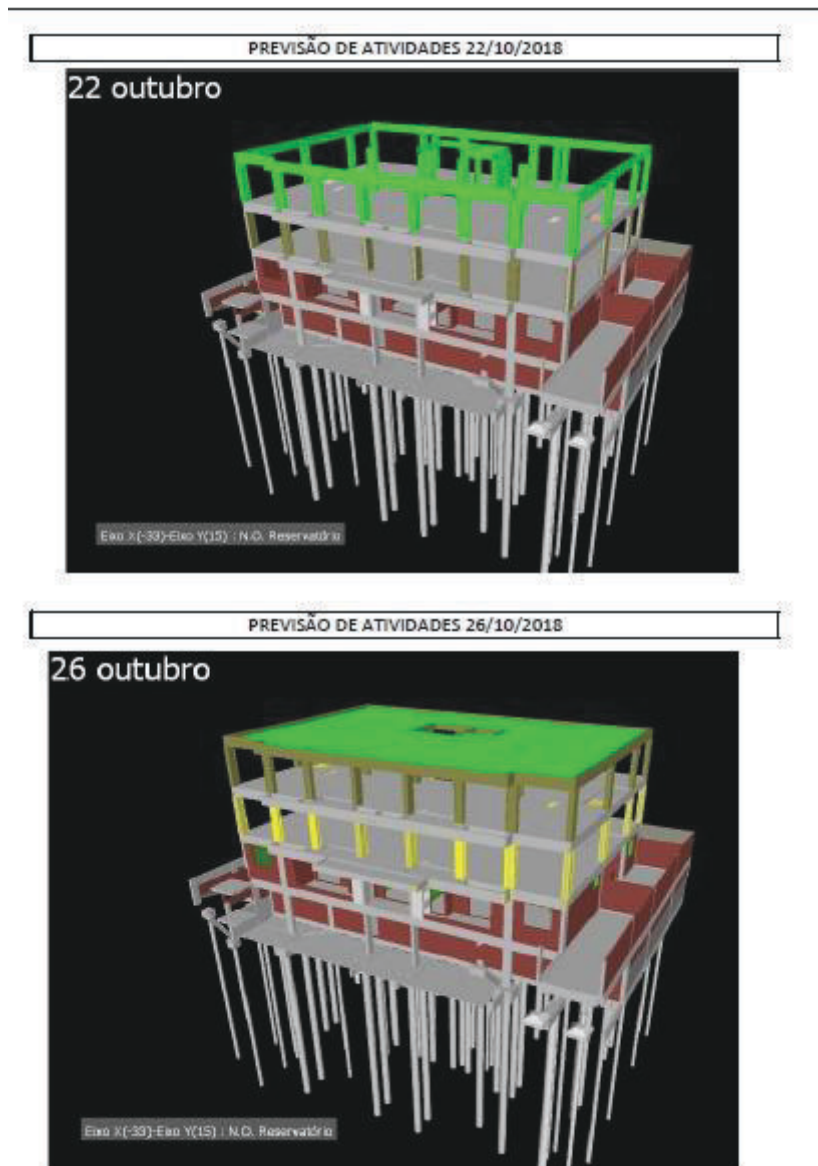
Para essa semana estava prevista o término das formas de pilares e vigas do ático, o início das formas de lajes, o início da segunda desforma do tipo 2 e o início do chapisco do térreo.

FIGURA 50 – ESQUEMA 1 DO PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO DE 22 A 26 DE OUTUBRO

PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO				
DATA	22/02/2018	26/02/2018		
ELABORADO POR	PAULO H. KLEIN			
RESPONSÁVEL	GRACO DAROS			
EMPREENHIMENTO	RESIDENCIAL CANTO DO SABIA			
ATIVIDADES A SEREM REALIZADAS	UNIDADE	QUANTIDADE	INÍCIO	TÉRMINO
Superestrutura Ático				
Formas de madeira serrada (vigas e pilares)	m ²	98,689912	09/10/2018	23/10/2018
Forma de madeirite (lajes)	m ²	278,0409598	23/10/2018	31/10/2018
Superestrutura Tipo 02				
2ª Desforma	m ²	362,7012728	24/10/2018	29/10/2018
Chapisco Térreo				
Paredes Internas			22/10/2018	30/10/2018
Aditivo Ligante (kg)	kg	291,3235461		
Área (m ²)	m ²	647,3856581		
Areia (m ³)	m ³	2,24392575		
Sacos de Cimento (50kg)	50kg	20,79371195		
Volume de Argamassa (m ³)	m ³	2,991901		
OBSERVAÇÕES: Aditivo ligante: calculado a partir do rendimento do aditivo por m ² de parede. Para BIANCO, mínimo 450 g/m ² , considerando chapisco de 3 mm de espessura				
Sacos de Cimento (50kg): calculado a partir do rendimento de cada saco por m ² de parede, de acordo com TRAÇO da Construtora				

