

Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Programa de Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas

**PLANEJAMENTO E CONTROLE DE  
OBRA INTEGRADO AO BIM, COM  
FOCO NO PROCESSO DE  
CONHECIMENTO**

Ana Carolina Amaral Marques

Goiânia, GO, Brasil  
2019

Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Programa de Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas

# **PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRA INTEGRADO AO BIM, COM FOCO NO PROCESSO DE CONHECIMENTO**

Ana Carolina Amaral Marques

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, como parte dos requisitos para obtenção do título de **Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas**.  
Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Solange da Silva, Dr.<sup>a</sup>.

Goiânia, GO, Brasil  
2019

M357p Marques, Ana Carolina Amaral  
Planejamento e controle de obra integrado ao BIM,  
com foco no processo de conhecimento / Ana Carolina  
Amaral Marques.-- 2019.  
104 f.: il.

Texto em português, com resumo em inglês  
Dissertação (mestrado) - Pontifícia Universidade Católica  
de Goiás, Goiânia, 2019  
Inclui referências: f. 99-104

1. Modelagem de informação da construção. 2. Construção  
civil. 3. Construção industrializada. I.Silva, Solange  
da. II.Pontifícia Universidade Católica de Goiás -  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção  
e Sistemas - 12/03/2019. III. Título.

CDU: Ed. 2007 -- 69(043)

# PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRA INTEGRADO AO BIM, COM FOCO NO PROCESSO DE CONHECIMENTO

ANA CAROLINA AMARAL MARQUES

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica de Goiás em 12/03/2019.



Prof. Marcos Lajovic Carneiro, Dr.  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia de Produção e Sistemas

Banca Examinadora:



Prof.ª Solange da Silva, Dr.ª.

Orientadora



Prof. Marlos José Ribeiro Guimarães, Dr.  
Avaliador Externo



Prof. Antônio Pasqualetto, Dr.  
Avaliador Interno – PUC Goiás

Dedico este trabalho à memória de minha mãe Maria, ao meu pai Valdeci, e ao meu filho Lucas, pelo apoio incondicional em todos os momentos.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por me dar força e sabedoria, principalmente nos momentos mais difíceis, e me conduzir até aqui.

Ao meu filho, Lucas, pelo carinho, amor, apoio e compreensão em todos os momentos da pesquisa, melhor, em todos os momentos.

Ao meu pai, Valdeci, por ter me concedido a oportunidade de participar deste programa de mestrado.

A minha orientadora, Prof. Dra. Solange da Silva pela confiança, orientação e paciência, sendo fundamental para meu desenvolvimento acadêmico.

Ao professor MSc. Carlos de Macêdo e Silva Filho, em especial, minha eterna gratidão pela confiança, orientação e ensinamentos, sendo fundamental para meu desenvolvimento acadêmico e profissional.

Aos professores componentes da banca, Prof. Dr. Antônio Pasqualetto e Prof. Dr. Marlos Guimarães, pelas sugestões e orientações na conclusão deste trabalho.

A Construtora que prontamente permitiu realizar essa pesquisa.

Aos Engenheiros Daniel, Murilo e Wesley pelo interesse, contribuição e empenho na aplicação do sistema durante a execução da obra.

A todos os familiares e amigos que, de alguma forma, direta ou indiretamente, contribuíram para a conclusão desse projeto.

A todos os professores do Programa de Mestrado de Engenharia de Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica de Goiás pelos ensinamentos.

E ao Ernani, secretário do MEPROS/PUC Goiás, pela presteza com que sempre fui atendida.

## EPÍGRAFE

*“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original.” Albert Einstein*

# PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRA INTEGRADO AO BIM, COM FOCO NO PROCESSO DE CONHECIMENTO

Ana Carolina Amaral Marques

Março/2019

Orientadora: Prof.<sup>a</sup>. Solange da Silva, Dr.<sup>a</sup>.

Esta pesquisa considerou-se que na maioria das vezes a implantação da modelagem da informação da construção (BIM) 4D não tem o resultado esperado por falta de conhecimento da equipe sobre o modelo que estava sendo implantado. Diante disto, este trabalho teve como objetivo principal aplicar o sistema BIM 4D por meio das ferramentas *Excel*, *MS Project*, *Revit*, *Navisworks* e *Synchro*, voltados para o planejamento e controle de obras da construção civil, com foco no processo de conhecimento. A abordagem metodológica adotada na pesquisa foi qualitativa integrada com a análise fenomenológica. A avaliação do modelo foi feita em um estudo de caso em obra de grande porte do setor de edificações residencial alto padrão em Goiânia-GO. Foi possível, através da análise dos resultados e considerações finais, principalmente: detectar as vantagens e desvantagens dos *softwares Navisworks* e *Synchro*; mostrar os desafios que a construção organizacional pode encontrar enquanto o BIM se transforma no domínio do desenvolvimento, implantação e utilização, no cronograma físico da obra; demonstraram que não é a falta de conhecimento que dificulta a implantação do sistema, mas sim as questões culturais.

**Palavras-chave:** Modelagem de informações de construção; BIM 4D; Planejamento e controle de obras; Processo de conhecimento.



## ***ABSTRACT***

*This research considered that, very often, the implementation of the BIM 4D Construction Information Modeling (BIM) did not delivery the expected modeling results, mainly, due to lack of knowledge of the modeling team about the BIM model that was being implemented. Therefore, this research had as main point the application of the BIM 4D system through Excel, MS Project, Revit, Navisworks and Synchro, focused on the planning and control of construction works, focusing on the knowledge process. The methodological approach adopted in this research was qualitative integrated with the phenomenological analysis. The evaluation of the constructed model was made in a large-scale case study of a high standard residential building in Goiânia-GO. The research indicated that, through the analysis of the modeling results and final considerations, it was possible to detect the advantages and disadvantages of the software Navisworks and Synchro. It was also possible to present the challenges that the organizational construction can face while BIM becomes the domain of development, implementation and utilization, on the work scheduling. Additionally, the analysis of the modeling results and final considerations also demonstrated that it is not the lack of knowledge that makes implantation of the system difficult, but rather the cultural issues.*

**Keywords:** *Building Information Modeling; BIM 4D; Planning and control of works; Knowledge process.*

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>ix</b>
<b>LISTA DE QUADROS .....</b>	<b>x</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....</b>	<b>xi</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>1.1 Objetivos.....</b>	<b>17</b>
1.1.1 Objetivo geral .....	17
1.1.2 Objetivos específicos .....	17
<b>1.2 Resultados Esperados.....</b>	<b>18</b>
<b>1.3 Estrutura do trabalho .....</b>	<b>18</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>20</b>
<b>2.1 Building Information Modeling (BIM).....</b>	<b>20</b>
<b>2.2 Aplicabilidade do BIM.....</b>	<b>25</b>
<b>2.3 BIM 4D .....</b>	<b>34</b>
<b>2.4 Trabalhos correlatos .....</b>	<b>38</b>
<b>3 METODOLOGIA DA PESQUISA .....</b>	<b>42</b>
<b>3.1 Desenho da Pesquisa .....</b>	<b>42</b>
<b>3.2 Caracterização da pesquisa .....</b>	<b>43</b>
<b>3.3 Aplicação da pesquisa .....</b>	<b>45</b>
<b>3.4 Estudo de caso: Descrição da empresa .....</b>	<b>47</b>
<b>3.5 Softwares utilizados.....</b>	<b>53</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>54</b>
<b>4.1 Desenvolvimento e aplicação do modelo 4D.....</b>	<b>54</b>
<b>4.2 Análise dos resultados.....</b>	<b>69</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>92</b>
<b>Sugestões para trabalhos futuros .....</b>	<b>98</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>99</b>

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – FASES DO CICLO BIM.....	26
FIGURA 2 – INTEROPERABILIDADE DA PLATAFORMA BIM.....	28
FIGURA 3 – DIFICULDADES DE SE IMPLANTAR O BIM PARA NÃO USUÁRIOS.....	29
FIGURA 4 – DIFICULDADES DE SE IMPLANTAR O BIM PARA USUÁRIOS. ....	30
FIGURA 5 - INTEROPERABILIDADE DA EQUIPE MULTIDISCIPLINAR NO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO, CAD X BIM.....	33
FIGURA 6 – DIFERENÇA ENTRE O MODELO BIM E O BIM 4D.....	35
FIGURA 7 – DESENHO DA PESQUISA.....	43
FIGURA 8 - ORGANOGRAMA DO PROCEDIMENTO OPERACIONAL. ....	50
FIGURA 9 – CRONOGRAMA ACOMPANHAMENTO FÍSICO. ....	54
FIGURA 10 - ARQUITETURA: RAMPA E ESCADA.....	56
FIGURA 11 – ESTRUTURA: RAMPA E ESCADA.....	56
FIGURA 12 – CRONOGRAMA FÍSICO GLOBAL. ....	58
FIGURA 13 – PLANEJAMENTO MÉDIO PRAZO.....	58
FIGURA 14 – PLANEJAMENTO CURTO PRAZO. ....	59
FIGURA 15 – PLANEJAMENTO CURTO PRAZO PARA MODELO 4D. ....	61
FIGURA 16 - EXECUÇÃO DOS ARRANQUES PILARES SUBSOLO 01.....	63
FIGURA 17 - MEDIÇÃO ACOMPANHAMENTO FÍSICO MS PROJECT. ....	65
FIGURA 18 – TIMELINER MS PROJECT. ....	67
FIGURA 19 – TIMELINER NAVISWORKS. ....	67
FIGURA 20 – TIMELINER SYNCHRO.....	67
FIGURA 21 – OPÇÕES DE COLUNAS PARA PERSONALIZAÇÃO DA <i>TIMELINER</i> . ....	68
FIGURA 22 - SYNCHRO: PROGRESSO / INICIAR E TERMINAR ATIVIDADE.....	77
FIGURA 23 - SYNCHRO: DATA DE INÍCIO E TÉRMINO DA ATIVIDADE. ....	77
FIGURA 24 – ESTRUTURA DE CONCRETO: PLANEJAMENTO DAS TAREFAS POR PAVIMENTO. .....	78
FIGURA 25 – INFRA ELÉTRICA E HIDRÁULICA: PLANEJAMENTO DAS TAREFAS POR PAVIMENTO.....	79
FIGURA 26 – PLANILHA ORÇAMENTÁRIA: QUANTITATIVO DE MATERIAIS.....	80
FIGURA 27 – ESTRUTURA DE CONCRETO: MEDIÇÃO. ....	80
FIGURA 28 – INFRA ELÉTRICA E HIDRÁULICA: MEDIÇÃO. ....	81
FIGURA 29 - OBJETO SELECIONADO NO MODELO 3D.....	83
FIGURA 30 - INFORMAÇÕES DO OBJETO SELECIONADO NO MODELO 3D.. ....	84
FIGURA 31 - FILTRO PERSONALIZADO: OBJETO 3D. ....	85
FIGURA 32 - FILTRO PERSONALIZADO: OBJETO DESTACADO NO MODELO 3D. ....	85
FIGURA 33 - REPRESENTAÇÃO VIRTUAL: PLANEJAMENTO LINHA DE BASE.. ....	88
FIGURA 34 - REPRESENTAÇÃO VIRTUAL: PLANEJAMENTO REAL .. ....	88
FIGURA 35 - TELA SYNCHRO: LAYOUT 1.. ....	89
FIGURA 36 - TELA SYNCHRO: LAYOUT 2. . ....	89

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Softwares para elaboração e/ou aplicação do modelo BIM 4D.....	37
Quadro 2 – Descrição do empreendimento. ....	48
Quadro 3 - Navisworks X Synchro.....	76

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
AECO	Arquitetura, Engenharia, Construção e Operações
BIM	Building Information Modeling
CAD	Computer Aided Design
CMMS	<i>Computer Maintenance Management System</i>
CPM	<i>Critical Path Method</i>
EAP	Estrutura Analítica do Projeto
IFC	<i>Industrial Foundation Classes</i>
ISO	International Organization for Standardization
LOB	<i>Line of Balance</i>
NBIMS	<i>National Building Information Modeling Standard</i>
PBQP-H	Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat
PDCA	Planejar/Desempenhar/Controlar/Agir
PERT	<i>Program Evaluation and Review Technique</i>
PMBOK	<i>Project Management Body of Knowledge</i>
PO	Procedimento Operacional
RSL	Revisão Sistemática da Literatura
TI	Tecnologia da Informação

# 1 INTRODUÇÃO

Em tempos de crise financeira global, o mercado está cada vez mais competitivo, com uma diversidade e complexidade dos empreendimentos na construção civil. Torna-se cada vez mais importante e necessário o planejamento de um empreendimento, pois o tempo dedicado nesta fase reflete diretamente na economia, cumprimento de prazos e redução da necessidade de adaptações após o término da construção.

De acordo com a linha de pensamento de Formoso *et al.* (2002) e Viana *et al.* (2016), com efeito, a falta de um processo de planejamento e controle eficaz tem sido apontada como uma das principais causas do tempo e dos custos excessivos.

Para atingir o completo êxito de um planejamento, reduzindo as probabilidades de ocorrerem erros, retrabalhos, desperdícios e atrasos na obra, é necessário que se faça o planejamento de curto, médio e longo prazo, e que estes estejam equacionados. Vale ressaltar a importância também de se ter metas definidas e exequíveis das equipes e programações diárias por pavimento.

Dentre as metodologias, ferramentas e filosofias existentes para auxiliar na implantação do planejamento, as mais utilizadas são: Planejar/Desempenhar/Controlar/Agir (PDCA), *Line of Balance* (LOB), Estrutura Analítica do Projeto (EAP), *Last Planner*, Método do Valor Agregado e Caminho Crítico, *Lean Thinking* (filosofia da mentalidade enxuta), *Program Evaluation and Review Technique* (PERT), *Critical Path Method* (CPM), entre outras.

O pensamento enxuto tem se destacado na construção civil como meio de desenvolvimento e controle, podendo ser comprovado nos trabalhos acadêmicos, como

no artigo de Sacks *et al.* (2010), na monografia de Costa (2015), na dissertação de Rodrigues (2017), dentre outros. Esses trabalhos mostram que a construção civil, em especial as construtoras, está cada vez mais aderindo ao planejamento *Lean Thinking*, pois a construção enxuta expressa um sistema de trabalho baseado em qualidade total com agregação de valor sobre o produto final, eliminação de desperdícios na execução de projetos e entrega do produto dentro do prazo.

Mas, na era da informatização, qualquer processo, planejamento ou cronograma, para ser bem sucedido deve ser desenvolvido por meio de uma ferramenta adequada da Tecnologia da Informação (TI). A um nível inicial de maturidade, as empresas admitem o uso da TI para controle e produtividade, mas a medida que a maturidade avança de estágio, as empresas passam a ver a TI como redução de custos, controle de processos e melhora dos processos atuais. Num estágio maior de maturidade e dependendo do porte da empresa, pois TI exige investimento financeiro, a organização encara a TI como um diferencial competitivo, tanto nos processos como na tomada de decisão. A missão da TI deve ser de agregar valor ao negócio através de novas tecnologias e processos para reduzir os custos do negócio e mitigar riscos organizacionais.

No mercado há vários *softwares* para elaboração do cronograma físico-financeiro de uma obra, mundialmente utilizados, dentre eles o *MS Project* e a tradicional planilha no *Excel*, da *Microsoft*, e o *software Primavera*, da *Primavera Business Software Solutions*.

Biotto *et al.* (2015) informam que a complexidade envolvida na construção civil é elevada, uma vez que cada decisão afeta um grande número de outras decisões (PAPAMICHAEL, 1999), demandando ações, métodos, técnicas e ferramentas apropriadas para gerenciá-las com sucesso (BACCARINI, 1996).

O *Building Information Modeling* (BIM) é considerado como uma plataforma tecnológica (ANTUNES, 2013), metodologia (SUCCAR, 2009) e produto (NBIMS, 2007) a ser desenvolvida para guiar por meio do desenvolvimento de pessoas e processos de mobilização de tecnologias existentes, o trabalho da equipe e acesso a um ambiente de dados comum (WONG, ZHOU, 2015).

O BIM está associado à representação virtual das características físicas e funcionais da facilidade do manuseio que permite a troca perfeita de informações em todas as camadas da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) na cadeia de abastecimento (EASTMAN *et al.*, 2011; SACKY *et al.*, 2014).

Os recentes progressos em tecnologia motivaram o crescimento em literatura no âmbito acadêmico de pesquisas e práticas profissionais, com forte pico na implantação de modelagem de informações de construção relacionada à tecnologia BIM.

A construção enxuta e a modelagem BIM, embora independentes, já são reconhecidas por pesquisadores como podendo interagir para aumentar o potencial de aplicação na gestão da construção (KOSKELA *et al.*, 2010; MENDES JUNIOR *et al.*, 2014).

Para promover a integração da variável tempo com os projetos 3D, alcançando o conceito BIM 4D, há o mercado, por exemplo, os *softwares Synchro, Navisworks e Vico*.

Uma lacuna que pode ser observada, no entanto, é que falta ênfase no processo de conhecimento, além do otimismo tecnológico, como gerenciamento de fluxo de trabalho e práticas comerciais que acompanham os benefícios reais do BIM. (PRINS AND OWEN, 2010; KOVACIC, 2015; SACKY *et al.*, 2017).

Este estudo apresenta que a construção civil tem procurado novas formas de melhorar o seu processo de trabalho, investindo no planejamento e orçamento da obra, integrados



com a construção enxuta e sustentabilidade, para constante desenvolvimento de métodos de gerenciamento de processos construtivos, e busca por melhorias da qualidade e conforto (MATOS, 2016).

A construção enxuta tem o foco na redução das perdas, dentro da construção civil é associada ao desperdício de insumos, ou seja, tenta reduzir estas perdas pela reciclagem e reuso dos materiais na construção, assim atendendo as leis ambientais. Mas estas perdas também se estendem também nas execuções de tarefas desnecessárias que podem gerar custos, causando prejuízo na construtora. A construção enxuta também aborda algumas classes que envolvem as perdas no processo como, por exemplo: superprodução, transporte, fabricação de produtos defeituosos provocando retrabalho, e por último o estoque (MACIEL, 2014).

Ao iniciar um empreendimento é importante destacar que existem diversas fases que devem ser cumpridas até a finalização da obra, como o planejamento e o desenvolvimento dos projetos.

Para utilizar o sistema de planejamento *Last Planner* que é um dos segmentos da construção enxuta, durante a execução de uma edificação residencial unifamiliar, os autores informam que a realização do planejamento sistemático ofereceu estabilidade na construção, e o controle de forma proativa, possibilitando uma postura de tomar decisões rápidas e intuitivas. A consequência dessa evolução refletiu também nas antecipações de alocação de recursos, ocasionando pedidos de compra a serem mais exatos, e no momento certo, evitando a falta dos mesmos (ALVES *et al.*, 2016).

Existe uma dificuldade enfrentada pela AEC, que é a separação entre as etapas de projeto e o sistema de produção da construtora. Pois o projeto não tem a preocupação de como será desenvolvido, como um processo estratégico para alcançar o maior nível de

competitividade (MACIEL, 2014). E a partir do BIM essa cultura deve mudar, o projeto deve ser desenvolvido considerando a execução do mesmo e o sistema de produção da construtora.

A modelagem de informações da construção é um dos desenvolvimentos recentes mais promissores na indústria da AEC (CADS, 2015).

A implementação do BIM envolve muitos desafios que precisam ser resolvidos para que o BIM seja uma ferramenta útil no setor de construção. O desenvolvimento de tecnologias básicas e as organizações de seu uso e implementação têm diferentes dinâmicas temporais, pois requer, por exemplo, mudanças em várias práticas colaborativas: a divisão do trabalho, regras, ferramentas complementares e arranjos contratuais. As novas tecnologias geralmente são trazidas para estruturas organizacionais que foram desenvolvidas durante um paradigma tecnológico prévio (OLIVEIRA, 2015). O uso da nova tecnologia requer mudanças em várias práticas colaborativas: a divisão do trabalho e as responsabilidades, regras, ferramentas complementares e acordos contratuais (PAUWELS & ROXIN, 2016).

Para apoiar a tomada de decisão nos quatro estudos empíricos realizados e relatados no artigo de Biotto *et al.* (2015), os autores concluíram a real necessidade de incorporar o uso simultâneo das três ferramentas: modelagem 4D, linha de balanço (mesmo princípio da construção enxuta) como ferramenta de planejamento e o histograma de mão-de-obra (custos de mão-de-obra e capacidade).

É importante destacar que Mendes Junior *et al.* (2014) compartilham da mesma opinião de outros autores, de que na maioria das vezes a implantação do modelo BIM 4D não tem o resultado esperado por falta de conhecimento da equipe sobre o modelo que

estava sendo implantado. Com a falta de informação, uns não compreendem a importância do sistema, outros não sabem como interagir.

No entanto, muitas inovações técnicas e organizacionais ainda são necessárias para expandir o uso do BIM no ciclo de vida dos edifícios (CADS, 2015).