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

FIGURA 51 – ESQUEMA 2 DO PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO DE 22 A 26 DE OUTUBRO

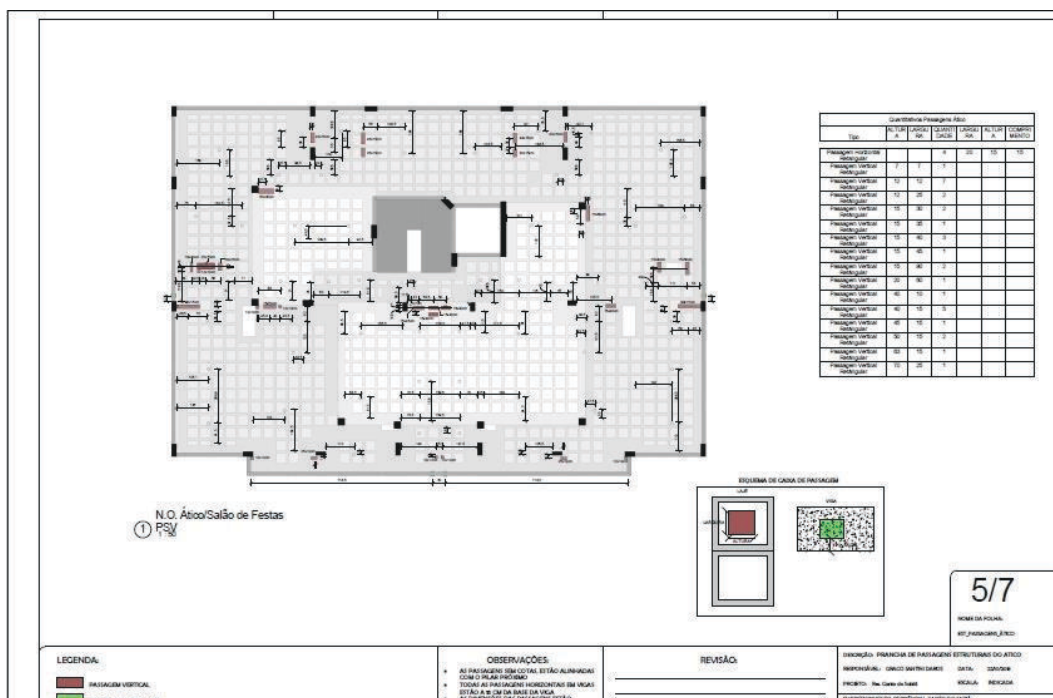


Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Como para dia 23 da semana estava programado o início das formas de madeirite da laje do ático, foi enviado juntamente com o plano semanal, a prancha de passagens estruturais horizontais e verticais do pavimento, em vigas e lajes respectivamente, possibilitando a confecção dessas “caixas” pelos carpinteiros ou auxiliares. A prancha está demonstrada na Figura 52, e contém as passagens separadas por cor, cotas em relação aos elementos que já estão executados, como a forma dos pilares e vigas, um quantitativo de passagens para auxiliar a construção,

um esquema para compreensão das dimensões e informações uteis para o processo de montagem.

FIGURA 52 – PRANCHA DE EXECUÇÃO – PASSAGENS ESTRUTURAIS DO ÁTICO



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Como citado anteriormente, com a permanência das mesmas equipes durante o desenvolver da obra, observou-se um ganho de agilidade, tanto para montagem quanto para posicionamento das caixas de passagens nos elementos estruturais. Na Figura 53, um dos resultados da prancha de passagem em canteiro.

FIGURA 53 – CAIXAS DE PASSAGENS ESTRUTURAIS POSICIONADAS PARA CONCRETAGEM



Fonte: Acervo pessoal (2018)

No decorrer dessa semana, a atividade de alvenaria do térreo, que estava dimensionada para terminar na sexta-feira da semana anterior, foi finalizada já na segunda e possibilitou que o início dos preparativos para o chapisco interno do térreo.

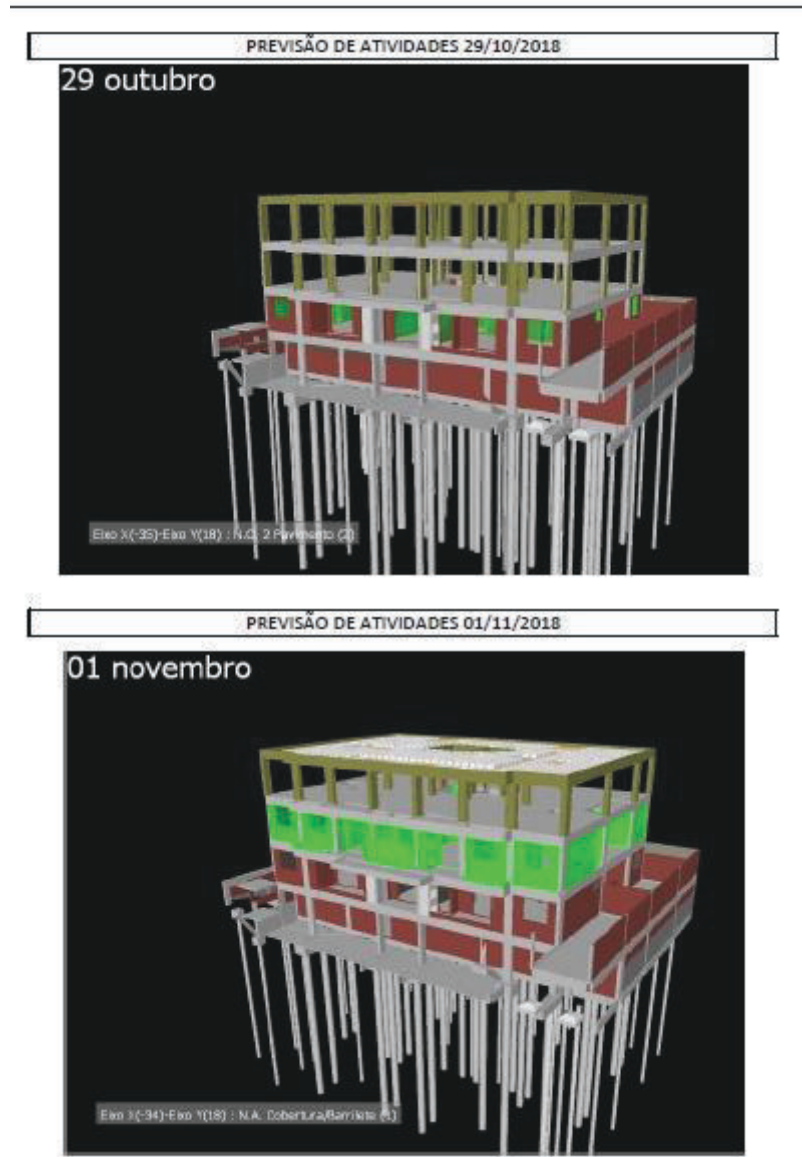
Para a semana do dia 29 de outubro a 1 de novembro, estava previsto o término das formas da laje, da desforma do tipo 2 e do chapisco do térreo, além disso, está previsto o início da alvenaria do tipo 1, como ilustrado na Figura 54 e na Figura 55.

FIGURA 54 – ESQUEMA 1 DO PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO DE 29 DE OUTUBRO A 1 DE NOVEMBRO

PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO				
DATA	29/10/2018	01/11/2018		
ELABORADO POR	PAULO H. KLEIN			
RESPONSÁVEL	GRACO DAROS			
EMPREENHIMENTO	RESIDENCIAL CANTO DO SABIA			
ATIVIDADES A SEREM REALIZADAS	UNIDADE	QUANTIDADE	INICIO	TÉRMINO
Superestrutura Ático				
Forma de madeirite (lajes)	m ²	278,0409598	23/10/2018	31/10/2018
Superestrutura Tipo 02				
2º Desforma	m ²	362,7012728	24/10/2018	24/10/2018
Chapisco Térreo				
Paredes Internas				
Aditivo Ligante (kg)	kg	291,3235461	22/10/2018	31/10/2018
Areia (m ³)	m ³	647,3856581		
Areia (m ³)	m ³	2,24392575		
Sacos de Cimento (50kg)	50kg	20,79371195		
Volume de Argamassa (m ³)	m ³	2,991901		
Alvenaria Tipo 1				
Alvenaria de blocos cerâmicos furados 9 cm			31/10/2018	14/11/2018
Aditivo Expansor - Encunhamento (kg)	kg	0,374397379		
Areia (m ³)	m ³	144,9631719		
Areia Assentamento (m ³)	m ³	0,978501411		
Areia Encunhamento (m ³)	m ³	0,08080519		
Cal Assentamento (m ³)	m ³	0,217444758		
Quantidade de Blocos	un	3624,079298		
Sacos Cimento Assentamento (50kg)	50kg	3,020017761		
Sacos de Cimento Encunhamento (50kg)	50kg	0,748794758		
Alvenaria de blocos cerâmicos furados 11,5 cm			31/10/2018	14/11/2018
Aditivo Expansor - Encunhamento (kg)	kg	0,536723245		
Areia (m ³)	m ³	176,8324871		
Areia Assentamento (m ³)	m ³	1,525180201		
Areia Encunhamento (m ³)	m ³	0,115839549		
Cal Assentamento (m ³)	m ³	0,338987878		
Quantidade de Blocos	un	4420,812177		
Sacos Cimento Assentamento (50kg)	50kg	4,707280808		
Sacos Cimento Encunhamento (50kg)	50kg	1,073446489		
Alvenaria de blocos cerâmicos furados 14 cm			31/10/2018	14/11/2018
Aditivo Expansor - Encunhamento (kg)	kg	0,46503067		
Areia (m ³)	m ³	130,6487862		
Areia Assentamento (m ³)	m ³	1,371812255		
Areia Encunhamento (m ³)	m ³	0,064521213		
Cal Assentamento (m ³)	m ³	0,304411672		
Quantidade de Blocos	un	3266,219654		
Sacos Cimento Assentamento (50kg)	50kg	4,233635213		
Sacos Cimento Encunhamento (50kg)	50kg	0,930061341		
Alvenaria de blocos concreto autoclavado			31/10/2018	14/11/2018
Aditivo Expansor - Encunhamento (kg)	kg	0,102313372		
Areia Assentamento (m ³)	m ³	0,016026464		
Areia Encunhamento (m ³)	m ³	0,022082023		
Cal Assentamento (m ³)	m ³	0,177808398		
Quantidade de Blocos	bUkg	265,5272073		
Sacos Cimento Assentamento (50kg)	50kg	0,049407027		
Sacos Cimento Encunhamento (bUkg)		0,204620743		