Diante deste contexto, esta pesquisa visa responder a seguinte questão: Como inserir e aplicar o BIM na construção civil, integrado com o planejamento e controle de obras, com foco no processo de conhecimento?

## **1.1 Objetivos**

### *1.1.1 Objetivo geral*

Aplicar o sistema BIM 4D em uma obra, integrando as informações do projeto 3D com o cronograma físico, por meio das ferramentas Planilha *Excel*, *MS Project*, *Revit*, *Navisworks* e *Synchro*, voltados para o planejamento e controle de obras da construção civil, com foco no processo de conhecimento.

### *1.1.2 Objetivos específicos*

Os objetivos específicos apresentados são:

- a. Propor e aplicar um método visual para melhor entendimento, coordenação e comunicação entre as equipes da obra;
- b. Propor um modelo de formação (treinar) de equipes com o conhecimento do processo do gerenciamento de fluxo de trabalho e práticas comerciais que acompanham os reais benefícios do BIM durante a execução da obra;

- c. Identificar os desafios que a construção organizacional pode encontrar enquanto o BIM se transforma no domínio do desenvolvimento, implantação e utilização, no cronograma físico da obra.

É importante ressaltar que o planejamento utilizado no estudo de caso foi elaborado pela Construtora e é de responsabilidade da mesma. Não é objetivo deste trabalho a análise do planejamento, porque o planejamento está de acordo com o procedimento operacional da empresa.

Como este trabalho foi realizado com ferramentas utilizadas a nível global, deve-se adequar a todas as metodologias de planejamento, e não apenas a uma específica utilizada por uma empresa específica.

## **1.2 Resultados Esperados**

Espera-se que os resultados desta pesquisa possam contribuir:

- unindo o conhecimento da tecnologia (*Softwares Navisworks e Synchro*) com a aplicação prática no processo de Gestão do Planejamento Físico de uma obra;
- trazendo para o meio acadêmico a união da Ciência com a técnica aplicada, pois de acordo com o Manual de Oslo (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico, 1990), esta é a real definição de TECNOLOGIA;
- apresentando os resultados e os benefícios da aplicação, na prática, das ferramentas plataforma BIM para gestão do planejamento físico, mostrando que a mesma é aplicável e “quebrando”, assim, os paradigmas existentes nas construtoras tradicionais.

## **1.3 Estrutura do trabalho**

Este trabalho é composto por cinco capítulos, sendo este o primeiro para introdução do mesmo. O segundo capítulo é composto pelo referencial teórico, trazendo definições, conceitos e trabalhos relacionados com o tema. O terceiro refere-se à metodologia de pesquisa utilizada. O quarto descreve o desenvolvimento e aplicação do modelo BIM 4D, estudo de caso, apresenta também a análise dos resultados obtidos e o quinto capítulo é destinado às considerações finais e sugestões para novos trabalhos.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é apresentado o referencial teórico com a finalidade de sustentar a compreensão do tema que fundamenta este trabalho, *Building Information Modeling* (BIM).

### 2.1 Building Information Modeling (BIM)

*Building Information Modeling* é uma plataforma tecnológica em evolução na indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção utilizada como gerenciamento de projetos, também conhecido como Modelagem da Informação da Construção ou Modelo Paramétrico da Construção Virtual (CADS, 2015). O BIM é usado principalmente para fornecer representação 3D ou 4D, que ao contrário do *design* assistido por computador, os modelos BIM são construídos usando "inteligência de objetos" e apresentam informações das características físicas e funcionais de uma instalação (FERNANDES, 2013; OLIVEIRA, 2015).

O BIM é considerado uma tecnologia revolucionária que transformou a maneira de gerir o processo de construção civil. Também é caracterizado como um paradigma tecnológico emergente e mudança processual nas indústrias da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operações (AECO). O desenvolvimento do padrão de modelo de dados aberto, *Industrial Foundation Classes* (IFC), permitiu ao BIM facilitar o intercâmbio de informações entre diferentes parceiros de *design* em construção (LAAKSO, KIVINIEMI, 2012). Entretanto, o desenvolvimento da organização e a co-produção de informações entre parceiros em todas as fases dos projetos de construção ainda são necessários.

Projetos de construção no Brasil têm crescido rapidamente nos últimos três anos. BIM é amplamente visto como um catalisador de inovação e produtividade na indústria da construção. O BIM pode ajudar um processo de construção mais sustentável (OLIVEIRA, 2015).

Na literatura vários autores (MANDHAR, MANDHAR, 2012; EASTMAN, *et al.*, 2014; MIETTINEN, PAAVOLA, 2014; MENEZES *et al.*, 2015) sugerem que a natureza da modelagem pode ser compreendida melhor analisando concretamente como os modelos são realmente utilizados.

Portanto, o gerenciamento da construção é muito importante para garantir que a conclusão dos projetos de construção esteja dentro do prazo e do orçamento. A utilização do BIM pode aumentar a eficiência de um projeto de construção.

Os desafios enfrentados ao planejar, projetar, construir e operar continuam a aumentar. Os custos do ciclo de vida, por exemplo, assumiram maior importância para projetos imobiliários de todos os tipos. Os métodos de planejamento digital, como a modelagem de informações de construção (BIM), oferecem um meio eficaz de atender às demandas associadas ao aumento da complexidade e à crescente gama de questões e disciplinas especializadas envolvidas (OLIVEIRA, 2015). O BIM permite que as partes interessadas aumentem a qualidade e a confiabilidade de seus processos de planejamento, projeto, construção e operação. Também permite que os planejadores gerem dados importantes relacionados a todo o ciclo de vida de uma determinada propriedade ou portfólio.

BIM é uma ferramenta usada para otimizar o planejamento, projeto, construção e gerenciamento de edifícios. Permite a referência cruzada de todos os dados relevantes de planejamento e *design*. Isso fornece uma base de planejamento mais transparente e

detalhada. Em particular, permite que as partes interessadas obtenham uma visão mais holística dos projetos de construção e harmonizem de forma mais eficaz os vários fatores envolvidos, ou seja, de uma maneira que vai muito além do que é possível usando o projeto e a elaboração de CAD convencional (OLIVEIRA, 2015). Esta informação pode ser aplicada a todo o ciclo de vida dos edifícios em questão.

O BIM oferece as seguintes vantagens, de acordo com Fernandes (2013):

- a) maior confiabilidade do planejamento para desenvolvedores e *designers* graças à maior harmonização de projetos;
- b) garantia de qualidade aprimorada;
- c) melhor comunicação entre os participantes do projeto;
- d) verificação de colisão e validação de modelo;
- e) controle mais eficaz por meio de definições de objetivos e planejamento de processos;
- f) verificações automatizadas ou parcialmente automatizadas de conformidade com leis e padrões do setor;
- g) avaliações de quantidade e volume;
- h) gestão de deficiência sistemática durante os procedimentos de aceitação;
- i) gerenciamento de instalações sistemáticas.

Já as desvantagens da utilização do BIM segundo Fernandes (2013), são as seguintes:

- a) requer conhecimento técnico / falta de especialistas;
- b) é mais uma filosofia do que um *software*;



- c) é provável que traga problemas relacionados à propriedade da informação e responsabilidade de *design* do modelo;
- d) incompatibilidade com os parceiros que não podem usar o BIM também pode ser um desafio para a tecnologia BIM;
- e) as questões legais associadas ao uso da tecnologia BIM não foram amplamente abordadas;
- f) o *software* BIM é muito caro e pode não ser economicamente viável para pequenos projetos.

A plataforma BIM tem como um de seus propósitos, dinamizar o processo de projeto como um todo e facilitar a comunicação entre os diversos agentes, promovendo atualizações contínuas e permitindo mudanças positivas no ato de projetar que auxiliam, por exemplo, o arquiteto, toda equipe de projetistas, os engenheiros, as incorporadoras e construtoras, dentre outros membros que fazem parte deste processo (EASTMAN *et al.*, 2014).

Exemplos de problemas que impedem a adoção do BIM incluem a falta de pessoal instruído em TI, bem como a ausência de programas nacionais de implementação do BIM. Existem vários benefícios e vantagens do BIM, os principais pontos focais da utilização do BIM (BURAKALE, PATIL, 2017), quais sejam: melhorar o esforço e controle entre os parceiros; melhor rentabilidade (menos retrabalho e confrontos); melhor qualidade e execução; transporte mais rápido e redução de desperdícios; custos de construção reduzidos e novas receitas e oportunidades de negócios.

Para Menezes *et al.* (2015) a plataforma BIM, como uma tecnologia oferece muitos benefícios aos seus usuários. Por exemplo, pode potencialmente aumentar a eficiência, qualidade e produtividade de um projeto de construção, reduzindo o número de erros e

incompatibilidades, fornecendo informações mais precisas e atualizadas, e dando uma exposição mais ilustrativa e acessível de um edifício e suas características para todas as partes interessadas (EASTMAN *et al.*, 2014).

É um processo de *design* e construção virtual que integra o uso pesado de tecnologia para conectar as informações com o modelo virtual. O projeto BIM permite que os projetistas construam um modelo 3D que represente o modelo real que eles pretendem construir. O BIM é uma nova tecnologia que é muito útil em arquitetura, construção, gerenciamento de instalações e fabricação de produtos de construção. É uma das coisas mais importantes que acontecem no campo da arquitetura. Nos últimos anos, a tecnologia BIM levou ao *design* de projetos com maior eficiência energética e esteticamente projetados. O BIM fornece uma plataforma para dados compartilhados e conhecimento para todos os interessados em projeto, construção, manutenção, operações e demolição de estruturas (FERNANDES, 2013).

Enquanto a maioria dos autores define o BIM como uma tecnologia, Succar (2009) analisa o BIM como um conjunto de políticas, processos e tecnologias que geram uma metodologia para gerenciar projeto de edificação, a partir de dados em formato digital, em todo o ciclo de vida da edificação.

De acordo com a *National Building Information Modeling Standard* (NBIMS, 2007), o BIM é apresentado em três níveis de abstração:

- a) produto – diz respeito ao modelo da edificação, uma entrega do processo de projeto criada a partir de ferramentas de tecnologia de informação;
- b) ferramenta – o BIM faz alusão aos *softwares* que criam, agregam e extraem informações do modelo de edificação;

c) processo colaborativo – em que podem se obtidas informações necessárias às atividades desenvolvidas durante todo o ciclo de vida da edificação.

Portanto, é necessária visão evolutiva mais realista em que o BIM é conceitualizado como um conjunto historicamente desenvolvido de ferramentas mais ou menos interoperáveis que são usadas simultaneamente com ferramentas convencionais (EASTMAN, *et al.*, 2014; MIETTINEN, PAAVOLA, 2014).

## **2.2 Aplicabilidade do BIM**

O BIM é uma tecnologia emergente em todo o mundo nas Indústrias de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). A tecnologia BIM fornece aos usuários dados e informações precisas e consistentes do projeto, com funções necessárias para modelar o projeto e fornece uma visão virtual do mesmo. Os modelos de informação de construção são cada vez utilizados, para diversas finalidades, pelas diversas partes interessadas durante as diferentes fases do projeto e ciclo de vida de construção, conforme mostra a Figura 1.



Figura 1 – Fases do ciclo BIM.

Fonte: Fernandes (2013).

Para a AEC que enfrentou barreiras e desafios para aumentar a produtividade, eficiência, qualidade e desenvolvimento sustentável, a adoção do BIM está se tornando um assunto cada vez mais importante. Desde a sua introdução nas últimas décadas, o BIM foi considerado essencial na AEC e no setor imobiliário; indústrias para gerenciar, compartilhar e trocar informações entre as partes interessadas do projeto, tais como arquitetos, engenheiros, empreiteiros, proprietários e gerentes de instalações (EASTMAN, *et al.*, 2014).

Em comparação com o projeto tradicional assistido por computador, o BIM não é simplesmente um representante virtual de um projeto real nem um encapsulamento estático para informações do projeto (OLIVEIRA, 2015). Transforma a indústria do desenho e da informação 2D em sistemas de informação baseados em objetos 3D, 4D, 5D e ND. Além disso, o BIM fornece informações dinâmicas de tomada de decisão ao longo do ciclo de vida do projeto.

Para Eastman *et al.* (2014), as informações inseridas no BIM se sincronizam com as práticas AEC que vão desde projetos, execução, operação, manutenção até a renovação. Neste contexto geral, o BIM não é apenas uma ferramenta de *design* de projeto avançada, mas também uma ferramenta de gerenciamento eficiente que beneficia todos os aspectos dos projetos da AEC.

Tanto na academia como na indústria, o BIM atraiu muitos profissionais. O fato está em poder ser utilizado em várias áreas, incluindo: Arquitetura e design de construção; Engenharia civil e estrutural; Energia e serviços públicos; Estrada e engenharia rodoviária; Paisagem e levantamento de terras; *Architecture offshore* e marinha; Engenharia de transporte ferroviário e metropolitano; Túnel e arquitetura de metrô e Planejamento urbano e *design* inteligente da cidade (DURANTE, 2013).

As pessoas geralmente têm muitas expectativas no uso do BIM e veem como um avanço tecnológico que vai revolucionar a indústria AEC. Por exemplo, de acordo com Eastman *et al.* (2014), o BIM tem potencial para ser o facilitador da integração, interoperabilidade e colaboração no futuro do setor de construção. Acredita-se que o BIM está mudando as práticas tradicionais da AEC em um sentido mais amplo em termos de pessoas, processo, cultura de trabalho, comunicação, modelos de negócios, etc. Alguns até sugerem que as práticas tradicionais da AEC enfrentam uma mudança de paradigma com a aplicação mais ampla do BIM (MANDHAR, MANDHAR, 2012). No entanto, para Rosso (2011), o BIM é simplesmente uma boa ferramenta que pode ajudar a tornar os processos da AEC mais eficientes, mas com o pleno potencial ainda não explorado em prática.

O desenvolvimento do BIM também foi enfatizado pelas autoridades governamentais e quadros regulatórios a nível internacional para melhorar a interoperabilidade de

*software* e cooperação nos processo da indústria da construção. Como por exemplo, o Governo Federal, que teve o decreto nº 9.377/2018, exigindo o uso do BIM a partir de 2021.

No presente estudo, se observa na Figura 2, a demonstração da interoperabilidade da plataforma BIM.

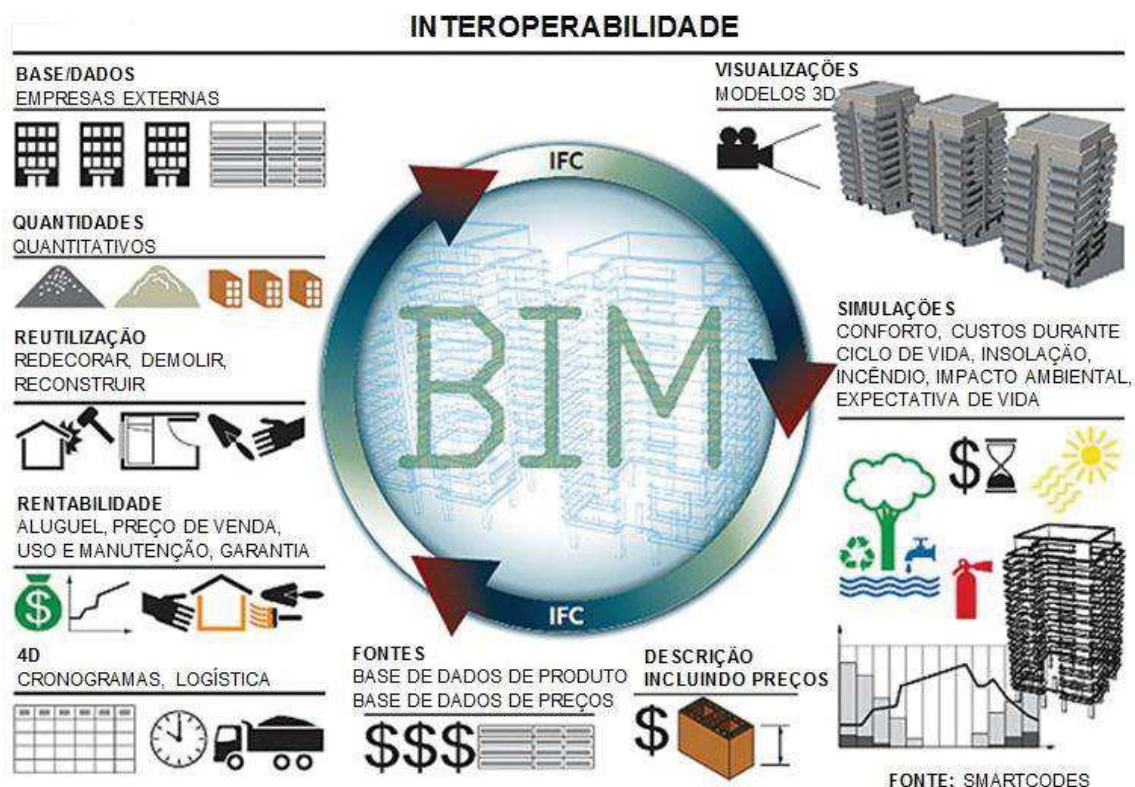


Figura 2 – Interoperabilidade da Plataforma BIM.  
Fonte: Rosso (2011).

A interoperabilidade é vista como uma função que integra todas as disciplinas, sendo possível além da construção virtual do objeto arquitetônico, quantificar, planejar, coordenar e recuperar informações a qualquer fase do empreendimento. Além disso, segundo Rosso (2011), a plataforma permite “verificar interferências, testar alternativas de projeto e ensaiar o comportamento do modelo sob a ação de diversos agentes”.

Eastman *et al.* (2014) dizem que para um novo artefato se tornar um instrumento mediador, os sujeitos participativos devem "reinventar" toda a atividade do projeto, que

envolve mudanças na divisão do trabalho e novas regras. Para Kassem, Succar, Dawood (2013), o processo de reinvenção ocorre por meio do aprendizado expansivo, pois os sujeitos resolvem as tensões, distúrbios e problemas emergentes da atividade.

A Figura 3 ilustra, conforme estudos, as dificuldades de se implantar o BIM para não usuários, e a Figura 4 mostra as dificuldades de se implantar o BIM para usuários.

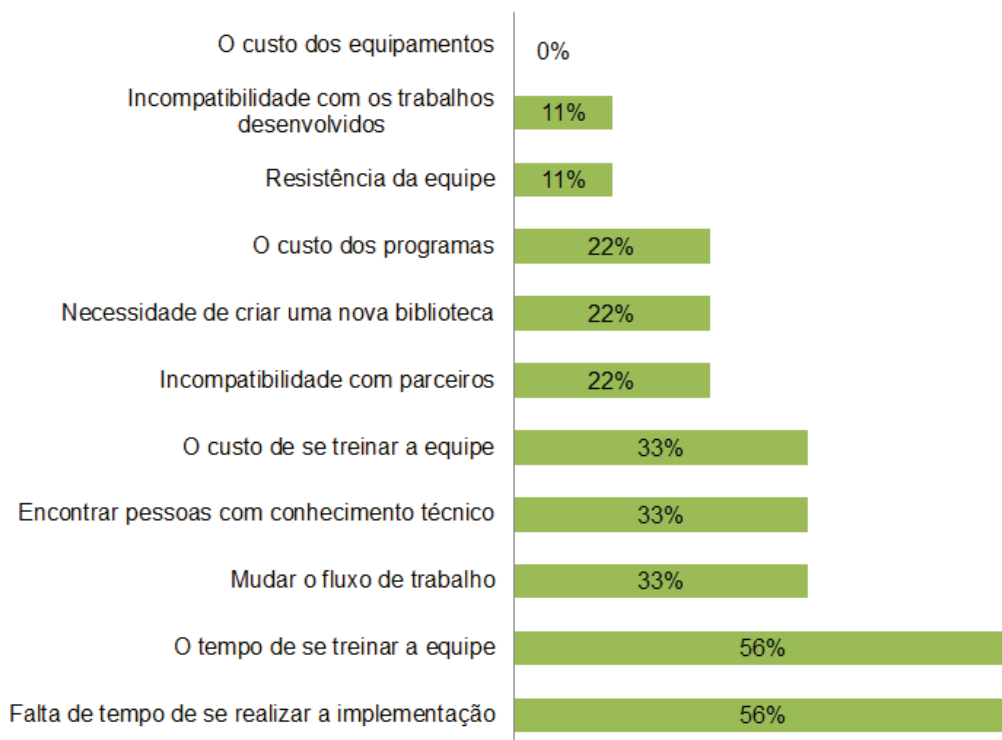


Figura 3 – Dificuldades de se implantar o BIM para não usuários.

Fonte: Moreira, Ribeiro (2015).