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

FIGURA 55 – ESQUEMA 2 DO PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO DE 29 DE OUTUBRO A 1 DE NOVEMBRO



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Durante a última semana de aplicação do plano, a atividade de chapisco interno do térreo não foi possível de ser concluída pois houve o atraso na sua predecessora e acabou por ter sua conclusão adiada. Além dessa atividade, a etapa de forma da laje do ático não foi concluída também, por opção da construtora em reduzir o ritmo de produção, sendo esses atrasos classificados como crítico, não-concorrente, desculpável e não-compensável, e de responsabilidade direta da construtora. As demais atividades conseguiram cumprir com o proposto.

Posteriormente na semana foi relatado pelo engenheiro de obra que os prazos de conclusão haviam sido renegociados com a empreiteira. Como havia essa dependência de vendas dos apartamentos, ambas as partes chegaram em um acordo de reduzir o ritmo de construção, durante um período não informado, para posteriormente quando as negociações de imóveis aumentarem, em fases mais avançadas de obra, e a construtora tiver mais capital, aconteça uma maior injeção de fundos para um aumento de equipes em obra.

4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a análise do diário de obra e a adaptação do cronograma com o realmente executado notaram-se problemas que, em sua maioria, eram de responsabilidade da construtora e que foram resultado direto da estratégia adotada para esse empreendimento. Como acordado inicialmente entre a construtora e a empreiteira, o cronograma foi dimensionado para seguir um ritmo pouco acelerado, o empreendimento possui 1600 m² e somente cinco pavimentos, e tem prazo final de obra em aproximadamente 2 anos.

Além disso, a obra seguia um balanço financeiro de uma empresa familiar, que possui outras obras na Grande Florianópolis, dependendo então de como está o andamento das vendas. Devido a esse posicionamento de dependência do fluxo de caixa, as fases iniciais da obra, que representou o período acompanhado, acabaram apresentando pequenos desvios, que em conversa com o engenheiro da obra, encontram-se numa faixa “tolerável”, e que atividades futuras poderiam facilmente serem realizadas em um ritmo mais acelerado para possibilitar um cumprimento dos prazos.

Um exemplo de ações que a construtora pode adotar para realinhar, acelerando as atividades, está na etapa de superestrutura do barrilete, demonstrado na Figura 56, onde está dimensionado para 32 dias, mesmo prazo estipulado para a mesma atividade nos pavimentos tipos. Porém, analisando os quantitativos percebe-se que a atividade do barrilete poderia facilmente ser acelerada, pois em uma comparação direta com os valores levantados no projeto estrutural, o pavimento tipo possui um

volume de 60 m³ de concreto e 491 m² de formas e o barrilete apenas 36 m³ de concreto e 222,8 m² de formas.

FIGURA 56 – DURAÇÃO DA ATIVIDADE DE SUPERESTRUTURA DO BARRILETE

▷ Superestrutura Tipo 01	32 dias
▷ Superestrutura Tipo 02	32 dias
▷ Superestrutura Ático	32 dias
◄ Superestrutura Barrilete	32 dias
Forma de madeira serrada (vigas e pilares)	10 dias
Armaduras Escada Ático acesso á Cobertura	4 dias
Armaduras Pilares Ático	10 dias
Forma de madeirite (lajes)	5 dias
Armaduras Vigas Barrilete	12 dias
Armaduras Lajes Barrilete	5 dias
Concretagem	1 dia

Fonte: Cronograma da construtora (2018)

5.CONCLUSÕES

5 CONCLUSÕES

5.1 CONCLUSÕES DA PESQUISA

O presente trabalho conseguiu cumprir os objetivos propostos, porém encontrou dificuldade com relação a adaptação dos envolvidos a essa nova maneira de encarar o processo construtivo. Como a construtora não possuía um método de controle das atividades bem estabelecido, o modelo adotado para controle não foi acatado integralmente pelos responsáveis, pois não substituíu ou somava-se diretamente em algo já interno da empresa. Logo, iria requer uma adaptação e uma mudança de processos, que mostra-se como um ponto desfavorável à sua aplicação.

Somando-se a isso, observou na etapa analisada, que o controle das atividades é considerado importante pela empresa, porém como o período em questão não contava com muitas atividades simultâneas, apenas etapas mais “simples”, que não requeriam a presença de especialistas em diversas pequenas etapas, como as instalações, impermeabilização e gesso, por exemplo, não haviam muita preocupação em acompanhar o planejado, bem como retroalimentar o plano mestre, ou detalha-lo para as quebras de atividades.

O sistema proposto buscava realinhar o planejamento, já que houve essa opção de o cronograma permitir mudanças de ritmos para adequações futuras. A maneira abordada foi elogiada pelo engenheiro, relatando a facilidade de visualização das atividades em suas respectivas datas, bem como das quantidades necessárias para cada atividade. Contudo foi levantado o ponto de confiabilidade nas informações levantadas, pois como não havia o acompanhamento das quantidades em canteiro, não haviam indicadores para confirmar sua similiaridade com a obra. Todo o processo só foi possível pois o engenheiro estava disposto a analisar os documentos elaborados e propor melhorias, que se adaptavam às necessidades observadas em obra, conseguindo se apresentar como uma fonte de informações de fácil acesso.

Entretanto, também foi constado que para a fase de obra na qual se encontrava o empreendimento durante a análise e implementação do sistema, o plano de curto prazo não tinha tanto impacto pois as etapas podiam ser controladas de maneira mais simples. Discutindo, chegou-se a consenso que o plano de médio prazo era mais útil para o período de obra analisado e que a adoção de um método similiar poderia

proporcionar ganhos mais significativos em fases mais avançadas, onde haveriam inúmeras atividades simultâneas, e um método de controle visual e com informações organizadas seria mais relevante.

Durante a elaboração dos planos semanais e mensais, bem como na adaptação do planejado com a realidade em canteiro, as estratégias adotadas pela equipe de construção virtual do modelo foram de suma importância para as simulações e os quantitativos dos planos, e suas diretrizes podem ser replicadas para projetos similares. Além disso, as pranchas de execução mostraram-se efetivas para reduzir retrabalhos de atividades, perdas de produtividade na montagem, desperdícios de materiais e dúvidas quanto aos projetos. Contudo, como a obra apresentou algumas divisões de atividades, o processo de adaptação do modelo, ou por inserção de parâmetros, ou por criação de novos filtros de seleção, representavam um retrabalho. Esse retrabalho poderia ser incorporado a estratégia de construção do modelo, bastando uma adoção em etapas iniciais de projeto da metodologia e um cumprimento com o estipulado nessa fase durante a execução.

Uma das dificuldades encontradas foi a de não incluir informações de produtividade da mão-de-obra, impossibilitando uma estimativa de quantidades de operários necessários para o cumprimento das atividades nas datas estipuladas, que daria uma visão mais ampla das necessidades. Isso poderia ser solucionado através da inserção de índices de produtividade no Catálogo de Recursos do software Navisworks, incorporando à composição dos serviços um valor para a mão-de-obra, que possibilitaria levantar o número de operários de acordo, por exemplo, com índices de tabelas padrões como a SINAPI e TCPO, ou com banco de dados de levantamentos feitos em obra por equipes da construtora ou empreiteira.

Devido aos diversos fatores citados, uma maneira mais eficaz de ter um controle seria a utilização de sistemas construtivos mais industrializados, como concreto pré-moldado, steelframe, woodframe, drywall, entre outros, que possibilitariam um controle minucioso das atividades, e até mesmo o rastreamento de cada elemento pela inserção de parâmetros de identificação, diretamente alinhados com os fornecedores na produção. O impacto da utilização de tais sistemas seria mais sentido em obras onde o seu período de construção está diretamente ligado a lucratividade, como hotéis, com uma rápida construção o empreendimento já poderia estar funcionando e gerando lucros para os investidores.

Como observado na revisão bibliográfica, muitos atrasos em obra são devido a problemas nos projetos, seja por incompatibilidade entre disciplinas, seja por falta ou omissão de informações, e esperava-se observar os benefícios diretos de um modelo BIM, onde os projetos compatibilizados e as pranchas detalhadas poderiam evitar tais problemas. Entretanto, como já relatado, o período analisado haviam poucas atividades, as vantagens observadas foram somente com elementos de estrutura e alvenaria, como ganhos de produtividade e redução de desperdícios e dúvidas de projetos.