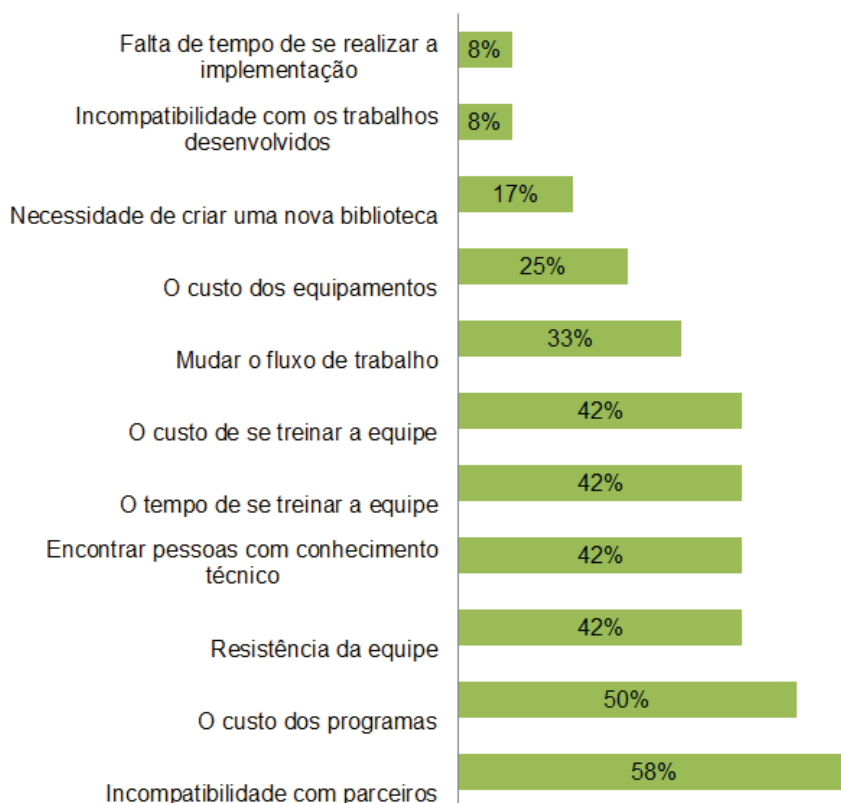


Figura 4 – Dificuldades de se implantar o BIM para usuários.

Fonte: Moreira, Ribeiro (2015).

Os desenvolvimentos recentes na indústria estabeleceram novos desafios para a atividade colaborativa de diferentes partes em projetos de construção. O *design* e a construção não são apenas um processo, mas uma rede complexa de sistemas de atividades. Cada sistema possui interesses, motivos e perspectivas parcialmente diferentes em relação ao objeto da atividade de construção (KASSEM, SUCCAR & DAWOOD, 2013; KEROSUOA, *et al.*, 2015). Por exemplo, as perspectivas dos *designers* e contratados diferem radicalmente das perspectivas dos mantenedores, clientes e usuários finais. Quando novas ferramentas como o BIM, são introduzidas em atividades fora de seu uso original, sua implantação completa requer o desenvolvimento e aplicação de novos *softwares* (SUCCAR & KASSEM, 2017).

O BIM, originalmente criado para o uso de *designers*, precisa passar por um processo de instrumentalização para cumprir os requisitos de outras atividades em construção



(KEROSUOA *et al.*, 2015), como por exemplo o controle de execução de uma obra ou a manutenção de um edifício pelo síndico. O uso do BIM também tem implicações para as mudanças na organização social do trabalho, ou seja, a divisão do trabalho e as responsabilidades, as regras e os acordos contratuais em projetos (PAUWELS & ROXIN, 2016).

Leão de Lima *et al.* (2014) diferenciam entre três tipos de interfaces na indústria da construção. Uma interface tecnológica aborda a interoperabilidade da tecnologia entre empresas em um projeto de construção. Por exemplo, os *designers* devem usar modelos de informações de construção produzidos por diferentes aplicativos de *software*. Kassem, Succar, Dawood (2013) também mostram que uma interface organizacional envolve a colaboração entre parceiros e a criação de interesses compartilhados entre parceiros na rede de empresas de *design* e construção. Uma interface de trabalho diz respeito à redistribuição do trabalho, ao desenvolvimento de padrões para interações e compreensão do sistema.

Os *designers* são obrigados a coordenar e colaborar suas tarefas com vários parceiros durante um processo. Ao longo da história do trabalho de *design*, a divisão do trabalho permitiu que diferentes áreas citadas anteriormente evoluíssem. Simultaneamente, as interfaces entre disciplinas surgiram, e vários especialistas são designados para projetos de construção simultâneos (SUCCAR & SHER, 2013; SUCCAR & KASSEM, 2017).

Cada área de *design* tem sua própria cultura disciplinar, que se reflete nos modelos digitais, cognitivos e representacionais dessa. Essas culturas também se refletem nos procedimentos de trabalho, nas práticas e no uso de ferramentas específicas. No entanto, as tarefas dos *designers* de cada área são altamente interdependentes em termos de conteúdo, tempo e procedimentos práticos (LEÃO DE LIMA *et al.*, 2014).

A ferramenta geral utilizada nas operações e manutenção de edifícios é o *software Computer Maintenance Management System (CMMS)*. O CMMS mais avançado contém todos os documentos, projetos, contratos necessários na manutenção de um edifício. Os gerentes e controladores podem seguir o consumo de energia, as solicitações de serviço, podem ser recuperados os planos e tarefas de manutenção, podem ser criados e atualizados no CMMS (LEÃO DE LIMA *et al.*, 2014).

Como na indústria da AEC e indústria de construção naval compartilham muitas semelhanças (por exemplo, envolvem engenharia complexa, processos, e requer colaboração de inúmeros membros da equipe multidisciplinar, e muito tempo desde a concepção até a conclusão), os profissionais da construção naval estão interessados, e aprendendo com a indústria da AEC (SUCCAR, KASSEM, 2015). O conceito de BIM é construir um edifício praticamente antes do processo de construção real, para identificar, analisar e resolver potenciais problemas e conflitos que podem surgir durante a construção, bem como por meio do ciclo de vida da estrutura. O BIM cria modelos tridimensionais e adiciona quarta e quinta dimensões de programação.

Conforme demonstrado na Figura 5, um exemplo de como é o *design* com o objetivo de reduzir o tempo para o mercado, reduzir os custos gerais de produção e melhorar a qualidade do produto em múltiplos critérios de desempenho.

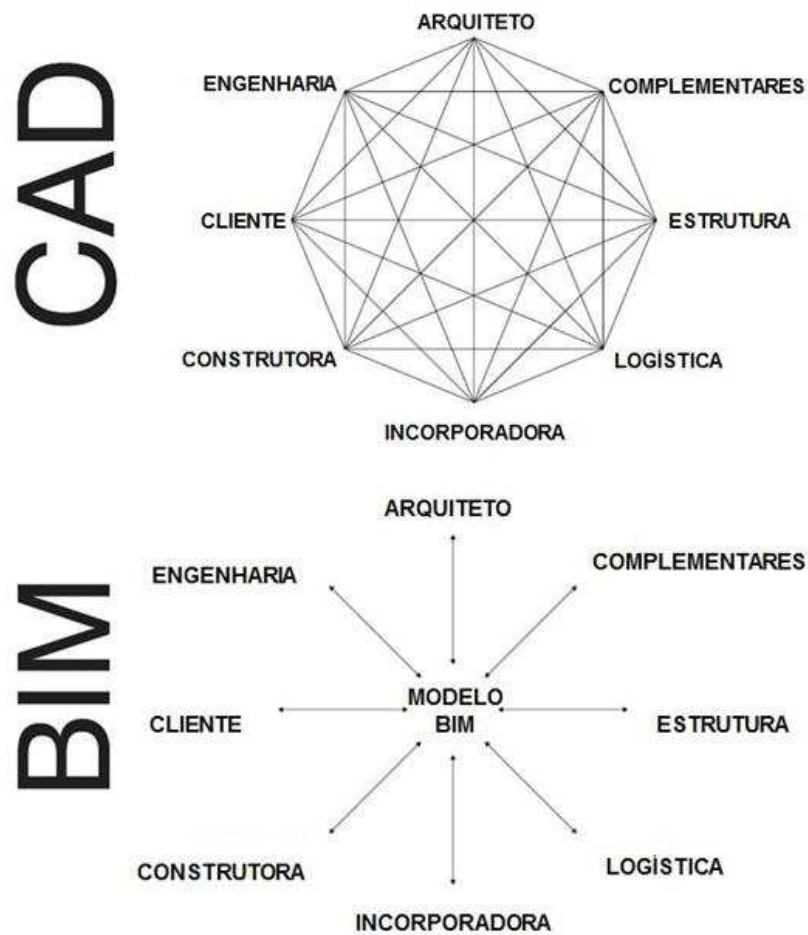


Figura 5 - Interoperabilidade da equipe multidisciplinar no processo de construção, CAD X BIM.

Fonte: Oliveira (2015).

No modelo tradicional, CAD, cada membro da equipe multidisciplinar trabalha no arquivo individual, arquivo este pertencente à sua disciplina. E quando necessário, o projetista de uma determinada disciplina tem que solicitar para outro projetista, informações para elaboração e conclusão de seu projeto. Por exemplo, o projetista elétrico tem que solicitar para o projetista hidro-sanitário a potência das bombas do reservatório do empreendimento, para que o quadro elétrico e as cargas necessárias para funcionamento das bombas sejam previstas no projeto elétrico. Outro exemplo é que, a construtora para ter acesso às informações dos projetos e elaborar o orçamento e cronograma físico-financeiro do empreendimento, faz-se necessário que cada projetista

envie para a construtora o seu respectivo projeto, para somente então a construtora extrair as informações necessárias.

Já no modelo BIM, a proposta é que todos os membros da equipe multidisciplinar trabalhem e tenham acesso a um banco de dados comum. Todos os projetistas devem trabalhar num único arquivo, numa única plataforma compartilhada simultaneamente. E quando um membro da equipe multidisciplinar necessitar de alguma informação, ele mesmo acessa o banco de dados comum e tem conhecimento das informações necessárias.

Succar, Sher, Williams (2013) demonstraram que os recentes esforços para identificar as competências individuais no setor de construção se concentraram no *design*, no gerenciamento de manutenção e gerenciamento de projetos de construção para obter conformidade nos projetos. Essas investigações sobre a maturidade da capacidade BIM destacam a necessidade de uma abordagem abrangente que identifique e classifique as competências da plataforma, necessárias para atividades de modelagem, colaboração e integração aplicável em todo o ciclo de vida do projeto, nos setores da indústria, disciplinas e especialidades.

### **2.3 BIM 4D**

BIM 4D é o acréscimo da variável tempo às três dimensões espaciais que compõem o modelo 3D, tornando-se possível incorporar ao modelo informações sobre cronograma, sequência de obra e fases de implantação, conforme ilustra a Figura 6.

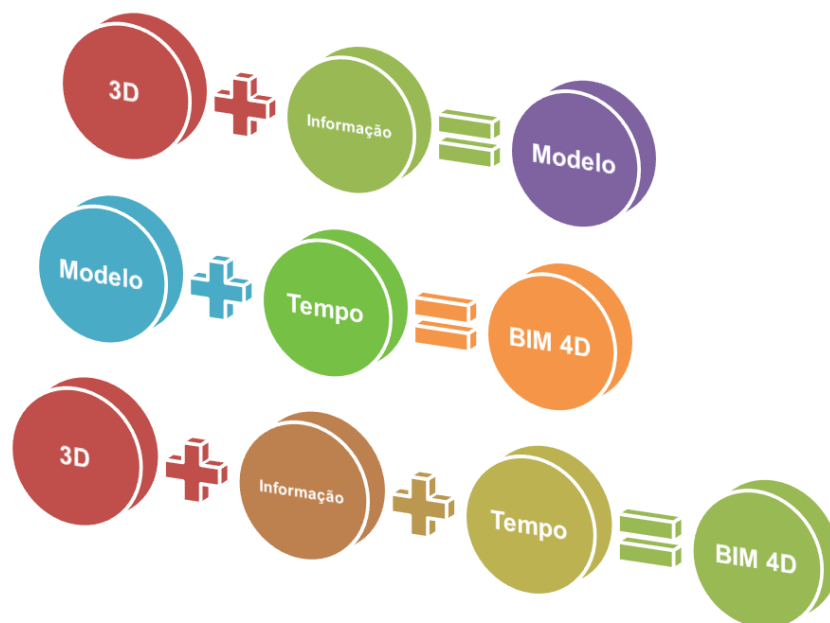


Figura 6 – Diferença entre o Modelo BIM e o BIM 4D.

Fonte: adaptado de (<https://www.slideshare.net/bimmyanmar/bim-4d-construction-project-planning-bcs-singapore>).

Esta integração faz com que as informações obtidas junto às frentes de trabalho, sejam de progresso ou de atraso de atividade, possam automaticamente municiar as equipes de planejamento, facilitando a tomada de decisão sobre as intervenções necessárias, gerando mínimo impacto nos cronogramas durante a execução da obra.

Outra vantagem do modelo 4D é poder simular diversos cenários de execução da obra, considerando inclusive máquinas e equipamentos temporários, como por exemplo escoramentos, guas, cremalheiras. Dessa maneira pode identificar as interferências e problemas antes da real construção, e ajustar os projetos, planejamento físico-financeiro, logística da obra. Assim evita-se o retrabalho, desperdício (tempo, material, equipamento, mão de obra, dinheiro) e acidentes.

Eastman (2011) explica que os mecanismos envolvidos no processo de construção de um modelo 4D variam de acordo com as ferramentas adotadas. No entanto, existem diversos itens específicos que devem ser considerados para que o modelo traga

resultados satisfatórios, e o principal deles é o escopo do modelo. Antes do seu desenvolvimento, o modelo deve ter seu propósito bem definido.








O mesmo autor afirma ainda que componentes podem ser agrupados para reorganizá-los conforme a necessidade do planejador, adequando-os para se encaixar ao processo utilizado pelo *software* BIM 4D. Por exemplo, as instalações elétricas de um pavimento podem ser divididas por apartamento e por área comum, sendo cada grupo planejado de modo individual. Isso é um ponto muito importante, que deve ser levado em conta por quem elabora o modelo para que o planejamento possa ser elaborado atendendo as etapas de execução e medição da obra, e que esteja de acordo com os procedimentos operacionais da construtora.

Eastman (2011) explica que durante o desenvolvimento do modelo 4D há objetos que precisam ser decompostos em partes menores para representar a forma real com que serão construídos. A maioria dos *softwares* não fornece essa funcionalidade, forçando o planejador retornar às ferramentas 3D para remodelar o objeto.

Chang *et al.* (2009) afirmam que é comum engenheiros encontrarem dificuldades em interpretar modelos 4D, principalmente em empreendimentos mais complexos ou de maior porte.

Os principais *softwares* para o BIM 4D podem ser verificados no Quadro 1.

Quadro 1 - *Softwares* para elaboração e/ou aplicação do modelo BIM 4D.

COMPANHIA	PLATAFORMA BIM PRINCIPAL	LOGO
<b>Autodesk</b>	Navisworks	
<b>Tekla</b>	Tekla Structures	
<b>Bentley</b>	Bentley Navigator	
<b>Vico Software</b>	Virtual Office 4D Manager	
<b>Gehry Technologies</b>	Digital Project Extensions	
<b>Synchro Ltd.</b>	Synchro Professional	
<b>Innovaya</b>	Visual Simulation	

Fonte: Baia (2015)

De acordo com Baia (2015) algumas características para verificar uma ferramenta 4D são:

- a) capacidade de importar geometrias ou formatos BIM. Em alguns casos, somente informações para se criar um cronograma são suficientes como, por exemplo, geometrias, nomes das geometrias, hierarquias, etc.;
- b) capacidade de importar cronogramas;
- c) junção e atualização para o modelo 3D BIM. A ferramenta deve ser capaz de juntar vários modelos 3D;
- d) reorganização dos dados após estes serem importados;

- e) capacidade de incluir componentes temporários no modelo, como por exemplo, guias, áreas de armazenamento, galpões, etc.;
- f) capacidade de animar e simular a construção;
- g) análise de conflitos de espaço-tempo como geometrias em mesmo espaço e atividades que estejam acontecendo ao mesmo tempo;
- h) capacidade de exportar os dados em períodos específicos de tempo e também para documentação de projeto;
- i) capacidade de ligar automaticamente componentes do cronograma para que uma mudança de tempo, por exemplo, venha a refletir no restante de outros componentes.

#### **2.4 Trabalhos correlatos**

Para o embasamento deste trabalho, foi necessário buscar literaturas relacionadas ao objeto aqui pesquisado, como exemplo, o estudo de Matos (2016), que tem como objetivo a aplicação do BIM em projeto por meio do *software Revit* versão 2014, e procurar características que possam ajudar no desenvolvimento do projeto, por meio de estudos das suas diferentes etapas. Para o estudo de caso foi usado o projeto de grândola, realizado no âmbito da disciplina de Arquitetura III, no ano de 2013. Foi realizada a transição do projeto para o sistema BIM procurando características que permitem o sistema BIM impulsionar a prática do projeto realizando um comparativo com o processo tradicional, e foi possível notar que, apesar de algumas falhas que este sistema aborda, possui um conjunto de características por trás do projeto, impulsionando o processo por meio de um controle de tempo, custo e um controle quanto às informações do processo.



Já o estudo de Faroni (2017) tem como objetivo mostrar as competências da plataforma BIM integrado ao processo de gestão da facilidade por um método de simulação e modelagem computacional. Foi utilizado um estudo de caso em uma edificação no campus da Universidade Federal de Espírito Santo (UFES), utilizando os *softwares* *Revit* e de gestão *Archibus*. Após a integração entre os *softwares*, obteve alguns resultados demonstrando as potencialidades de integração entre as tecnologias e, que possa dar suporte ao planejamento e auxiliar na tomada de decisão, notando também alguns desafios a serem enfrentados durante a implantação do BIM na construção.

Maciel (2014) apresentou o estudo para verificar quais são as barreiras enfrentadas para implantar a tecnologia BIM nos escritórios de arquitetura e urbanismo que desenvolvam projetos para as construtoras, restringindo apenas as fases de projeto e planejamento dos empreendimentos. Este trabalho utilizou como metodologia a aplicação de questionário e entrevista para identificar as empresas que já implantaram o BIM para conhecer o perfil dos profissionais. Depois realizou uma análise de pesquisa observatório e uma análise documental para verificar como é a atuação das empresas incorporadas. Concluiu que existe uma resistência quanto à implantação e observou que falta conhecimento quanto aos conceitos de uma construção enxuta, na qual não consegue compreender o que esta tecnologia pode trazer de benefícios.

Succar (2010) informa que há uma grande discussão na indústria e literatura acadêmica que descrevem a capacidade da metodologia BIM para aumentar a produtividade pela disponibilidade de métricas e ferramentas de conhecimento para medir de forma confiável essa produtividade. Além disso, as organizações que tentam gerar o novo ou melhorar as entregas do BIM podem encontrar pouca orientação para identificar e priorizar seus respectivos requisitos. Esta preocupação do desajuste entre esperado e

entregue a partir do BIM é requisito para diminuir os riscos, custos e dificuldades associados à implantação do BIM.

O estudo de Chen, Luo (2014), explora e discute as vantagens do BIM 4D para uma aplicação de qualidade baseada em códigos de construção na obra do Wuhan International EXPO Center. Foi abordado o uso do *software* para verificar a conformidade de qualidade na obra que está sendo executada. Conforme as informações surgiam, eram armazenadas no *software* para que tivessem a oportunidade de ter um controle do que estava acontecendo, facilitando a comunicação entre o projeto e aos envolvidos na execução da obra. Mas, durante a execução da obra, foram diagnosticados duas limitações com a utilização do BIM: o *software* não permitia adicionar as estruturas temporais como, por exemplo, os andaimes; e a segunda desvantagem foi o uso do computador no local da obra, pois não era um computador apropriado. Assim, à medida que era realizada a medição na obra era necessário também fazer anotações, para depois direcionar e acompanhar as informações para o *software* BIM.

O objetivo do trabalho de Bryde *et al.* (2013), no qual realizaram estudo com 35 projetos de construção que utilizaram o BIM, foi o de diagnosticar os benefícios para os projetos de construção. Foi avaliado por diversos critérios estabelecidos, onde concluiu – se que há alguns benefícios durante a execução da obra como a redução de custo, redução de tempo, controle da execução da obra. Também diagnosticaram algumas desvantagens tais como que, para a utilização do *software* BIM é necessário ter treinamento ou curso do *software*. Porém, a partir das desvantagens diagnosticadas, perceberam que só precisa aplicar o treinamento e apresentar as vantagens que o *software* pode ofertar aos envolvidos para ter a conscientização, pois isso são atividades

importantes para enfrentar as barreiras que ao aplicar o BIM em uma obra pode provocar.

No Brasil, os estudos que estão envolvendo a temática sobre o BIM como uma plataforma para auxiliar as AEC, estão envolvendo uma integração entre os *softwares Revit e Archibus*, como, por exemplo: a pesquisa de Teles (2015), que faz uma análise das aplicações de tecnologias *Computer-Aided Facilities Management (CAFM)* para melhoria nas universidades; e a pesquisa Groetelaars (2016), que criou um modelo BIM no qual foi realizada a modelagem na Capela de Nossa Senhora da Escada, que permitiu realizar alguns testes mostrando a complexidade do processo ao modelar o BIM.

Diante disso, observa-se que a literatura compartilhou a conclusão de que o BIM pode aumentar a eficiência do projeto, mas sua implantação é prejudicada pelo alto custo de investimento inicial, mão de obra inadequada, pequena demanda e resistência à tecnologia. A pesquisa contribui para fornecer um nível atual de implementação do BIM na construção civil. Considera-se então que o BIM é uma ferramenta para construir virtualmente. O BIM leva à redução de tempo em todos os processos já citados anteriormente, redução das falhas e conseqüentemente redução dos custos. Isso porque, ao projetar um edifício em conjunto, numa plataforma de dados comum, possíveis falhas de construção devem ser detectadas em um estágio inicial no modelo.

## 3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Este capítulo descreve o método de pesquisa a ser adotado neste trabalho. Inicia com o desenho da pesquisa, seguido das caracterizações da pesquisa e o estudo de caso utilizado para que os objetivos fossem alcançados.

### 3.1 Desenho da Pesquisa

Esta pesquisa é composta por três etapas, sendo elas:

- 1) Quadro teórico: apresenta a definição do tema, a introdução com a situação problemática, a justificativa, os objetivos, os resultados esperados e o referencial teórico.
- 2) Desenvolvimento e operacionalização do estudo: análise dos projetos 3D e do planejamento físico (elaboração e aplicação na obra) para em seguida definir e elaborar a modelagem de informação 4D; acompanhamento do planejamento físico na obra; aplicação da modelagem de informação 4D na obra; fazer o acompanhamento físico semanal da obra; elaboração do diário de campo.
- 3) Análises e resultados da pesquisa: análise dos resultados (houve benefícios, as pessoas tiveram conhecimento, como se adequa, o canteiro de obra consegue conversar com o sistema), considerações finais e sugestões para trabalhos futuros.

As fases descritas acima estão ilustradas na Figura 7, para melhor compreensão das etapas realizadas durante este estudo, bem como facilitar a visualização de como o mesmo foi desenvolvido.

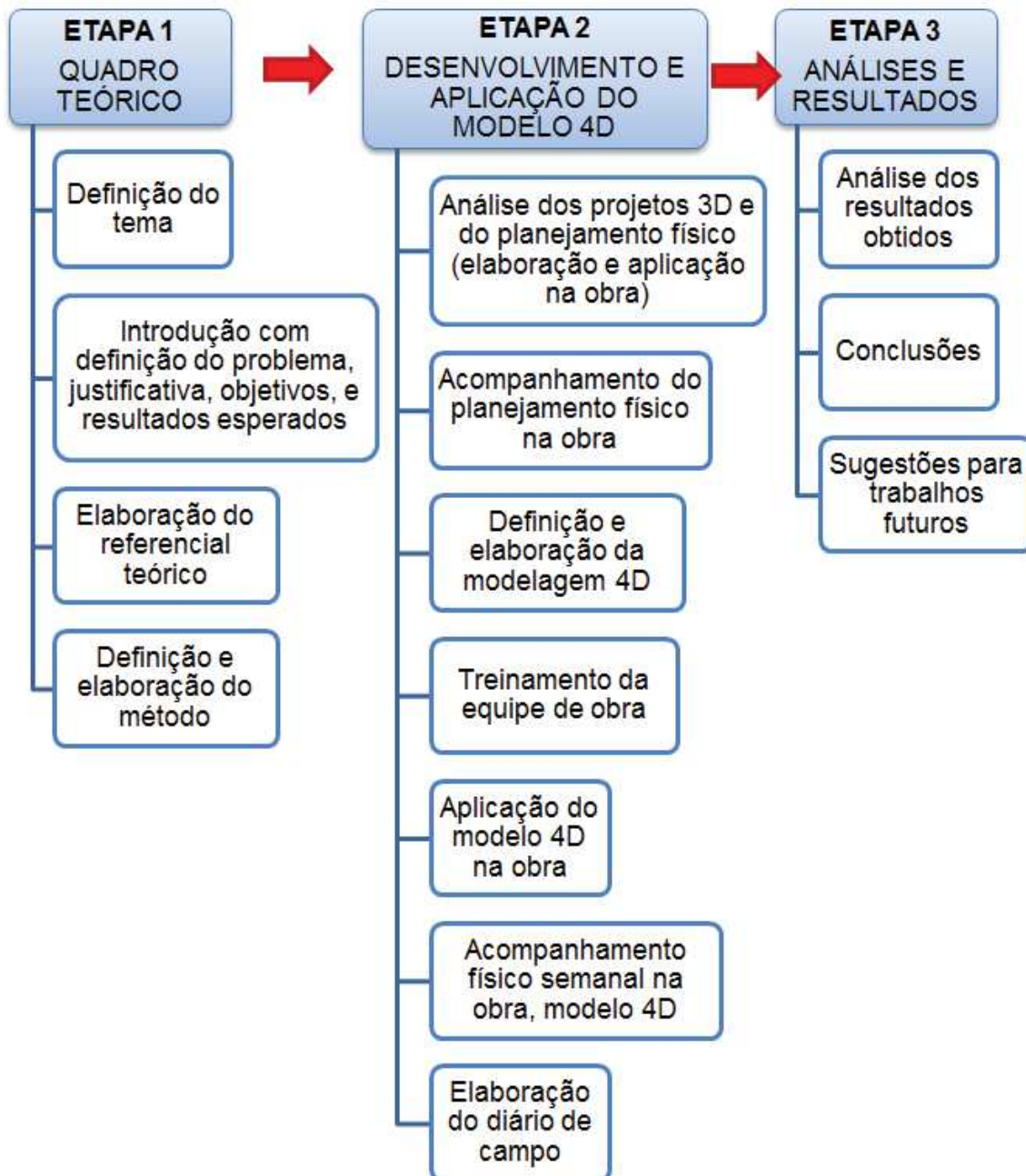


Figura 7 – Desenho da Pesquisa.

Fonte: Autora (2018).

### 3.2 Caracterização da pesquisa

Trata-se de uma pesquisa com abordagem qualitativa, pois não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas, com base em uma pesquisa descritiva na qual os dados são analisados indutivamente (MARTINS; MIGUEL, 2012).

A pesquisa qualitativa possui vários métodos, dentre eles o estudo de caso, que tem a finalidade em um estudo mais aprofundado da empresa, sendo muito utilizado para relatar e vivenciar problemas, em busca de soluções para correções das mesmas (GIL, 2010), e também por envolver o estudo profundo e exaustivo dos objetivos, de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento (KAUART *et al.*, 2010).

Integrada à metodologia qualitativa será adotada também a abordagem interpretativa baseada em um estudo de caso exploratório com uma análise fenomenológica, que se refere ao estudo de situações que ocorrem no estudo de caso de forma concreta, no qual aborda de forma real a experiência vivida, procurando apresentar a experiência real para facilitar a compreensão (LIMA, 2014; ANTHEA, 2015).

A metodologia proposta será por meio da abordagem sobre os fatos e a pesquisa fenomenológica, utilizando o fenômeno da consciência. A fenomenologia aborda vários métodos de análises, dentre eles o fenômeno da consciência, que é o intermédio de tudo que ocorre na experiência vivida e algo que não pode ser evitado. Já a experiência representa a comparação de dados por meio da observação com os dados empíricos, e por último, a atribuição da presença que é fazer uma análise exatamente de como foi feito todo o processo (RANIERI; BARREIRA, 2010; SIANI *et al.*, 2016). Ou seja, todo o processo será averiguado pela autora, que retratará o estudo de caso por meio da observação e experiência vivida.

Na abordagem deste estudo de caso as técnicas que serão utilizadas são: análise de documentos, interações com os executores, observações diretas realizadas em campo, análise do diário de campo.

### 3.3 Aplicação da pesquisa

Primeiramente foi realizado uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) sobre o tema e em seguida, definiu-se a questão problema, inserção e aplicação do BIM na construção civil, integrado com o planejamento e controle de obras com foco no processo de conhecimento, a justificativa do mesmo, os objetivos e resultados esperados.

Em junho de 2017 iniciou-se a procura por construtoras em Goiânia-GO que tivessem interesse em participar desta pesquisa. A autora deste trabalho atua como profissional na construção civil há 17 anos, tendo como principal escopo de trabalho o gerenciamento e compatibilização de projetos, e amplo *networking* com as construtoras do Estado de Goiás. Então selecionou as construtoras de Goiânia que iriam iniciar a execução de algum empreendimento residencial. Após a seleção, apresentou a proposta para aplicação do estudo de caso nas empresas e escolheu a construtora que já estava com o projeto de aplicar o BIM na área de projetos e que tinha contratado a modelagem dos projetos no *Revit*.

Em agosto de 2017, após definido a construtora e o empreendimento que seria aplicado o estudo de caso, iniciaram os estudos e análises para definir como inserir e aplicar o BIM neste empreendimento, por meio do planejamento e controle de obras com foco no processo de conhecimento, levando em consideração os procedimentos operacionais da empresa.

Foi realizada análise dos projetos 3D e do planejamento físico global da obra, para entendimento dos procedimentos operacionais da empresa e melhor definição do processo de inserção e aplicação do BIM na obra. O planejamento físico global foi

acompanhado pela autora tanto durante seu desenvolvimento pela construtora, quanto durante sua aplicação na execução da obra.

Após acompanhar e verificar como era realizado o planejamento físico, definiu o controle e medição deste planejamento durante a execução da obra e elaborou o modelo 4D, que traz a integração dos elementos gráficos às atividades previstas no planejamento físico.

Na sequência, aplicou-se o modelo 4D na obra e realizou-se o acompanhamento semanal para, principalmente, dar apoio e suporte à equipe técnica da obra durante a implantação e operação do BIM integrado ao controle do planejamento físico.

Como parte do processo de implantação do sistema BIM 4D, que tem como foco o processo de conhecimento, foi realizado o treinamento da equipe de obra pela autora. O treinamento foi processado semanalmente por meio das conversas informativas do processo durante as visitas periódicas à obra, desde o início da execução da obra, em Março de 2018, até Dezembro de 2018.

Para Valentim (2010) a informação é insumo para qualquer atividade, seja no âmbito acadêmico, seja no âmbito empresarial. De acordo com Maia (2016), a geração de “novo” conhecimento somente é possível quando a informação é apropriada pelo indivíduo, por meio do estabelecimento de relações cognitivas.

Desde a concepção até operacionalização do estudo de caso foi elaborado o diário de campo, que consiste na anotação de todos os fatos sucedidos e conversas realizadas entre a construtora e autora, para posteriormente relatar de forma real a experiência vivida e analisar os resultados obtidos.



### 3.4 Estudo de caso: Descrição da empresa

O estudo de caso foi viabilizado por uma construtora goiana consolidada no segmento de empreendimentos imobiliários, principalmente condomínios verticais, residenciais e comerciais. Como não foi autorizada a divulgação do seu nome, esta construtora será denominada de Empresa X neste trabalho.

A Empresa X possui as certificações de Gestão da Qualidade *International Organization for Standardization* (ISO) 9001 e Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) nível A, e prima pela qualidade construtiva, sistema de gerenciamento, planejamento e controle de obras. A fim de expandir sua atuação, a empresa está em busca constante de novas tecnologias, parcerias e pesquisas para aprimorar e inovar cada vez mais.

Atualmente a empresa possui cinco empreendimentos de grande porte em execução, sendo: três de alto padrão, um de classe média e um do segmento econômico.

O objeto deste estudo é um dos três empreendimentos de alto padrão em execução e foi escolhido porque a empresa já estava intencionada a aplicar o BIM no mesmo, porém na área de projetos, e já tinha contratado a modelação de todos os projetos no *Revit*. A Empresa X, aceitou imediatamente, a proposta para implantação do BIM voltado para o planejamento e controle de obra.

O empreendimento, objeto de estudo em questão, tem uma área total a ser construída de 30.221,85m<sup>2</sup>, em terreno com 2.368,50m<sup>2</sup>. A obra está estimada em R\$ 46.147.000,00. O início da obra foi em novembro de 2017 e a previsão de término é para novembro de 2020.

O Edifício é composto por 1 torre com 36 pavimentos, sendo subsolo 02, subsolo 01, Térreo, 1º pavimento, 2º pavimento, 3º ao 31º pavimentos tipo, 32º pavimento (cobertura), além do barrilete, casa de máquinas, mesa de elevadores e reservatório superior. A torre possui 118 unidades residenciais, sendo 116 apartamentos nos pavimentos tipos e 2 *penthouses* na cobertura. Haverá também 263 vagas de garagens. Esta descrição está apresentada no Quadro 2.

Quadro 2 – Descrição do empreendimento.

<b>EMPREENHIMENTO RESIDENCIAL</b>	
<b>CARACTERÍSTICAS</b>	
Número de torres	1
Número de pavimentos	36
Pavimentos	02 subsolos, térreo, 1º pavimento garagem, 2º pavimento lazer, 30 pavimentos tipo, cobertura
Número de unidades privativas residenciais	116
Número de vagas de garagens (privativas, PNE e visitantes)	263
<b>QUADRO DE ÁREAS</b>	
Área total construída	30.221,85m <sup>2</sup>
Área total do terreno	2.368,50m <sup>2</sup>
<b>PRAZO</b>	
Prazo contratual	3 anos
Início da obra	Novembro de 2017
Previsão de entrega para o cliente	Novembro de 2020

Fonte: Elaborado pela Autora.

Para atender os objetivos deste trabalho, os serviços aplicados no modelo BIM 4D e acompanhados pela autora durante a execução foram na estrutura de concreto armado,

estimada em R\$8.946.000,00, correspondendo aproximadamente a 19,39% do valor total da obra.

Como a Empresa X possui ISO 9001 e tem como uma de suas políticas da qualidade o compromisso com a qualidade da execução das obras, o planejamento e controle de obras são orientados pelo Procedimento Operacional (PO), responsável pela padronização do processo. Os benefícios do PO são:

- a) manter a qualidade;
- b) reduzir a variação e aumentar a qualidade pela implementação consistente do processo, mesmo com mudança de pessoal;
- c) demonstrar conformidade com requerimentos organizacionais;
- d) facilitar o processo de treinamento de pessoal;
- e) diminuir chance de falha de comunicação;
- f) diminuir número de acidentes.

Conforme mostra a Figura 8, há três etapas no PO da Empresa X: planejamento estratégico da obra, planejamento operacional da obra e o acompanhamento físico-financeiro.

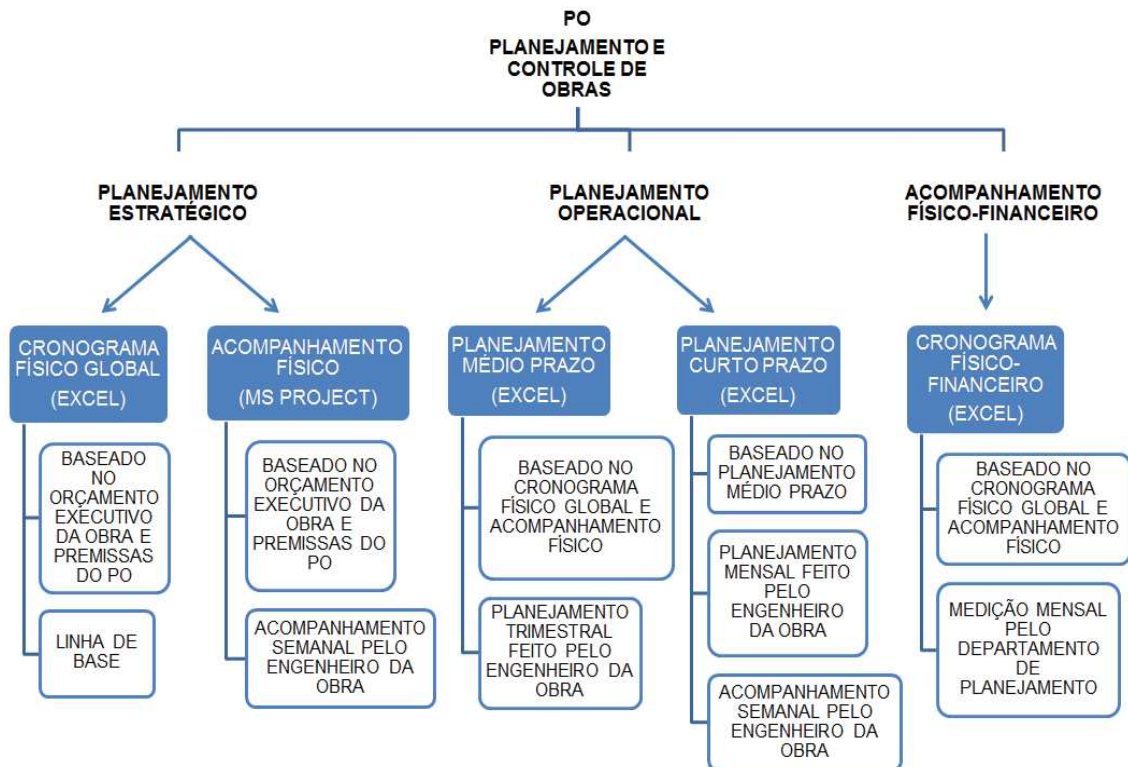


Figura 8 - Organograma do Procedimento Operacional.

Fonte: Elaborado pela Autora (2018)

Na primeira etapa, planejamento estratégico da obra, é elaborado o orçamento executivo da obra, em *Excel*, o qual será utilizado como documento base para a criação dos demais documentos referente ao planejamento e acompanhamento da obra. O orçamento executivo é o principal documento de entrada para início do planejamento, geralmente sendo feito por uma empresa terceirizada. Após a aprovação do orçamento executivo pelo gerente técnico, com o auxílio do coordenador de obras, o coordenador de planejamento e o engenheiro de obras, o mesmo é repassado aos interessados.

Em seguida, o Engenheiro responsável pela obra elabora o cronograma físico global (longo prazo) utilizando a planilha *Excel*. Este documento é o primeiro planejamento da obra considerando, de forma fechada, os principais serviços que serão executados conforme premissas adotadas (período de execução, sequência executiva de serviços padrão da Empresa X, etc.). É também a linha de base do planejamento da obra. Este cronograma é definido como Físico-Planejado.

O arquivo Físico-Planejado em *Excel* não pode ser alterado. Para que toda a equipe da obra tenha acesso ao cronograma global, o mesmo é impresso e fica disponível na parede do escritório da obra.

Após a aprovação do Físico-Planejado pelo gerente técnico, o Engenheiro da obra desenvolve um novo documento chamado ACOMPANHAMENTO FÍSICO, através do *MS Project*. Esse documento tem a finalidade de quantificar e validar o cronograma da obra em dias. Durante o desenvolvimento deste cronograma é iniciado os estudos sobre históricos de produtividades e outros controles para quantificar a duração de cada tarefa a ser executada na obra. A EAP criada no Acompanhamento Físico é referente às estruturas da obra (pavimentos, ambientes, panos de fachada, etc.). O Engenheiro da Obra atualiza as informações do Acompanhamento Físico semanalmente. Este cronograma é oficializado após a aprovação do gerente técnico.

Na sequência é executado o planejamento operacional da obra, que consiste na elaboração dos planejamentos de médio e curto prazo, ambos também de responsabilidade do engenheiro da obra. Os dois planejamentos, médio e curto prazo, são elaborados na planilha do *Excel*.

O planejamento de médio prazo tem como referência o planejamento longo prazo já aprovado e contempla um período de 3 meses a partir da data de criação, sendo necessário refazê-lo ao término de cada período até o fim da obra. Para validação, o engenheiro da obra deve enviar o planejamento de médio prazo ao coordenador de planejamento. Após aprovação, o planejamento médio prazo é fixado no mural da obra. Esse documento possui uma EAP enxuta, porém um pouco mais detalhada que o Acompanhamento Físico.

O planejamento de curto prazo é mensal e abrange as atividades que serão executadas dentro do mês, tendo como base o planejamento de médio prazo. É de responsabilidade do engenheiro da obra o preenchimento do planejamento curto prazo conforme a execução dos serviços realizados na obra e a elaboração de um relatório fotográfico mensal. Após a aprovação do planejamento curto prazo pelo coordenador de obras e/ou coordenador de planejamento, o mesmo também é fixado no mural. Além disso, o engenheiro da obra deve reunir semanalmente com a equipe para repassar os serviços que serão executados na semana e verificar o que foi executado na semana anterior. A EAP do planejamento de curto prazo é um pouco mais detalhada para que as informações sejam repassadas de forma mais clara para as equipes de produção, e, principalmente, para que a conferência das tarefas seja mais específica.