Nesse estudo, utilizou-se somente imagens, vídeos e pranchas de execução para representar o modelo em campo, pois como a metodologia é algo relativamente novo no mercado da construção civil do País, iria requer um maior período de acompanhamento em canteiro para possibilitar a utilização efetiva de tablets e outros aparelhos portáteis que buscariam representar o modelo de uma maneira mais dinâmica. Porém, já existem empresas que utilizam aparelhos remotos para representação do modelo em campo, seja para auxílio visual dos elementos, ou para reportar situações pós-execução através do formato BCF, atualizando o modelo com a realidade. Para que isso se torne um processo rotineiro, há a necessidade de que a utilização de aparelhos portáteis seja algo indutivo, que possibilite a substituição dos meios tradicionais, como o papel, e não necessite de grandes treinamentos ou aquisições.

Nota-se que a obra é um processo complexo e mutável, cabendo ao engenheiro responsável saber lidar com cada situação. E devido a essa complexidade, para que se torne possível a utilização do modelo BIM como fonte atualizada e confiável de informações, é necessário um processo inteligente de retroalimentação. Esse passo representa uma etapa manual e exaustiva do processo, porém é através dele que se tornam possíveis alguns benefícios, por exemplo para o cliente, com a personalização de espaços internos de maneira fácil e visual, possibilitando um as-built mais confiável, e uma rápida atualização em pranchas para obra que representam esta nova realidade. Mesmo que essas ações representem retrabalhos para a equipe responsável pela modelagem ou uma intervenção direta do engenheiro de obra no modelo, isso pode ser solucionado com diferentes maneiras de contratações, propondo novas maneiras de entregas e de divisão de riscos e responsabilidades.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Um dos procedimentos que consome muito tempo durante todo o processo é a modelagem. Logo, um tema interessante a ser estudado e validado é o da utilização de programação para automatização de algumas etapas de modelagem. Isso poderia ser realizado, no Revit através do plugin do Dynamo, e no ArchiCAD pelo plugin do Grasshopper. Além de automatizar algumas etapas, os plugin poderiam tornar mais dinâmica a retirada de quantitativos e a alimentação de parâmetros em elementos, o que facilitar uma intervenção pós-modelagem ou mesmo durante a construção virtual.

Outro tema que poderia ser abordado, seria utilização de um sistema de controle que incluísse o custo das operações no esquema. O BIM 5D pode ser de grande utilidade em etapas de projeto, simulando as mais diversas situações (mudança de revestimentos ou de métodos construtivos, por exemplo) de maneira rápida ou, até mesmo em etapas de obras, como para uma tomada de decisão de sequenciamento de atividades, para por exemplo, quando deseja-se saber qual será uma estimativa de gastos para os meses seguintes e balancear as despesas. Há diversos softwares capazes de realizar uma simulação 5D, entre eles o VICO, da Trimble.

E, caso aplicado em obras mais industrializadas, seria possível utilizar um sistema com controle mais minucioso e detalhado. Poderia ser incluso nessa pesquisa um estudo de logística de canteiro, bem como de mapeamento dos elementos modelados na etapa de fabricação.

6.REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

6 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABDI – Agência Brasileira do Desenvolvimento Industrial, Coletânea Guias BIM ABDI – MDIC, **Guia 01 – Processo de projeto BIM**, Brasília, 2017.

ABDI – Agência Brasileira do Desenvolvimento Industrial, Coletânea Guias BIM ABDI – MDIC, **Guia 02 – Classificação da informação no BIM**, Brasília, 2017.

ABDI – Agência Brasileira do Desenvolvimento Industrial, Coletânea Guias BIM ABDI – MDIC, **Guia 03 – BIM na Quantificação, orçamentação, planejamento e gestão de serviços da construção**, Brasília, 2017.

ABDI – Agência Brasileira do Desenvolvimento Industrial, Coletânea Guias BIM ABDI – MDIC, **Guia 06 – A implantação de processos BIM**, Brasília, 2017.

ANDRÉ, Nuno. M. C. **Modelo de estimação do impacto dos atrasos nos custos de um projecto**. 2010. 144. Dissertação de Mestrado – Universidade Técnica de Lisboa, 2010.

APM (Association for Project Management), Earned Value Management APM, 2002.

ASSAF, Sadi A.; AL-HEJJI, Sadiq. **Causes of delay in large construction projects – International Journey of Construction Management – Dhahran – Arabia Saudita – 22**, Outubro, 2004 – 24 – 349 – 357.

Autodesk, **What is BIM?** , <https://www.autodesk.com/solutions/bim>, acesso em: abril 2018

AZHAR, Salman; KHALFAN, Malik; MAQSOOD, Tayyab. **Building Information Modelling (BIM): Now and beyond – Australasian Journal of Construction Economics and Building**, v. 12, n. 4, p. 15 – 28, 2015.

AZHAR, S.; RICHTER, S. **Building Information Modelling (BIM): Case studies and return-on-investments analysis**, *Fifth International Conference on Construction in the 21st Century*, Istanbul, Turquia, 2009.

BALLARD, Glenn. **Lookahead planning: the missing link in production control** – *5th Annual Conference of the International Group of Lean Construction*, Gold Coast, Australia, 1997.