O Engenheiro da Obra deve atualizar o planejamento longo prazo no formato .mpp (*MS Project*) semanalmente, com as informações referente a evolução da obra e encaminhar o mesmo ao Coordenador de Planejamento para validação. O arquivo deve ser enviado todas as sextas-feiras até as 12:00 hs para que seja possível, no mesmo dia, fazer a avaliação da evolução da obra em dias e se necessário adotar medidas para garantir o cronograma da obra estipulado no cronograma físico global.

Para finalizar as etapas do PO, há o Cronograma Físico Financeiro. Após a elaboração do Acompanhamento Físico, o Engenheiro da obra elabora um planejamento da obra mais detalhado na aba FÍSICO-PLANEJADO do arquivo Cronograma Físico Financeiro. Esse planejamento pondera cada serviço com base no custo orçado, ou seja, a EAP desse planejamento tem a mesma estrutura do Orçamento Executivo da Obra.

O planejamento no Cronograma Físico Financeiro é a meta oficial da obra. Esse planejamento é mais detalhado e leva em consideração as premissas do Cronograma

Físico Global, as datas do Acompanhamento Físico e as quantidades levantadas no Orçamento Executivo da Obra. Mensalmente o Departamento de Planejamento faz medição na obra para verificar se a curva planejada está sendo cumprida. Nesse arquivo Cronograma Físico Financeiro, além do acompanhamento físico, também contem as informações referentes ao controle financeiro.

### **3.5 Softwares utilizados**

Os *softwares* utilizados para realização desta pesquisa foram:

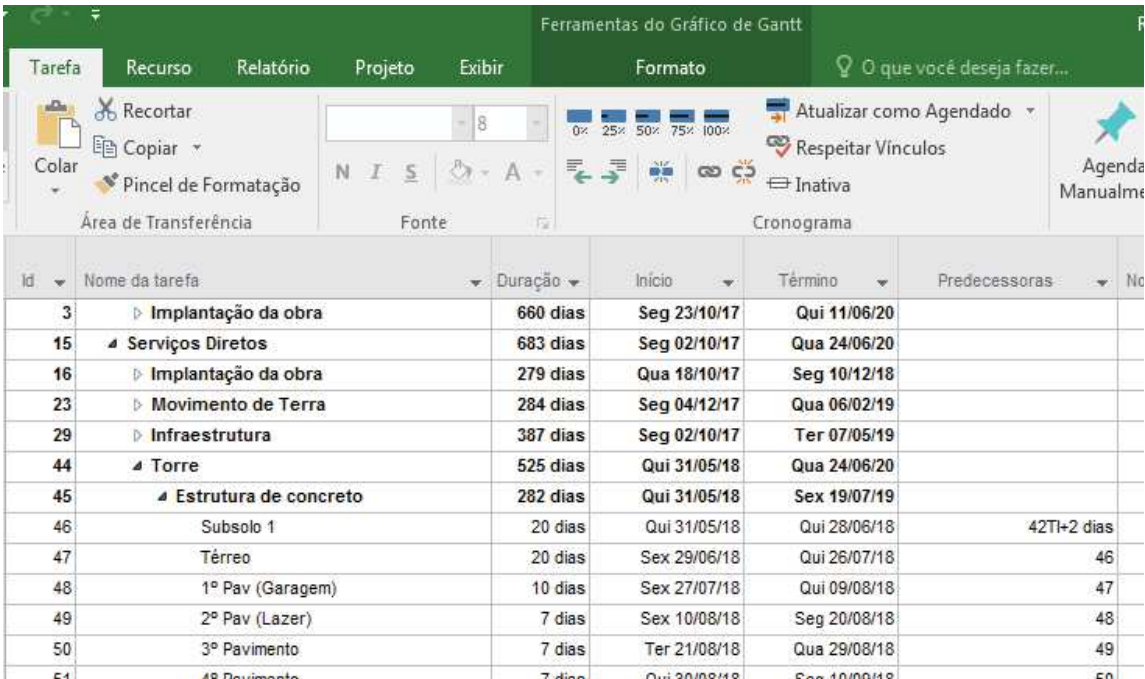
- *MS Project 2016*: elaboração do planejamento longo prazo da obra;
- *Planilha Excel 2010*: elaboração dos planejamentos de médio e curto prazo da obra;
- *Revit 2018*: modelagem dos projetos;
- *Navisworks 2018*: desenvolvimento do modelo 4D;
- *Synchro PRO*: desenvolvimento do modelo 4D e aplicação prática.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados obtidos por meio do desenvolvimento e aplicação do modelo 4D, subsidiando assim, o alcance dos objetivos propostos na dissertação.

### 4.1 Desenvolvimento e aplicação do modelo 4D

Considerando que o Cronograma Físico Global já estava concluído e validado pelo gerente técnico, durante os meses de setembro e outubro de 2017 a Empresa X elaborou o documento Acompanhamento Físico da obra no *MS Project* conforme ilustra a Figura 9, participando a autora desta pesquisa nas reuniões e e-mails para análise, discussão e validação do mesmo.



Id	Nome da tarefa	Duração	Início	Término	Predecessoras	NC
3	Implantação da obra	660 dias	Seg 23/10/17	Qui 11/06/20		
15	Serviços Diretos	683 dias	Seg 02/10/17	Qua 24/06/20		
16	Implantação da obra	279 dias	Qua 18/10/17	Seg 10/12/18		
23	Movimento de Terra	284 dias	Seg 04/12/17	Qua 06/02/19		
29	Infraestrutura	387 dias	Seg 02/10/17	Ter 07/05/19		
44	Torre	525 dias	Qui 31/05/18	Qua 24/06/20		
45	Estrutura de concreto	282 dias	Qui 31/05/18	Sex 19/07/19		
46	Subsolo 1	20 dias	Qui 31/05/18	Qui 28/06/18	42T+2 dias	
47	Térreo	20 dias	Sex 29/06/18	Qui 26/07/18		46
48	1º Pav (Garagem)	10 dias	Sex 27/07/18	Qui 09/08/18		47
49	2º Pav (Lazer)	7 dias	Sex 10/08/18	Seg 20/08/18		48
50	3º Pavimento	7 dias	Ter 21/08/18	Qua 29/08/18		49
51	4º Pavimento	7 dias	Qui 30/08/18	Sex 10/09/18		50

Figura 9 – Cronograma Acompanhamento Físico.

Fonte: Cronograma da Empresa X – Estudo de Caso.



Em paralelo ao desenvolvimento do planejamento Acompanhamento Físico, todos os projetos do empreendimento estavam sendo modelados no *software Revit* por uma empresa terceirizada já contratada anteriormente pela construtora.

No final de outubro de 2017, após a Empresa X finalizar e validar o planejamento Acompanhamento Físico, um membro da equipe técnica solicitou que a autora analisasse o planejamento e desse um *feedback* referente ao acompanhamento dentro da plataforma *Navisworks* para ajudá-los no futuro. Mas, para realizar essa análise visando verificar as interferências do planejamento com o *Navisworks* seria possível somente quando estivesse trabalhando nele, pois necessitava dos projetos modelo (3D + informação) para analisar o modelo 4D. Acrescentou ainda que, independente disso, o planejamento deveria estar conforme o prazo, mão de obra e equipamentos a serem disponibilizados pela construtora.

Foi realizada a modelagem da armação pela autora por meio do *software Revit*, pois no projeto estrutural entregue pela construtora constavam somente a modelagem dos elementos vigas, pilares e lajes. Uma falha encontrada é que não constava a visualização da armação dos elementos estruturais, pois a armação 3D gerada pelo *software* estrutural não é legível, conforme informado pelo projetista estrutural.

Outra falha apresentada pelo mesmo *software* estrutural, foi que no modelo 3D também não estava representada as escadas e rampas do empreendimento, e que no local desses elementos estava um “buraco”, um espaço vazio, como pode ser observado na Figura 10 e Figura 11.

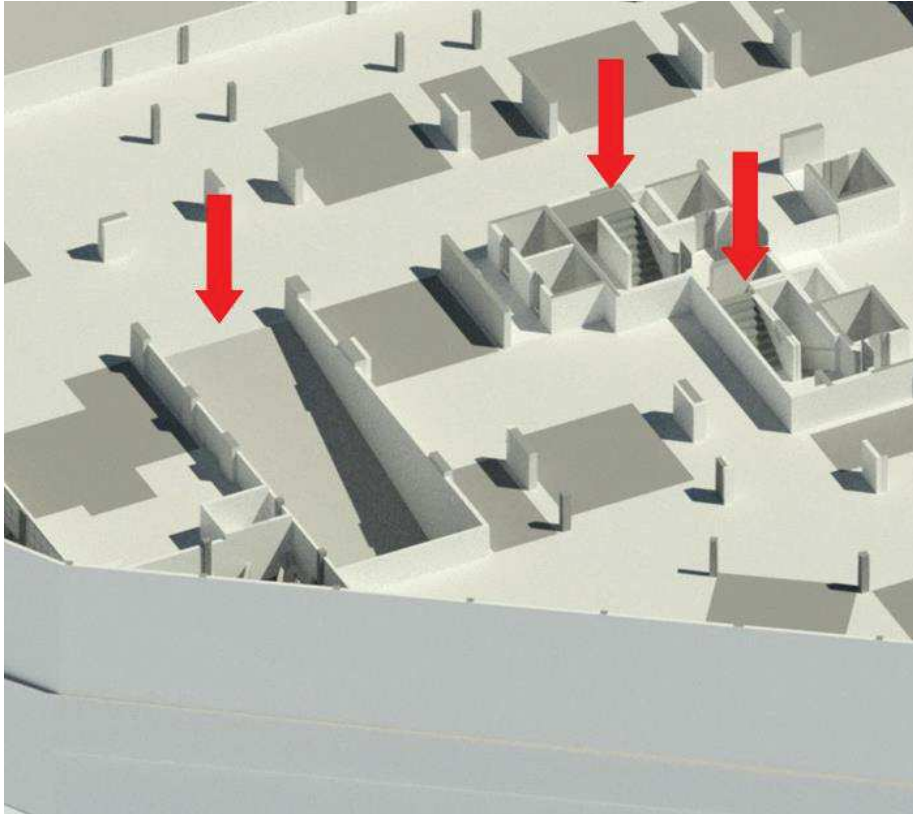


Figura 10 - Arquitetura: rampa e escada.

Fonte: Projeto de Arquitetura da Empresa X – Estudo de caso.

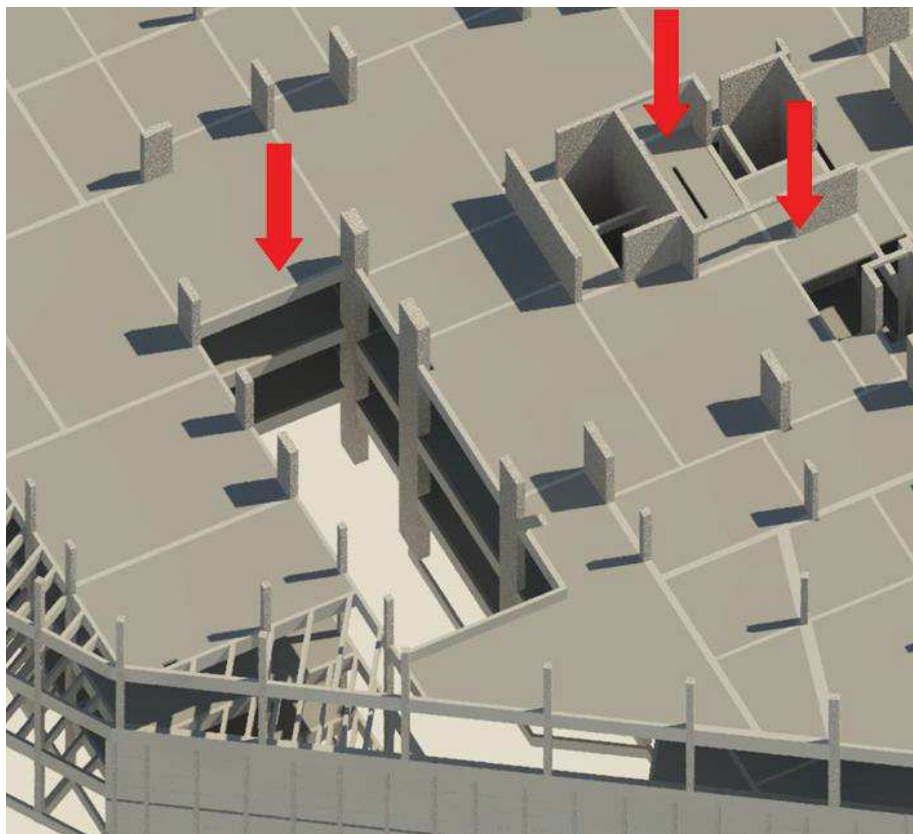


Figura 11 – Estrutura: rampa e escada.

Fonte: Projeto Estrutural X – Estudo de Caso.

Estas são algumas deficiências dos *softwares* estruturais e que ainda precisam ser corrigidas. Para solucionar o problema das rampas e escadas, os desenhos 3D teriam que ser feitos manualmente pelo projetista, pois o *software* não permite desenhar automaticamente.

Como a execução da estrutura estava prevista para iniciar em junho de 2018, era necessário que o modelo 4D estivesse pronto até essa data para acompanhar a execução da obra. Mas, para a construção do modelo 4D, necessitava-se do planejamento de curto prazo para verificar quais eram as atividades previstas. Porém, este planejamento de curto prazo que a construtora elabora só é feito com apenas um mês de antecedência, pois, de acordo com o Procedimento Operacional da Empresa X, ele é um plano mensal.

Este modelo 4D seria desenvolvido com as informações mais detalhadas possíveis para que visualizasse como seria feita toda a execução da obra, como por exemplo, as informações disponibilizadas pelo planejamento a curto prazo, o projeto executivo de formas, as cores de capacete por funções de cada equipe de trabalho, dentre outras informações importantes.

É importante destacar que, de acordo com o Procedimento Operacional da Empresa X, ao entrar no escritório da obra encontra-se o Cronograma Físico Global fixado na parede para que todos tenham acesso e conhecimento, conforme ilustra a Figura 12 (as figuras não estão legíveis, pois servem para confirmar que existe um mural).



Figura 12 – Cronograma Físico Global.

Fonte: Cronograma da Empresa X – obra Estudo de Caso.

Os planejamentos, médio prazo e curto prazo, também estavam fixados no mural para visibilidade de todos, conforme apresentado nas Figuras 13 e 14.

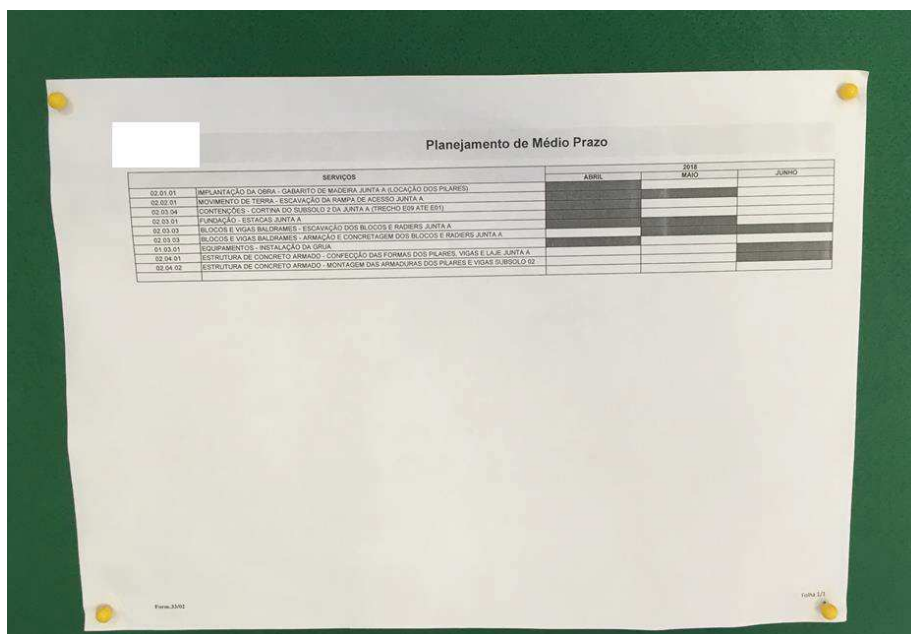


Figura 13 – Planejamento Médio Prazo.

Fonte: Cronograma da Empresa X – obra Estudo de Caso.

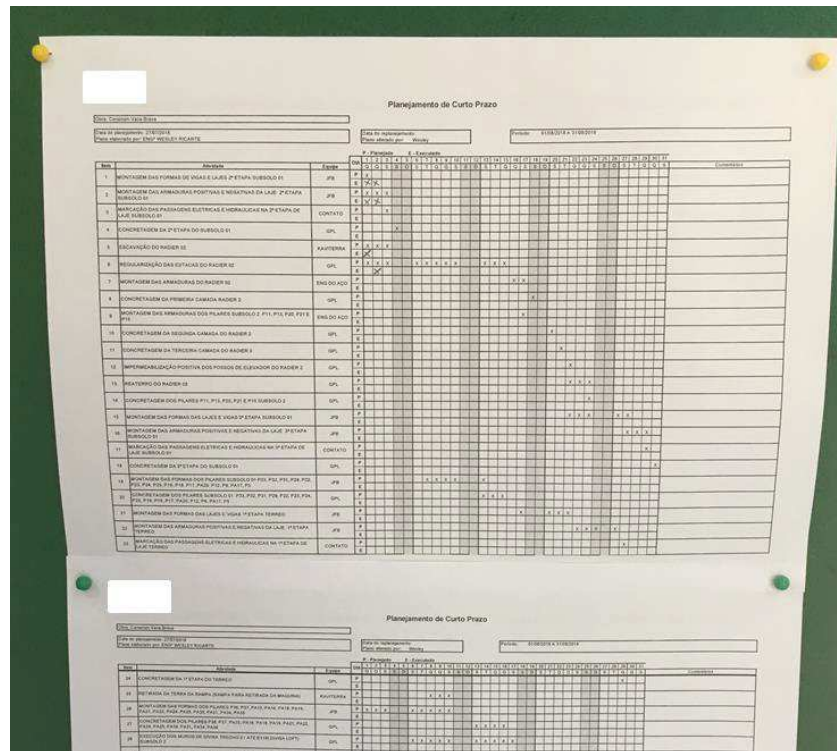


Figura 14 – Planejamento Curto Prazo.

Fonte: Cronograma da Empresa X – obra Estudo de Caso.

Enquanto aguardava a elaboração do planejamento de curto prazo, que seria feito pelos Engenheiros da Empresa X, a autora recebeu um comunicado que outra construtora, a qual também não autorizou a divulgação do nome, portanto será denominada de Construtora Y, estava executando uma obra com todo o processo inserido na plataforma BIM. Por este motivo houve a necessidade de ir até a Construtora Y para conhecer todo o processo que tinha sido implantado.

Onde a Construtora Y mostrou que houve a tentativa da aplicação do BIM 4D na execução da obra, porém não foi possível fazer a aplicação, e a única etapa que foi possível realizar foi a modelagem dos projetos. Com isso, o engenheiro da Construtora Y apresentou algumas conclusões para que a implantação do modelo BIM 4D não tenha dado certo:

- o cronograma utilizado pelo escritório da construtora é linha de balanço, mas a obra utiliza o Farol;

- muita resistência por parte dos engenheiros da obra, como por exemplo no levantamento do quantitativo do material, eles continuam preferindo levantar o quantitativo manualmente porque não confiam nos projetos modelados BIM;
- a obra não tem estrutura de informática igual ao do escritório, assim os engenheiros não acompanhavam os projetos modelados no BIM pelo computador;
- um projeto executivo BIM fica mais oneroso do que a estrutura do empreendimento, e como o segmento que tentaram implantar era econômico, não compensava fazer no BIM;
- o custo da Construtora Y aumentou ao utilizar BIM;
- *Navisworks* é “engessado”, se precisar fazer alguma alteração leva quase um mês, sendo que no *Excel* ou *MS Project* leva um dia;
- a visualização em cores é falha, pois não se vê as cores do forro por exemplo, porque a fachada esconde;
- não chegou a fazer o acompanhamento na obra, pois no primeiro mês já teve mudança de estratégia e no planejamento, inviabilizando o planejamento BIM que já estava pronto pra ser aplicado na obra;
- gasta-se muito tempo de alimentação;
- tempo de retroalimentação não condiz com a realidade, com o prazo de execução da obra;
- a forma de representar não é interessante para os serviços internos.

O Engenheiro responsável pela obra da Empresa X disponibilizou o cronograma em curto prazo, referente ao período de 01/06/18 até 30/06/18 conforme acordado. Neste planejamento contemplava a confecção das formas, montagem das formas, e concretagem das vigas e pilares, da fundação ao piso do subsolo 01, conforme mostrado na Figura 15.

Planejamento de Curto Prazo																											
Obra:		Data do planejamento: 30/04/2018 Plano elaborado por: ENG° WESLEY										Data do replanejamento: Plano alterado por:					Período: 01/06/2018 A 30/06/2018										
Item	Atividade	Equipe	P - Planejado													E - Executado											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
			S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S
1	MONTAGEM DAS ARMADURAS DOS PILARES P29, P31, P32, P33		P	X																							
			E																								
2	MONTAGEM DAS ARMADURAS DOS PILARES P17, P18, P19, P22, P23, P24, P25		P					X	X	X																	
			E																								
3	MONTAGEM DAS ARMADURAS DOS PILARES P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10		P								X			X	X												
			E																								
4	MONTAGEM DAS ARMADURAS DOS PILARES P11, P12, P13, P14, P15, P16		P												X	X	X			X							
			E																								
5	MONTAGEM DAS ARMADURAS DOS PILARES P20, P21, P20, P21, P26, P27, P28, P30, P34, P35, P36, P37		P																		X	X	X	X			X
			E																								
6	CONFECÇÃO DAS FORMAS DAS VIGAS E PILARES FUNDAÇÃO AO SUBSOLO 1		P	X			X	X	X	X	X	X															
			E																								
7	MONTAGEM DAS FORMAS DOS PILARES P29, P31, P32, P33		P					X	X	X																	
			E																								

Figura 15 – Planejamento Curto Prazo para modelo 4D.

Fonte: Planejamento da Empresa X – Obra Estudo de Caso.

Porém, ao entregar planejamento de curto prazo, foi informado também que o projeto executivo de formas não seria modelado no BIM.

Sendo assim, para que o modelo 4D ficasse com todas as informações necessárias e cumprir com as informações disponibilizadas pelo planejamento cronograma curto prazo, houve a necessidade da adaptação e da modelagem das formas, apenas para representar graficamente.

Ao iniciar a pesquisa por família de formas, dentro do modelo BIM, em maio de 2018, a autora usou um aplicativo de formas, denominado “Formas para pilares de concreto armado”, versão 1.1.0, desenvolvido em um programa de mestrado na UNICAMP – SP, pelo autor Neiva Neto (2014). Porém nesse aplicativo havia somente formas de pilares para a versão do *Revit* 2016, ou seja, não funcionava na versão do *Revit* 2018, o qual foi desenvolvido esta pesquisa. Mas a autora conseguiu extrair as famílias de pilares do aplicativo para o projeto de pesquisa, importando manualmente as famílias das formas.

Apesar de conseguir extrair as famílias de pilares do aplicativo “Formas para pilares de concreto armado”, ainda continuava faltando formas das vigas e lajes. Então, continuando a pesquisa por famílias de formas, encontrou-se uma família de

equipamentos da empresa PERI (Indústria Alemã com filial no Brasil de formas, escoramento e equipamentos de acesso). Essa indústria é de forma e escoramento de aço, mas serviu para representar graficamente, neste trabalho, as formas de lajes, vigas e escoramento de concreto.

A pesquisa por família de formas foi mais difícil devido à pouca difusão do BIM no setor de formas e escoramento.

Em junho de 2018, a modelagem das formas e armação estava finalizada, do pavimento térreo e pavimento tipo. Estava concluído também o modelo 4D conforme o cronograma de curto prazo enviado pela construtora. Ou seja, estava pronta a montagem das formas e armação dos pilares, vigas e lajes, com integração do cronograma de curto prazo pelo *software Navisworks*, da fundação até o piso subsolo 01, para aplicação na obra.

Logo no início previsto da execução da obra, a Empresa X informou que a execução da fundação atrasou e que o cronograma curto prazo enviado anteriormente seria prorrogado. A previsão para concluir a fundação e executar o pavimento subsolo 01 era na segunda quinzena de julho/2018, e a construtora ficou de informar o início da execução da estrutura.

Porém os Engenheiros iniciaram a obra e anteciparam a execução de algumas tarefas, tais como os arranques de alguns pilares do subsolo 01, conforme ilustra a Figura 16. Houve uma falha de comunicação, pois tinham dito que a obra iria atrasar o seu início e a conclusão, mas, ao invés disso, adiantaram a execução de algumas tarefas e não seguiram o planejamento de curto prazo, não realizando o controle de obra no modelo BIM 4D.





Figura 16 - Execução dos arranques pilares subsolo 01.

Fonte: Empresa X – obra estudo de caso.

O modelo BIM 4D do subsolo 01 estava pronto para aplicação na obra, apenas aguardando o comunicado da construtora para iniciar a execução da estrutura do subsolo 01. Mas, devido à greve nacional dos caminhoneiros, algumas falhas aconteceram durante o período de início da obra, como o atraso na entrega de insumos nas usinas, afetando a parte da concretagem. Então, para não interromper a execução da obra, o Engenheiro teve que “atacar” outras frentes de serviços que não estavam previstas, e aproveitou os materiais que tinha disponível no estoque, como por exemplo, o aço dos arranques de alguns pilares, cuja fundação já estava pronta, para executar esses arranques e não atrasar a finalização da obra.

Com isso, a autora realizou o primeiro treinamento com os engenheiros explicando todo o processo já desenvolvido, desde a modelagem 3D de toda a estrutura até a modelagem 4D do subsolo 01, conforme cronograma curto prazo disponibilizado pelo engenheiro

da obra. Toda a explicação foi exemplificada por meio do modelo 4D já pronto pelos *softwares Revit e Navisworks*.

Por causa de algumas dificuldades enfrentadas durante o desenvolvimento nesta parte do processo, tais como a execução da obra e atraso na entrega dos materiais, imprevistos ocasionados pela greve nacional dos caminhoneiros no mês de maio de 2018, totalizando 10 dias de paralisação, o cronograma de curto prazo e o modelo 4D não foram seguidos.

Devido ao atraso na entrega do planejamento de curto prazo atualizado para dar continuidade na obra e ajuste do modelo 4D para acompanhamento, a autora decidiu que, a partir de agosto, acompanharia todas as medições semanais do Acompanhamento Físico e Planejamento Curto Prazo. Isso visava analisar o processo e, junto com o engenheiro da obra, definir qual o melhor procedimento para implantação do modelo BIM 4D, de maneira a não prejudicar o desenvolvimento da obra.

Dessa forma, foi realizado o acompanhamento da primeira medição da estrutura já executada. A medição foi realizada pelo engenheiro responsável pela obra, considerando o Acompanhamento Físico e Planejamento Curto Prazo, conforme pode ser observado na Figura 17.

Id	Nome da tarefa	Duração	Início	Término	% concluída	Predecessor
43	▲ Blocos e Vigas Baldrames	183,13 dias	Sex 27/04/18	Qua 30/01/19	63%	
44	Junta A	70 dias	Sex 27/04/18	Ter 14/08/18	90%	41II+35 dias
45	Junta B	30 dias	Ter 11/12/18	Qua 30/01/19	0%	42II+10 dias
46	▲ Torre	566 dias	Seg 30/07/18	Seg 19/10/20	0%	
47	▲ Estrutura de concreto	326 dias	Seg 30/07/18	Seg 18/11/19	3%	
48	Subsolo 1	20 dias	Seg 30/07/18	Qua 26/09/18	40%	870TI+3 dias
49	Térreo	20 dias	Qua 26/09/18	Sex 26/10/18	0%	48
50	1º Pav (Garagem)	20 dias	Sex 26/10/18	Ter 27/11/18	0%	49
51	2º Pav (Lazer)	20 dias	Ter 27/11/18	Qui 03/01/19	0%	50

Figura 17 - Medição Acompanhamento Físico MS Project.

Fonte: Cronograma da Empresa X – obra estudo de caso.

Após a finalização da medição, a autora chegou a conclusão que seria melhor preparar o modelo 4D considerando o documento Acompanhamento Físico, pois a medição física semanal da obra era realizada considerando esse arquivo, além do que é um cronograma macro da obra que já está pronto e não depende do engenheiro para definir as tarefas igual ao cronograma curto prazo. Outra vantagem também para utilizar o Acompanhamento Físico é que a modelagem dos elementos estruturais do projeto 3D não ficaria “travada”, “engessada”, igual ao planejamento de curto prazo. Os elementos seriam relacionados às suas respectivas tarefas, mas de uma forma geral, deixando o modelo aberto a futuras adequações, se necessárias.

Com isso, foi desenvolvido o modelo 4D, considerando as informações do planejamento Acompanhamento Físico. Durante a criação do modelo detectou – se duas desvantagens do *software Navisworks*.

Uma das características do *Navisworks* que é comercializada pela *Autodesk* é a simulação da construção e análise 5D, ou seja, a análise do modelo inclui tempo e custo.

Porém em cronogramas com “n” tarefas, como é o caso do Acompanhamento Físico do projeto em questão, as tarefas são relacionadas às suas predecessoras. E o *Navisworks* não tem opção de predecessoras. Essa é a primeira desvantagem.

Isto significa que se o Acompanhamento Físico tem, por exemplo, 1000 (um mil) tarefas e se for simular as datas do cronograma considerando atrasos de algumas tarefas, o *software* não recalcula as datas das tarefas posteriores automaticamente. O usuário deve alterar manualmente a data de cada tarefa, inviabilizando o processo de simulação de possíveis cenários do cronograma.

Além disso, o *Navisworks* é conhecido por integrar o planejamento criado a partir do *MS Project*, fazendo a importação das tarefas criadas no *MS Project* e gerando o modelo 4D. Porém, além de não importar as predecessoras e importar/exportar somente as datas planejadas e realizadas, o *software Navisworks* não importa e não exporta para o *MS Project* o progresso das atividades, a porcentagem de quanto cada atividade foi executada, caracterizando a segunda desvantagem.

Para resolver os problemas citados acima, é necessário programar e mapear campos, ou seja, entender de linguagem de programação.

A autora detectou esses pontos negativos somente após a elaboração do modelo 4D considerando o Acompanhamento Físico, que é o planejamento global feito no *MS Project*. Nas etapas anteriores, a autora estava desenvolvendo o modelo 4D considerando o Planejamento Curto Prazo, que é feito no *Excel* e não contém predecessoras, portanto não era possível prever as incompatibilidades.

Diante deste impasse, a autora decidiu alterar para o *software Synchro*, pois de acordo com a Verano, representante do *software* no Brasil, “*Synchro* é único em sua capacidade de ativar a sincronização de completa (Importação, Exportação, Sincronizar “para” e

“de”) para facilitar o fluxo de trabalho para ambos os processos de entrega de *upstream* e *downstream*”.

As Figuras 18, 19, 20 e 21 mostram as colunas *TimeLiner* disponíveis nos *softwares MS Project, Navisworks e Synchro*, respectivamente.

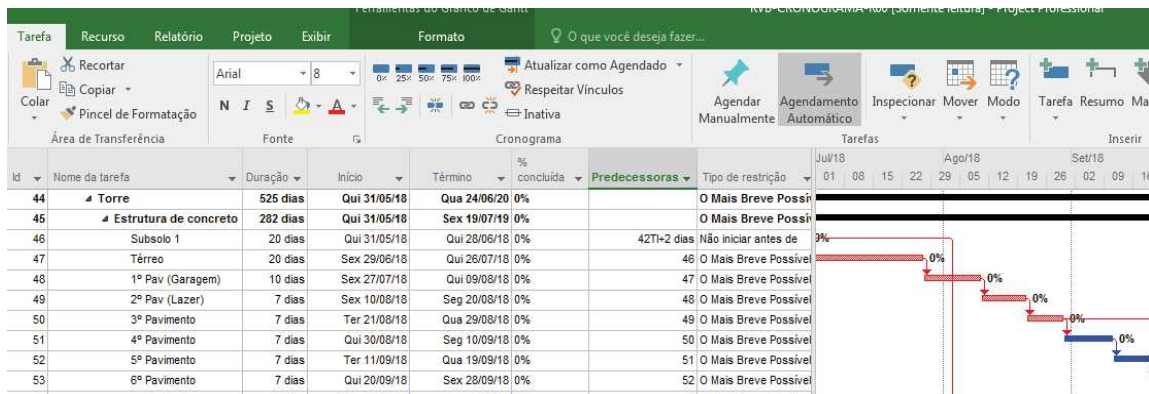


Figura 18 – *TimeLiner MS Project*.

Fonte: Cronograma da Empresa X – obra estudo de caso.

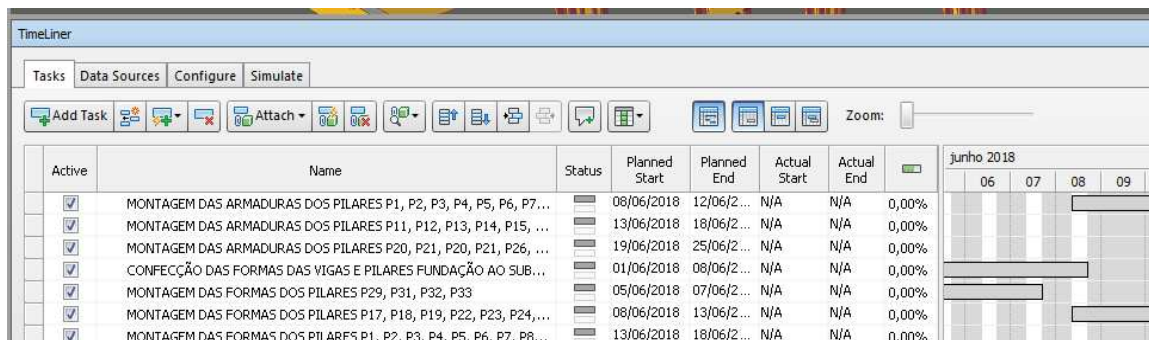


Figura 19 – *TimeLiner Navisworks*.

Fonte: Cronograma da Empresa X – obra estudo de caso.

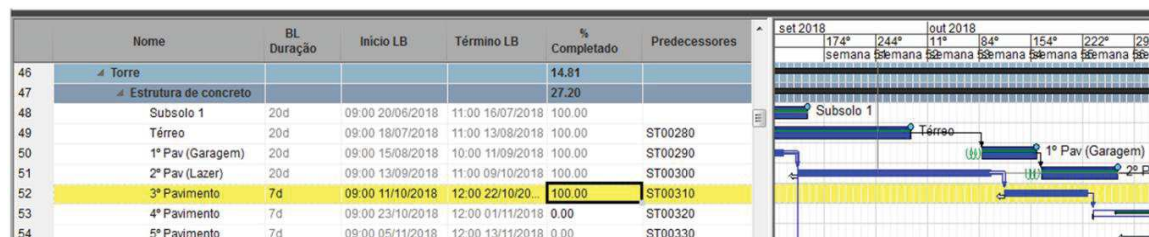


Figura 20 – *TimeLiner Synchro*.

Fonte: Cronograma da Empresa X – obra estudo de caso.

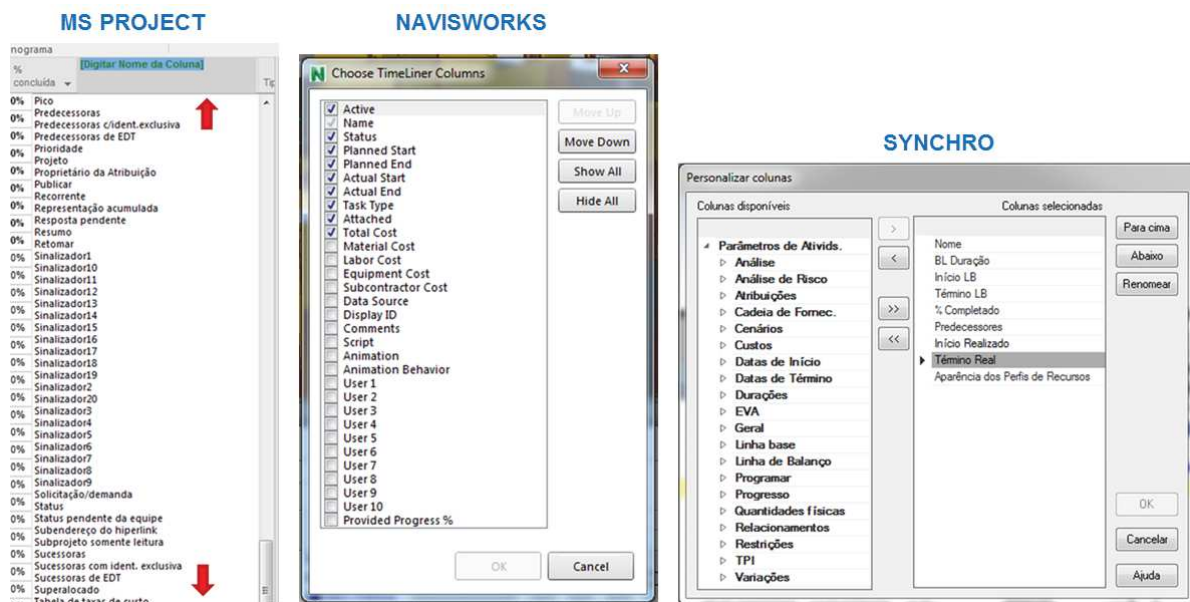


Figura 21 – Opções de colunas para personalização da *Timeliner*.

Fonte: Softwares MS Project, Navisworks e Synchro.

No acompanhamento da medição semanal seguinte, a autora levou o modelo 4D pronto no *Navisworks* e apresentou para o Engenheiro responsável pela obra as desvantagens encontradas no *software*. O Engenheiro reforçou que, sem as predecessoras e sem recalculas as datas do planejamento, considerando o cenário atual após cada medição, é inviável para a obra utilizar essa ferramenta. Devido estes problemas encontrados, houve a necessidade de alterar para o *software Synchro*. Assim, foi desenvolvido o modelo 4D e apresentado para os Engenheiros responsáveis pela obra e pelo planejamento.

Enquanto o Engenheiro de planejamento junto com a autora verificavam as informações do planejamento que não conferiam entre o *MS Project* e o *Synchro*, detectou-se que era questão de configuração e parametrização dos *softwares* com relação aos dias trabalhados, feriados e horas trabalhadas por dia.

Após os ajustes foi realizada uma nova medição pelo Engenheiro de planejamento no *MS Project* e, em paralelo, fizeram a medição no *Synchro* para verificar se as informações estariam corretas, conforme o programado pelo Acompanhamento Físico.

Algumas informações continuavam divergentes entre os dois *softwares*, *MS Project* e *Synchro*. Ao fazer as contas manualmente, o Engenheiro de planejamento detectou que a parametrização do *MS Project* estava errada e teria que ajustar as configurações do *MS Project* para ficar igual ao *Synchro*.

Resolvidas as questões de parametrização, as medições semanais foram realizadas nos dois *softwares*, *MS Project* e *Synchro* (modelo 4D). As duas primeiras medições no *Synchro* foram realizadas pela autora, enquanto o Engenheiro responsável pela obra realizava a medição no *MS Project*.

Então, a partir da terceira medição, o Engenheiro responsável pela obra realizou todas as medições, tanto no *Synchro*, quanto no *MS Project*.

#### **4.2 Análise dos resultados**

Um dos motivos que influenciou a definição da Empresa X para aplicação do estudo de caso foi o fato de que ela já iria aplicar o BIM na área de projetos e tinha contratado a modelação de todos os projetos no *Revit*. Porém, ao receber o projeto estrutural da Empresa X para elaboração do modelo BIM 4D, foram diagnosticadas duas falhas: não representar as rampas e escadas no modelo 3D e não entregar a armação do empreendimento também no modelo 3D.

Modelo 4D é a inserção da variável tempo às três dimensões espaciais que compõem o modelo 3D, tornando-se possível incorporar ao modelo informações sobre cronograma, sequência de obra e fases de implantação. No estudo de caso havia as informações para incorporar, como o cronograma, sequência da obra e fases de implantação, porém não estava disponível o modelo 3D.

Conforme descrito no referencial teórico, BIM é usado principalmente para fornecer representação 3D ou 4D, que ao contrário do *design* assistido por computador, os modelos BIM são construídos usando "inteligência de objetos" e apresentam informações das características físicas e funcionais de uma instalação (FERNANDES, 2013; OLIVEIRA, 2015).

No estudo de caso não foi possível inserir as escadas e rampas no modelo 4D porque os mesmos não estavam representados no projeto estrutural 3D entregue pelo projetista. Ou seja, a preparação de montagem das formas, armação e concretagem das escadas e rampas não foi inserida no modelo 4D e não foi possível realizar a medição dos mesmos quando executados.

Além de não representar as escadas e rampas no modelo 3D, o projetista estrutural também não entregou a armação do empreendimento em 3D, justificando que a representação gráfica gerada pelo *software* estrutural não é legível.

A obra foi orçada em R\$ 46.147.000,00 e a estrutura de concreto armado corresponde a 19,39%, R\$ 8.946.000,00, e a armação da estrutura de concreto armado, que não foi entregue no modelo 3D, representa 7,74% do valor total da obra, ou seja, R\$ 3.572.527,00, valor relevante.

Por isso, considera-se na construção civil que a armação é um dos insumos mais importantes e que reflete diretamente no custo final do empreendimento.