BIOTTO, Clarissa N.; FORMOSO, Carlos T.; ISATTO, Eduardo L. **Uso de modelagem 4D e Building Information Modelling na gestão de sistemas de produção em empreendimentos de construção**. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 15, n. 2, p. 79-96, 2015.

BOLWIJN, Piet; KUMPE, Ted. **The sucess of flexible, low-cost, quality competitors** – *European Management Journal*, v.9, n.2, p. 135-144, 1991.

BRAIHMAN, Nuhu; NDEKUGRI, Issaka. **Consultants Perceptions on Construction Delay Analysis Methodologies** - *Journal of Construction Engineering and Management*, v.135, n.12, p. 1279-1288, 2009.

BRAIHMAN, Nuhu. **Construction Delay Analysis Techniques—A Review of Application Issues and Improvement Needs** – *Buildings* 2013, v.3, p. 506-531, 2013.

BRYDE, David; BROQUETAS, Martí; VOLM, J.M. **The project benefits of Building Information Modelling (BIM)** - *International Journal of Project Management*, v.31, p. 971-980, 2013.

Building Smart, **About IFC**, <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/>, acesso em: abril de 2018.

CABRITA, André F. N. **Atrasos na construção: causas, efeitos e medidas de mitigação**. Tese de Mestrado – Universidade Técnica de Lisboa, 2008.

CAMPESTRINI, Tiago F. et al. **Entendendo BIM**, 1 ed., Curitiba: UFPR, 2015.

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção, Coletânea implementação do BIM para construtoras e incorporadoras, **v.1 – Fundamentos BIM**, Brasília, 2016.

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção, Coletânea implementação do BIM para construtoras e incorporadoras, **v.2 – Implementação BIM**, Brasília, 2016.

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção, Coletânea implementação do BIM para construtoras e incorporadoras, **v.3 – Colaboração e Integração BIM**, Brasília, 2016.

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção, Coletânea implementação do BIM para construtoras e incorporadoras, **v.4 - Fluxos de trabalho BIM**, Brasília, 2016.

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção, Coletânea implementação do BIM para construtoras e incorporadoras, **v.5 – Formas de contratação BIM**, Brasília, 2016.

CONTE, Eduardo J. **Tecnologia BIM: Aplicação no controle da execução de obras na construção civil** - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

COYNE, Kevin. ***Leveraging the power of 4D Models for Analyzing and Presenting CPM Schedule Delay Analyses*** – 2008 AACE International Transactions, 2008.

CRESPO, Cláudia C; RUSCHEL, Regina C. **Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria do ciclo de vida do projeto** - III Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil, Porto Alegre, junho, 2007.

EASTMAN, Chuck et al. **Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. 1 ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

FORMOSO, Carlos T. et al. **As perdas na construção civil: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor**, Porto Alegre, 1996.

GLEDSOON, Barry J.; GREENWOOD, David. ***The implementation and use of 4D BIM and virtual construction*** – 30th Annual Association of Researchers in Construction Management Conference, Portsmouth, 2014.

GLICK, Scott; GUGGEMOS, Angela A. ***IPD and BIM: Benefits and Opportunities for Regulatory Agencies*** - 45th Associated Schools of Construction National Conference, University of Florida, Gainesville, 2009.

HOWELL, Greg; BALLARD, Glenn. ***What kind of production is construction?*** – *International Group for Lean Construction*, 1998.

HOWELL, Greg; BALLARD, Glenn. ***Implementing Lean Construction: Understanding and action*** – *International Group for Lean Construction*, 1998.

ISATTO, Eduardo L. et al. ***Lean construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil***. Porto Alegre: SEBRAE - RS, 2000.

JACOSKI, C.A; LAMBERTS, R. ***A interoperabilidade como fator de integração de projetos na construção civil - II Workshop Nacional: Gestão Do Processo de Projeto Na Construção de Edifícios***, Porto Alegre, Novembro, 2002.

KADIR, Mohd. R.; ALAGHBARI, Wa'el; SALIM, Azizah. ***The significant factors causing delay of buildings construction projects in Malaysia*** - *Engineering, Construction and Architectural Management*, v.14, n.2, p. 192-206, 2007.

KOSKELA, Lauri. ***Application of the new production philosophy to construction*** – *CIFE Technical Report #72, Stanford University*, v. 72, Setembro 1992.

KOSKELA, Lauri. ***Lean production in construction*** – *1st workshop on lean construction*, Espoo, 1993.

KRAIEM, Zaki M.; DIEKMANN, James E. ***Concurrent Delays in Construction Projects***. 1987 - Civil Engineering, *University Of Colorado*, Boulder - Colorado, 1987

LAUFER, A.; TUCKER, R. L. ***Is construction project planning really doing its job? A critical examination of focus, role and process*** – *Construction Management and Economics*, v. 5, p. 243 – 266, 1987.

LU, Weisheng et al. ***Demystifying Construction Project Time-Effort Distribution Curves: BIM and Non-BIM Comparison*** – *Journal of Management in Engineering*, v.31, p. 1 – 8, 2015.