De acordo com Fernandes (2013), uma das principais vantagens do BIM é a avaliação da quantidade e volume dos materiais a serem consumidos na execução do empreendimento, o que não seria possível extrair essa informação do modelo 3D do projeto estrutural caso o Engenheiro responsável pela obra quisesse conferir o



quantitativo de aço automaticamente. Ao realizar o pedido do aço para o departamento de compras, o Engenheiro teve que fazer o levantamento do quantitativo manualmente.

Se a armação do empreendimento tivesse sido entregue no modelo 3D, haveria economia de tempo do Engenheiro, a probabilidade de erro no levantamento do quantitativo seria menor, e a redução de custo (tempo, material, mão de obra) seria maior.

Sendo assim, o projeto estrutural não atendeu as principais características do BIM, uma vez que não entregou as escadas e rampas no modelo 3D, e nem a armação da estrutura de concreto armado do empreendimento.

Além do valor representativo da armação num empreendimento, vale destacar também que escadas e rampas são objetos que nos quais mais ocorrem erros de projeto e execução em um empreendimento, devido à sua complexidade de análise.

A maioria das empresas de construção civil utiliza os planejamentos de longo, médio e curto prazo, como é o exemplo do estudo de caso aplicado nesta dissertação. O planejamento de curto prazo é o mais detalhado, pois descreve cada tarefa a ser executada, porém como o próprio nome já diz, ele é feito para se ter uma visão de curto prazo da execução do empreendimento, e compreende o período de uma semana até 3 meses. O procedimento operacional de cada empresa que determina o período exato do planejamento curto prazo.

Na Empresa X, conforme consta no Procedimento Operacional, o planejamento de curto prazo é mensal.

Antes o Engenheiro Civil responsável pela execução de uma obra tinha como função estudar os projetos, controlar o cronograma físico e financeiro de uma obra, fiscalizar a

obra e supervisionar a segurança. Atualmente, várias outras atribuições foram inseridas nas funções do Engenheiro Civil, tais como: saber administração, ter visão de leis trabalhistas, leis tributárias, conhecimento da norma de acessibilidade, conhecimentos em gestão de pessoas, e pessoas com níveis culturais completamente diferentes, são conhecimentos essenciais. O Engenheiro deve saber como falar e lidar com as pessoas, como delegar funções e ser obedecido, como respeitar e ser respeitado por parte dos funcionários da obra.

E essas novas atribuições nem sempre fazem parte da grade curricular do curso de graduação em Engenharia Civil, que prioriza a parte técnica. O profissional tem que buscar esses novos conhecimentos em paralelo ao seu trabalho, ou nem mesmo buscam, tentam aplicar em campo da melhor maneira que for possível.

Dessa maneira, com tantas novas atribuições que foram incorporadas às funções já existentes, o Engenheiro pressionado para manter o tripé qualidade, prazo e custo, na prática, elabora o planejamento de curto prazo num período imediatamente anterior à sua aplicação. Surgindo, então uma incompatibilidade no planejamento de curto prazo, que por ser elaborado na véspera da sua execução e adaptado às necessidades e realidade da obra, é utilizado como corretivo e não preventivo.

Na obra em questão, o planejamento de curto prazo foi entregue pelo Engenheiro responsável dois meses após o acordado, ainda assim após várias cobranças por parte da autora.

Como o planejamento de médio prazo já estava pronto, o ideal seria detalhar o planejamento de curto prazo meses antes da sua execução, e não na véspera. Mas, conforme explicado anteriormente, por causa das funções acumulativas, o engenheiro,

como gestor do contrato e não mais como gestor de obra, não tem isso como prioridade, e realiza suas tarefas à medida que é necessário para atender as obrigações da obra.

A construção civil ainda é um segmento de produção manual, que não pode ser totalmente industrializada, mecanizada, principalmente quando se trata de personalização de plantas e empreendimentos alto padrão. Por isso é um segmento sujeito a vários imprevistos.

Diferente da indústria aeronáutica, automobilística, indústria de móveis, eletroeletrônico, por exemplo, nas quais os produtos finais, que chegam ao consumidor, são produtos padronizados, de repetição, totalmente industrializados. As peças são fabricadas em escalas, distribuídas e montadas, parafusadas.

Como foi dito na introdução, estamos numa era competitiva, e para atender as exigências do mercado, os profissionais, arquitetos e empreendedores, têm buscado cada vez mais diversificar os empreendimentos, com fachadas arrojadas, com aplicações de materiais diferentes, tecnologias diferentes, cada pavimento com layout e aplicabilidade diferente, aumentando a complexidade dos empreendimentos na construção civil.

Como tornar esses produtos da construção civil, industrializados e padronizados igual à indústria aeronáutica?

Na construção civil essas características se aplicam somente aos empreendimentos do segmento econômico, como por exemplo, o programa Minha Casa Minha Vida, destinado para famílias de baixa renda. Estes sim podem ser parcialmente industrializados, pois podem ser montados no local, mas ainda dependem da mão de obra e de equipamentos para essa montagem, porém estão menos sujeitos a imprevistos.

No estudo de caso, empreendimento de alto padrão, além de depender 100% da mão de obra para sua execução, depende também de fornecedores de outros estados.

Com a greve nacional dos caminhoneiros, que ocorreu em maio/2018, os materiais que foram comprados em outros estados não chegaram conforme os prazos previstos, faltando assim, material na obra e insumo nas usinas de concretagens. Para que o prejuízo da obra não fosse maior, o Engenheiro teve que alterar todo o planejamento de curto prazo, caso contrário os funcionários da obra ficariam parados, sem trabalhar, mas recebendo, e a obra teria seu prazo de entrega prorrogado, ou seja, o empreendimento seria entregue atrasado aos proprietários, podendo inclusive, a construtora ter que pagar multa para cada proprietário por dia de atraso.

Em função da dinâmica de execução da obra e do curto tempo para resolver o problema e não parar a obra, o Engenheiro teve que centrar sua atenção nas alternativas imediatas.

Por causa do imprevisto ocasionado pela greve dos caminhoneiros, o responsável pela obra executou outras tarefas que não estavam previstas no cronograma de curto prazo e não foi possível realizar a medição da obra pelo modelo 4D.

O Engenheiro disse que, sempre que os imprevistos acontecerem ele alterará a execução da obra e fará diferente do planejado, pois não pode “ficar preso” ao modelo BIM 4D, delimitando assim a aplicabilidade do estudo de caso e informando que a prioridade é a execução da obra.

Diante das circunstâncias e considerando que o planejamento de longo prazo é macro, e não detalha as tarefas, é planejado o empreendimento como um todo, sem preocupar em estabelecer metas específicas, conclui-se que, para esse tipo de empreendimento é melhor utilizá-lo no modelo 4D.

O planejamento de longo prazo, além de ficar sem prejuízo em casos de imprevistos e alterações do planejamento de curto prazo, pois o planejamento longo prazo não é afetado, ele também já está pronto e disponível para elaboração e análise do modelo 4D.

Após a elaboração do modelo 4D considerando o planejamento global da obra, detectou-se duas dificuldades do *software Navisworks*, que são viáveis manualmente, quando deveriam ser viáveis automaticamente.

As duas desvantagens são:

- a) a falta de relacionamento entre as tarefas, ou seja, não há como indicar predecessoras e sucessoras;
- b) não importa e não exporta para o *MS Project* o progresso das atividades, ou seja, a porcentagem de quanto cada atividade foi executada.

Por causa das desvantagens citadas anteriormente, o *software Navisworks* não atende as necessidades do planejamento e controle de obras durante a execução de uma obra.

Para solucionar as dificuldades do *Software Navisworks* e que são necessárias à obra, seria necessário entender de linguagem de programação e desenvolver plug-ins. Logo, a autora alterou a aplicação do modelo BIM 4D para o *software Synchro*, que atende o planejamento e controle da obra automaticamente.

Algumas vantagens e desvantagens entre os *Softwares Navisworks* e *Synchro* podem ser verificadas no Quadro 3.

Quadro 3 - Navisworks X Synchro.

CARACTERÍSTICAS	SOFTWARE	
	NAVISWORKS 2018	SYNCHRO PRO
Manipulação e navegação pelo modelo 3D	Embora possui uma gama maior de ferramentas para navegar pelo modelo e vistas do projeto, como por exemplo o comando "Walkfly", ele permite poucas alterações nos objetos 3D, como por exemplo apenas editar dimensões. Não permite criar objetos 3D.	Permite gerar e modificar objetos 3D, porém a navegação pelo modelo possui apenas ferramentas básicas, como por exemplo Pan, Orbit e Zoom. Não possui o comando "Walkfly".
Acesso à propriedade dos objetos 3D e tarefas	Possui uma janela exclusiva para as propriedades dos objetos 3D, mas não possui uma janela exclusiva para visualizar e manipular propriedade das tarefas. As propriedades das tarefas são vistas diretamente na lista de tarefas.	Possui janela exclusiva para propriedades dos objetos 3D e janela exclusiva para manipulação das propriedades das tarefas. Permite visualizar separadamente os parâmetros escolhidos ao importar o modelo tridimensional.
Importação e exportação do modelo 3D	Importa diretamente todas as informações disponíveis. Não permite escolher as informações mais importantes para a atividade a ser desenvolvida. Exporta o modelo 3D para os formatos fbx e dwf.	Importa diretamente todas as informações disponíveis. Permite escolher quais e quantos parâmetros do modelo tridimensional levar para o modelo 4D, facilitando a extração de informações importantes para o trabalho. Exporta o modelo 3D para os formatos ifc, fbx e dwf.
Importação e exportação do cronograma	Importa e exporta basicamente a lista de tarefas com suas datas. Importar ou exportar mais campos exige um mapeamento de dados, e em alguns casos exige conhecimento de programação.	Importa e exporta facilmente o cronograma de tarefas com suas respectivas datas, restrições de tarefa, atividades predecessoras e sucessoras, e progressões registradas em outra plataforma. Permite escolher quais e quantos parâmetros do cronograma no formato xml serão importados ou sincronizados para o modelo 4D.
Diagrama de Gantt	É basicamente composto por barras que representam o tempo de duração planejado e real, e também por uma barra de representação do progresso da tarefa. Como não tem predecessoras e sucessoras, não apresenta graficamente a interdependência entre as tarefas.	É composto por barras que representam a duração planejada e real das tarefas, e também por uma barra de representação do progresso da tarefa. Apresenta graficamente as predecessoras e sucessoras. Gera uma linha de base para comparação entre o planejado e o realizado.

Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

No controle do planejamento e medição das tarefas que estão em andamento ou já foram concluídas, é possível registrar o desenvolvimento dessas tarefas no *software Synchro* pelo comando Progresso, iniciar atividade e terminar atividade, como pode ser observado na Figura 22. Ou seja, é possível fazer o acompanhamento real da execução da obra.

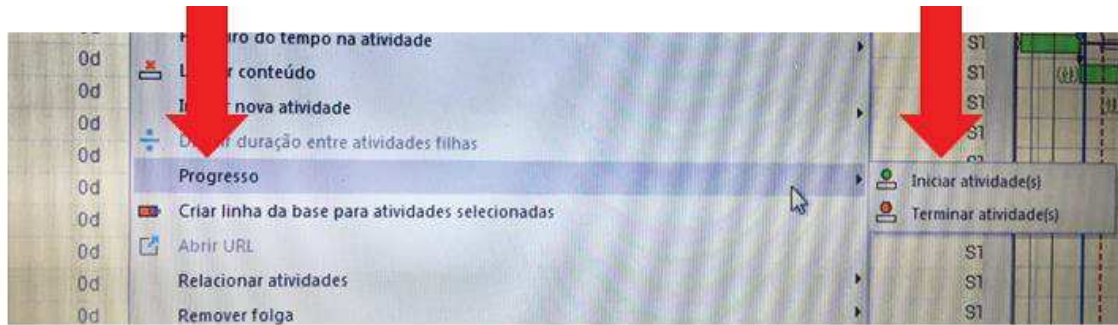


Figura 22 - Synchro: Progresso / Iniciar e Terminar atividade.

Fonte: Software Synchro.

Ao iniciar a atividade de alguma tarefa, coloca-se a data de início da mesma, o *Synchro* calcula automaticamente o tempo de duração desta tarefa, e finaliza somente quando termina a atividade dessa mesma tarefa e coloca-se a data de conclusão da mesma, conforme mostra a Figura 23.

Nome	BL Dur...	Duraçã o Real	% Complet...	Início LB	Término LB	Início Realizado	Término Real
█ Estrutura de concreto		84d, 7h	30.11			07:00 20/07/2018	
Subsolo 1	20d	44d	100.00	09:00 20/06/2018	11:00 16/07/2018	07:00 20/07/2018	17:00 14/09/2018
Térreo	20d	38d, 4h	100.00	09:00 18/07/2018	11:00 13/08/2018	07:00 10/08/2018	17:00 28/09/2018
1º Pav (Garagem)	20d	5d, 5h	100.00	09:00 15/08/2018	10:00 11/09/2018	07:00 08/10/2018	17:00 15/10/2018
2º Pav (Lazer)	20d	8d, 6h	100.00	09:00 13/09/2018	11:00 09/10/2018	07:00 16/10/2018	17:00 26/10/2018
3º Pavimento	7d	7d, 6h	100.00	09:00 11/10/2018	12:00 22/10/2018	07:00 05/11/2018	17:00 13/11/2018
4º Pavimento	7d	6d, 4h	100.00	09:00 23/10/2018	12:00 01/11/2018	17:00 14/11/2018	17:00 23/11/2018
5º Pavimento	7d	5d, 4h	100.00	09:00 05/11/2018	12:00 13/11/2018	17:00 24/11/2018	17:00 01/12/2018
6º Pavimento	7d	5d, 4h	100.00	09:00 14/11/2018	12:00 23/11/2018	17:00 03/12/2018	17:00 10/12/2018
7º Pavimento	7d	0d	50.00	09:00 26/11/2018	12:00 04/12/2018	17:00 11/12/2018	
8º Pavimento	7d	0d	0.00	09:00 05/12/2018	12:00 13/12/2018		

Figura 23 - Synchro: Data de início e término da atividade.

Fonte: Cronograma da Empresa X – obra estudo de caso.

Realizando o trabalho, o único defeito encontrado nesse *software*, nos comandos utilizados, é que no comando Progresso não permite pausar a atividade da tarefa, é permitido somente iniciar e terminar a tarefa.


Por exemplo, foi iniciada a alvenaria do 30º pavimento tipo, e a medição da alvenaria somente é realizada após a execução de todo pavimento, mas, por algum motivo / imprevisto, foi necessário antecipar a execução de alvenaria em outro local, e utilizou-se

parte do tijolo que estava previsto para o 30º pavimento tipo. Logo não foi possível concluir a alvenaria desse pavimento. Então o Engenheiro fez novo pedido de alvenaria, e após todo o processo de compras conforme Procedimento Operacional da empresa, o tijolo chegou à obra 40 dias após o pedido. Nesse caso não é possível pausar a atividade de alvenaria, e o tempo de 40 dias que a “alvenaria ficou parada“, o *software* contabiliza como tempo de execução, considerando 40 dias de atraso no planejamento dessa tarefa. Prorrogando assim, o planejamento de longo prazo.

E nem sempre o atraso de uma tarefa necessariamente atrasará o planejamento da obra. Então o *Synchro* não permite interromper a tarefa e continua-la posteriormente.

Durante as medições realizadas pelo Engenheiro no modelo 4D pelo *Synchro* e no padrão da construtora, pelo *MS Project*, constatou-se que a medição não é precisa, não é real. O Engenheiro faz a medição por estimativa.

O planejamento de longo prazo é um planejamento macro da obra, e algumas tarefas são planejadas por pavimento, como por exemplo, a estrutura de concreto, a infra-estrutura elétrica e infra-estrutura hidráulica, conforme observado nas Figuras 24 e 25.




Nome	BL Dur...	Duraçã o Real	% Complet...	Início LB	Término LB	Início Realizado
↳ Torre		84d, 7h	16.42			07:00 20/07/2018
↳ Estrutura de concreto		84d, 7h	30.11			07:00 20/07/2018
Subsolo 1	20d	44d	100.00	09:00 20/06/2018	11:00 16/07/2018	07:00 20/07/2018
Térreo	20d	38d, 4h	100.00	09:00 18/07/2018	11:00 13/08/2018	07:00 10/08/2018
1º Pav (Garagem)	20d	5d, 5h	100.00	09:00 15/08/2018	10:00 11/09/2018	07:00 08/10/2018
2º Pav (Lazer)	20d	8d, 6h	100.00	09:00 13/09/2018	11:00 09/10/2018	07:00 16/10/2018
3º Pavimento	7d	7d, 6h	100.00	09:00 11/10/2018	12:00 22/10/2018	07:00 05/11/2018
4º Pavimento	7d	6d, 4h	100.00	09:00 23/10/2018	12:00 01/11/2018	17:00 14/11/2018
5º Pavimento	7d	5d, 4h	100.00	09:00 05/11/2018	12:00 13/11/2018	17:00 24/11/2018
6º Pavimento	7d	5d, 4h	100.00	09:00 14/11/2018	12:00 23/11/2018	17:00 03/12/2018
7º Pavimento	7d	0d	50.00	09:00 26/11/2018	12:00 04/12/2018	17:00 11/12/2018
8º Pavimento	7d	0d	0.00	09:00 05/12/2018	12:00 13/12/2018	
9º Pavimento	7d	0d	0.00	09:00 14/12/2018	14:00 02/01/2019	
10º Pavimento	7d	0d	0.00	09:00 03/01/2019	12:00 11/01/2019	

Figura 24 – Estrutura de concreto: planejamento das tarefas por pavimento.

Fonte: Cronograma da Empresa X – obra estudo de caso .





Nome	BL Dur...	Duração Real	% Complet...
Infra Elétrica - Estacionamento		35d, 3h	12.66
Subsolo 2		45d, 2h	100.00
Subsolo 1		43d, 1h	100.00
Térreo		195d, 2h	50.00
1º Pav (Garagem)		204d, 6h	50.00
Infra Hidráulica - Estacionamento		41d, 7h	13.92
Subsolo 2		56d, 2h	100.00
Subsolo 1		0d	0.00
Térreo		0d	0.00
1º Pav (Garagem)		0d	0.00

Figura 25 – Infra elétrica e hidráulica: planejamento das tarefas por pavimento.

Fonte: Cronograma da Empresa X – obra estudo de caso.

E na estrutura de concreto de cada pavimento está incluso montagem de formas, montagem de armação e concretagem, dos elementos pilares, vigas e lajes daquele pavimento. E essas tarefas não são executadas simultaneamente. Por exemplo, primeiro concretaram todos os pilares do pavimento inferior, para somente após alguns dias concretar as vigas e lajes do pavimento superior, e assim sucessivamente. Ou seja, a medição não era 100% de determinado pavimento.

Para determinar a porcentagem realizada da concretagem de determinado pavimento, o Engenheiro verifica o quantitativo previsto na planilha orçamentária daquele pavimento, conforme indicado na Figura 26, e calcula uma porcentagem estimada para o que foi executado, baseado na experiência dele.




Estrutura	Pavimentos	Área Estruturada (m2)	Laje (m2) (48% da área de fôrma) comp. resinado	Pilares, Vigas e escada (m2) compensado plastificado	Fck- Slump	Quantitativos			
						Elemento	Concreto (m³)	Forma (m²)	Armação (kg)
PERIFERIA	1º Pavimento (Garagem)	817,38	820,32	888,68	50 MPA, brita	Pilares	15,20	204,00	7.670,33
					30 MPA, brita	Vigas	60,60	713,10	5.188,00
					30 MPA, brita	Lajes	59,10	759,20	8.766,00
					30 MPA, brita	Escada	4,70	32,70	324,00
					30 MPA, brita	Rampa			
					Fck 30 MPA, b	Total	139,60	1.709,00	21.948,33
	2º Pavimento (Lazer)	663,97	949,58	1.028,72	50 MPA, brita	Pilares	15,40	207,20	7.670,33
					30 MPA, brita	Vigas	81,50	942,50	9.711,00
					30 MPA, brita	Lajes	78,90	809,10	12.021,00
					30 MPA, brita	Escada	2,90	19,50	279,00
					Fck 30 MPA, b	Total	178,70	1.978,30	29.681,33

Figura 26 – Planilha orçamentária: quantitativo de materiais.

Fonte: Planilha orçamentária da Empresa X – obra estudo de caso.


Assim, o Engenheiro informa o que foi executado na obra, como pode ser verificado nas Figuras 27 e 28.