MALDANER, Sandro M. **Procedimento para identificação de custos da não-qualidade na construção civil**. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

MASOTTI, Luís F. C. **Análise da implementação e do impacto do BIM no Brasil**. - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

MATTOS, Aldo D. **Planejamento e controle de obras**. São Paulo: Editora PINI Ltda, 2010.

MC-GRAW HILL CONSTRUCTION. ***The business value of BIM in North America: Multi-Year Trend Analysis and User Ratings (2007 – 2012) – SmartMarket Report***, 2012.

MCPARTLAND, Richard. ***What is a BIM Execution Plan (BEP)***, 2017, <https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-a-bim-execution-plan-bep>, acesso em: junho 2018

MELHADO, Sílvio B.; FILLIPI, Giancarlo A. **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, julho/setembro 2015.

MELHADO, Sílvio B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. Tese de Doutorado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MENDES JUNIOR, Ricardo et al. **Integração da modelagem da informação da construção (BIM) com o planejamento e controle de produção** - XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Maceió, Novembro, 2014.

MOHAN, M. Kumaraswamy; DANIEL, W. M. Chan. ***Contributors to construction delays*** – *Construction Management and Economics*, Hong Kong, v.16, n.1, p.17-29, 1998.

MORERIA, Mauricio; BERNARDES, Silva. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção**. Tese de Doutorado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

NBS – *National BIM Standard*, **National BIM Report 2016**, 14 de abril 2016, Reino Unido.

NBS – *National BIM Standard*, **Project Structure – Tetralogy of BIM**, <http://www.nationalbimstandard.org/tetralogyofbim>, acesso em: junho 2018.

NOVAIS, Sandra G. **Aplicação de ferramentas para o aumento da transparência no processo de planejamento e controle de obra na construção civil**. 2000. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

ODEH, Abdalla M.; BATTAINÉH, Hussien T., **Causes of construction delay: traditional contracts** – *International Journal of Project Management*, Kalamazoo, Michigan, v.20, p. 67-73, 2002.

PEREIRA, Estácio S. S. **Fatores associados ao atraso na entrega de edifícios residências**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina, 2012.

PMI. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos. Guia PMBOK**, v.1, 2000.

REIS, Caio José L.; SEIXAS, Renato De M.; SILVA, Gilmar B. Da; MAUÉS, Luiz Maurício F.; DUARTE, André Augusto A. M. **Identificação das causas de atrasos de obras: um estudo de caso na região metropolitana de Belém** – XVI Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído – São Paulo – 2016.

RESENDE, Carlos C. R. **Atrasos em obra devido a problemas no Gerenciamento**. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.

SACKS, Rafael et al. ***Interaction of Lean and Building Information Modelling in Construction*** - *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 136, p. 968 – 980, Setembro, 2010.

SALDANHA, Lucia C. ***Gestão da produção: A integração entre o planejamento e controle de produção e a gestão da qualidade***. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

SCHUMACHER, Lee. ***Quantifying and Apportioning Delay on Construction Project*** – *Cost Engineering*, v. 37, n.2, Fevereiro, 1995.

SHI, Jonathan.J.; CHEUNG, S.O.; ARDITI, David. ***Construction delay computation method*** - *Journal of Construction Engineering and Management*, Reston – Virginia, 127, 60-65, Janeiro, 2001.

STAUB-FRENCH, Sheryl; KHANZODE, Atul. ***3D and 4D Modelling for design and construction coordination: issues and lessons learned*** – *Journal of Information Technology in Construction: ITcon*, v.12, p. 407, 2007.

SUCCAR, Bilal. ***Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders***. *Automation in Construction*, v.18, n.3, p. 357–375, 2009.

SUCCAR, Bilal. ***Building Information Modelling: conceptual constructs and performance improvement tools***. Tese de Doutorado – *University of Newcastle*, Callaghan, 2013.

SWEET, J. (1977). ***Legal Aspects of Architecture, Engineering, and the Construction Process***. 1 ed. *Saint Paul – Minnesota: West Publishing Company*, 1977.

TRAUNER, Theodore J. Jr et al. ***Construction Delays: Understanding them clearly Analyzing them correctly***. 2 ed. *Philadelphia: Butterworth-Heinemann*, 2009.

TSE, T. C. K.; WONG, K. D. A.; & WONG, K. W. F. ***The utilisation of Building Information Models in nD modelling: A study of data interfacing and adoption***

barriers, *Electronic Journal of Information Technology in Construction*, v.10, p. 85–110, Fevereiro 2005.

VOZZOLA, Mariapaola; TURCO, L.T; CANGIALOSI, G. **BIM use in the construction process**, Torino, Italia, 2009.

WANG, Wei-Chih et al. **Integrating building information models with construction process simulations for project scheduling support – Automation in Construction**, v.37, p. 68 – 80, 2014.