Nome	BL Dur...	Duraçã o Real	% Complet...
▲ Área Comum		84d, 7h	16.42
▲ Estrutura Periferia - Junta A		84d, 7h	73.88
Subsolo 1	10d	82d, 6h	100.00
Térreo	10d	81d, 5h	100.00
1º Pav (Garagem)	10d	0d	75.00
2º Pav (Lazer)	10d	0d	30.00
3º Pav	10d	0d	0.00
▲ Estrutura Periferia - Junta B		25d, 3h	12.06
Subsolo 1	10d	0d	0.00
Térreo	10d	25d, 3h	10.00
1º Pav (Garagem)	10d	0d	0.00
2º Pav (Lazer)	10d	0d	0.00
Cobertura	10d	0d	0.00

Figura 27 – Estrutura de concreto: medição.

Fonte: Cronograma da Empresa X – obra estudo de caso.



Nome	BL Dur...	Duraçã o Real	% Comple...
↳ Infra Elétrica - Estacionamento		35d, 3h	12.66
Subsolo 2		45d, 2h	100.00
Subsolo 1		43d, 1h	100.00
Térreo		195d, 2h	50.00
1º Pav (Garagem)		204d, 6h	50.00
↳ Infra Hidráulica - Estacionamento		41d, 7h	13.92
Subsolo 2		56d, 2h	100.00
Subsolo 1		0d	0.00
Térreo		0d	0.00
1º Pav (Garagem)		0d	0.00

Figura 28 – Infra elétrica e hidráulica: medição.

Fonte: Cronograma da Empresa X – obra estudo de caso.

Quando se planeja uma obra, é necessário que se domine de forma segura não só a execução da construção, mas, sobretudo, os instrumentos de controle que permitam acompanhar a qualidade da obra e a execução dos trabalhos.

Nesse sentido, a medição da obra é um instrumento excelente e de grande importância, pois permite atestar a qualidade da obra e verificar se tudo aconteceu de acordo com o que foi programado.

A medição da obra tem como função o controle e avaliação da obra. O controle de obras é uma atividade que visa não permitir a ocorrência de pontos críticos, evitar distorções e desvios de parâmetros em relação ao que foi programado. Dessa maneira, torna-se uma atividade preventiva.

Mas, para de fato ser uma medida preventiva, a medição tem que ser real, tem que relatar exatamente o que foi executado, tem que ser precisa.

No estudo de caso, como a medição é uma estimativa aproximada, ela não retrata a obra como executada, diante disso, não é possível gerar informações gerenciais que

proporcionem uma tomada de decisão rápida, buscando intervir no processo de construção da obra, caso necessário.

E essa falta de dados fidedignos pode ocasionar sérios problemas, físicos e financeiros, no controle da obra, num eventual imprevisto onde pode ser necessário remanejar materiais, mão de obra, equipamentos ou verba, dentre outros.

Se perguntar para os Engenheiros, o responsável pela obra e o responsável pelo departamento de planejamento, qual valor de fato já foi gasto com a execução da obra e o que ainda falta, considerando o planejamento físico-financeiro, eles responderão, porém não será o valor verdadeiro.

Então foi sugerido aos mesmos, que no caso da estrutura de concreto, detalhasse mais as tarefas do cronograma e acrescentasse ao planejamento de cada pavimento os nomes dos elementos estruturais, como por exemplo: viga V1, V2, pilar P15, P20, laje L1, L2... Dessa maneira as medições da estrutura de concreto seriam reais, além de aplicar uma das características da construção enxuta: quanto mais detalhado o cronograma, maior será o controle da obra.

Num primeiro momento o Engenheiro solicitou para a estagiária acrescentar os nomes dos elementos no planejamento de longo prazo, mas, por causa das demandas da obra não foi possível que ela continuasse com esse trabalho. Além disso, o Engenheiro informou que também não poderia continuar, porque o departamento de planejamento não autorizou a alteração do planejamento de longo prazo, que já estava definido e validado conforme o procedimento operacional da empresa.

Independente da utilização do BIM ou não, a medição tem que ser real, tem que ser uma transcrição fiel do que foi executado.

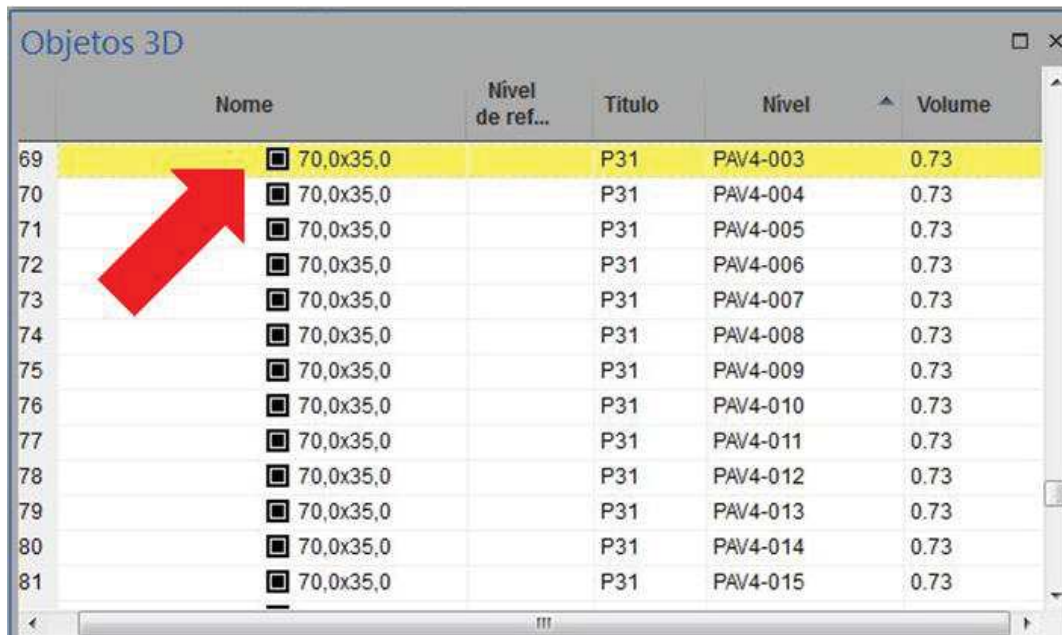
De acordo com Fernandes (2013), uma das vantagens do BIM é a avaliação das quantidades e volume dos materiais. Oliveira (2015), afirma que os modelos BIM são construídos usando "inteligência de objetos" e apresentam informações das características físicas e funcionais de uma instalação. E isso foi comprovado no modelo 3D do projeto estrutural.

Como o projetista estrutural entregou os elementos pilares, vigas e lajes no modelo 3D, foi possível extrair as seguintes informações: o nome do elemento estrutural, dimensão, o pavimento que se encontra esse elemento e o volume de concreto. No *software Synchro* há duas maneiras de obter essas informações.

A primeira maneira é selecionando o objeto no modelo 3D, conforme mostra a Figura 29, que as informações aparecerão na tela do objeto 3D, conforme indicado na Figura 30.



Figura 29 - Objeto selecionado no modelo 3D.  
Fonte: Projeto Estrutural – obra estudo de caso.



	Nome	Nível de ref...	Titulo	Nível	Volume
69	70,0x35,0		P31	PAV4-003	0.73
70	70,0x35,0		P31	PAV4-004	0.73
71	70,0x35,0		P31	PAV4-005	0.73
72	70,0x35,0		P31	PAV4-006	0.73
73	70,0x35,0		P31	PAV4-007	0.73
74	70,0x35,0		P31	PAV4-008	0.73
75	70,0x35,0		P31	PAV4-009	0.73
76	70,0x35,0		P31	PAV4-010	0.73
77	70,0x35,0		P31	PAV4-011	0.73
78	70,0x35,0		P31	PAV4-012	0.73
79	70,0x35,0		P31	PAV4-013	0.73
80	70,0x35,0		P31	PAV4-014	0.73
81	70,0x35,0		P31	PAV4-015	0.73

Figura 30 - Informações do objeto selecionado no modelo 3D.

Fonte: Projeto Estrutural – obra estudo de caso.

A segunda maneira é o filtro personalizado na tela do objeto 3D, onde informa o nome do pilar que deseja encontrar, como P1, conforme ilustra a Figura 31, e o comando filtra o pilar P1 de todos os pavimentos. Ao clicar no nome e pavimento do pilar, automaticamente esse objeto é destacado no modelo 3D com outra cor, como mostra a Figura 32.

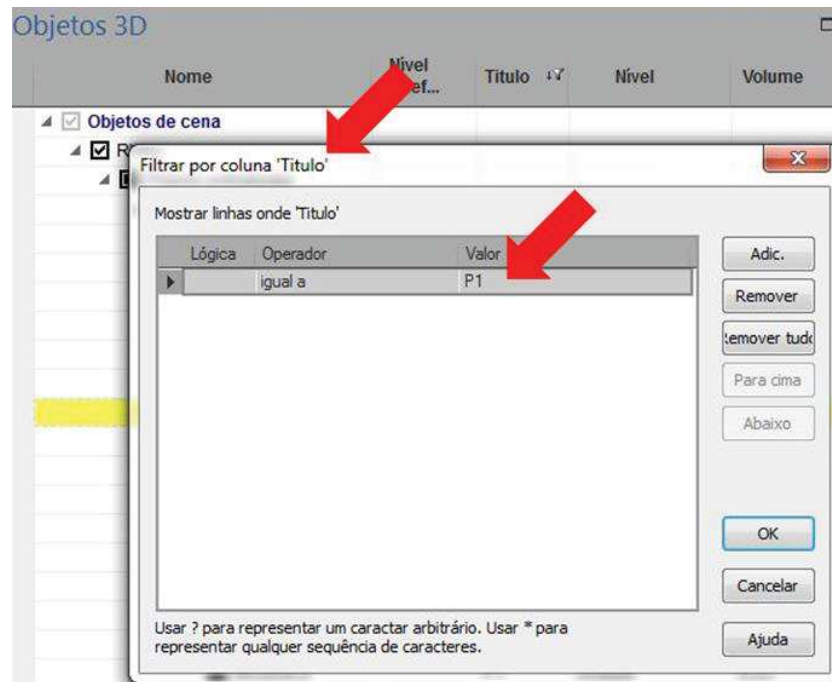


Figura 31 - Filtro personalizado: objeto 3D.

Fonte: Projeto Estrutural – obra estudo de caso.



Figura 32 - Filtro personalizado: objeto destacado no modelo 3D.

Fonte: Projeto Estrutural – obra estudo de caso.

Se o planejamento de longo prazo tivesse sido mais detalhado, apenas com o acréscimo dos nomes dos elementos estruturais na tarefa de concretagem de cada pavimento, conforme sugerido ao responsável pela obra, a medição da obra seria real, pelo menos no quesito concreto dos pilares, vigas e lajes. Além disso, teria economizado o tempo que o Engenheiro dispensa calculando o volume por estimativa do que foi executado.

Outra vantagem do BIM é que todos os membros da equipe multidisciplinar podem trabalhar simultaneamente no mesmo projeto, principalmente os projetistas. E para isso acontecer, todos os projetistas devem entregar seus projetos finais no padrão de modelo de dados aberto, IFC. Pois, de acordo com Laakso e Kiviniemi, 2012, e conforme descrito no referencial teórico, o IFC permitiu ao BIM facilitar o intercâmbio de informações entre diferentes projetistas da construção.

Mas, considerando a vantagem acima, uma dificuldade observada é que, os projetos entregues no *Revit* (*Autodesk*), só abrem em outro programa da *Autodesk* que seja da mesma versão.

Essa desvantagem dos programas da *Autodesk* foi detectada durante a pesquisa por família de formas dentro do modelo BIM. As formas encontradas para pilares estavam na versão do *Revit* 2016, e o estudo de caso foi utilizado na versão *Revit* 2018.

É possível abrir um arquivo da versão anterior em uma versão mais recente do *Revit*, pois o *software* faz o *update* do arquivo para a versão mais atualizada. Porém, o mesmo arquivo não poderá ser mais aberto na versão antiga do *software*.

Um empreendimento residencial de alto padrão tem em média de 15 a 20 disciplinas, e cada projetista de um escritório diferente especializado naquela disciplina. Para atingir uma das maiores vantagens do BIM, que é o trabalho simultâneo utilizando o mesmo arquivo, todos os escritórios de projetistas deverão utilizar a mesma versão do *software* da *Autodesk*, quando utilizarem *softwares* da *Autodesk*.

Quando os *softwares* utilizados pelos escritórios não forem da *Autodesk*, os projetistas deverão trabalhar com a extensão do arquivo de dados aberto, propiciando o intercâmbio de arquivos, como é o caso da extensão IFC.



Então como um coordenador de projetos ou a construtora / incorporadora deve proceder? No ato da contratação dos projetistas o contratante deve exigir do contratado a versão do *software* que deve ser utilizado para desenvolvimento daquele projeto?

E como ficarão os escritórios de projetistas que utilizam os *softwares* da *Autodesk* e tem “n” clientes? Se cada cliente exigir uma versão diferente do *software*, como ficará a organização dentro dos escritórios? E o custo com *softwares* e *hardwares*? Quantas versões dos *softwares* serão necessárias instalar nos computadores? Esses questionamentos, dentre outros, valem também para o coordenador de projetos, para as construtoras, para qualquer membro da equipe multidisciplinar.

A *Autodesk*, considerada uma das maiores desenvolvedoras de *softwares* no mundo para a arquitetura e engenharias, se não a maior, limitou a utilização dos seus *softwares* com relação à versão dos mesmos. Limitou inclusive, a facilidade de intercâmbio de informações entre diferentes projetistas da construção.

Na maioria dos artigos pesquisados, e também conforme relatado pelo Engenheiro da Construtora Y, uma das grandes dificuldades de implantar o BIM é o custo com equipamentos de informática, pois a obra não tem infra-estrutura igual ao escritório. Portanto, é relevante informar que a instalação do *software Synchro* no computador da obra só foi possível porque o *notebook* era do Engenheiro responsável pela obra, e tinha a configuração mínima necessária.

O BIM atualmente representa mais um caminho para a representação virtual de edificações, no qual objetos reais são codificados para descrever e representar componentes do real ciclo de vida da construção. Por meio do *Synchro* foi possível ver essa representação virtual em vários cenários com o modelo 4D.

Os principais cenários foram considerados o planejamento de longo prazo aprovado e validado pela Empresa X em 02/02/18, determinado como linha de base, e o planejamento atual que mostra o desenvolvimento real da obra, conforme ilustram as Figuras 33 e 34.



Figura 33 - Representação virtual: planejamento linha de base.

Fonte: Projeto estrutural – obra estudo de caso.

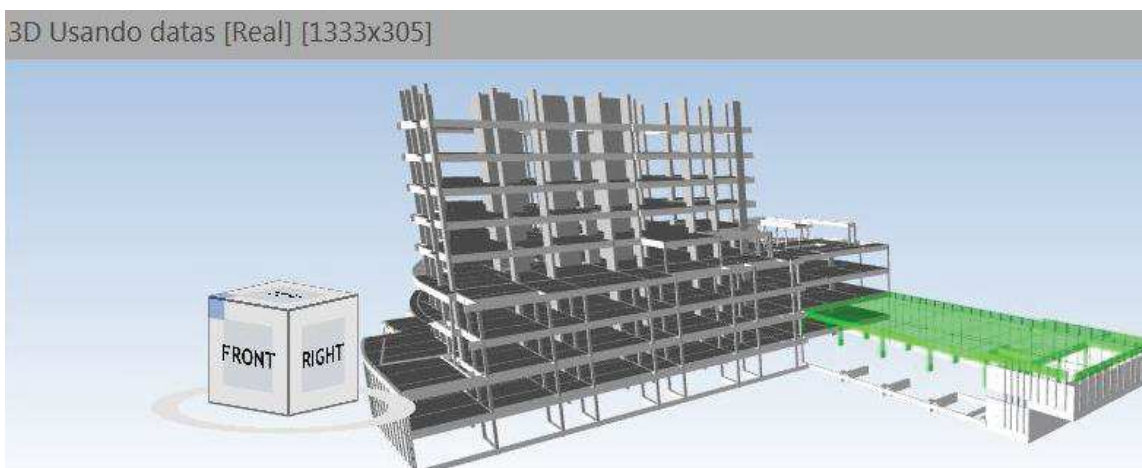


Figura 34 - Representação virtual: planejamento real.

Fonte: projeto estrutural – obra estudo de caso.

A visualização do empreendimento em 3D permite uma análise rápida da execução da obra, onde é possível identificar imediatamente os elementos que estão atrasados e/ou

adiantados, proporcionando assim um melhor entendimento, coordenação e comunicação entre as equipes da obra.

O *Synchro* permite criar várias janelas 3D, cada uma com um cenário de datas diferentes, e deixar o *layout* da tela como for melhor para o usuário, de acordo com as Figuras 35 e 36.

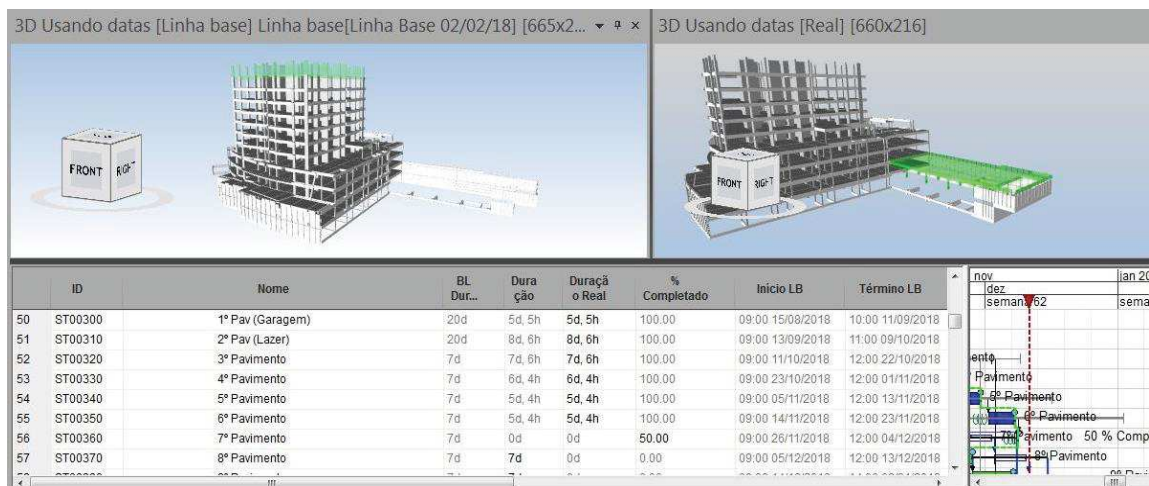


Figura 35 - Tela Synchro: layout 1.  
Fonte: Projeto estrutural – obra estudo de caso.

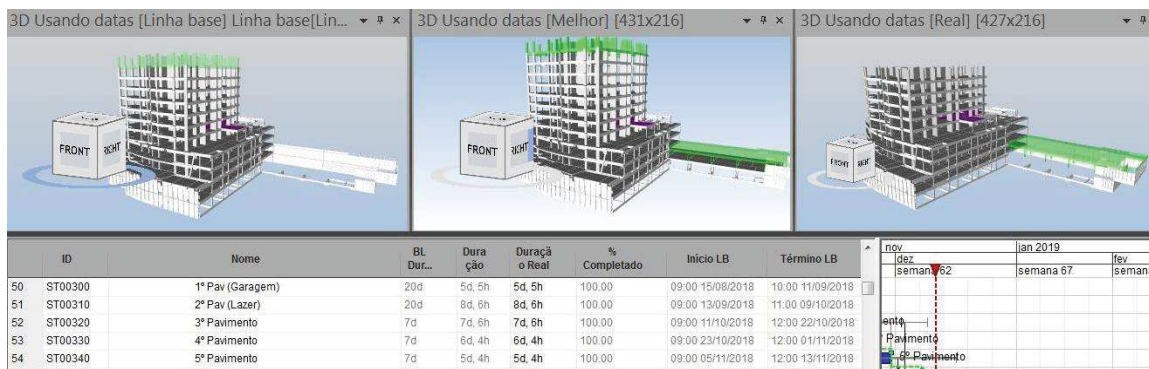


Figura 36 - Tela Synchro: layout 2.  
Fonte: Projeto estrutural – obra estudo de caso.

A simulação de diferentes cenários da execução da obra permite analisar visualmente o cronograma e a melhor tomada de decisão para eventuais imprevistos.

Para os Engenheiros da Empresa X, que participaram diretamente no processo, os benefícios de implantação do modelo BIM 4D são:

- a) otimização dos processos de medição;
- b) otimização do tempo;
- c) se bem parametrizado, minimiza erros de acompanhamento;
- d) projeção facilitada, ajuda a mitigar problemas;
- e) economia de orçamento;
- f) facilidade para aplicação do processo de gestão a vista.

E as maiores dificuldades identificadas por eles durante a implantação do modelo BIM 4D na obra foram:

- necessidade de executarem trabalhos duplicados, devido a processos internos da empresa;
- parametrização dos serviços.

Ainda de acordo com os mesmos, as maiores dificuldades que a empresa pode enfrentar pra implantar o modelo proposto são:

- investimento em infra-estrutura;
- treinamento de pessoas ;
- confiança nas informações geradas por um processo novo.

As dificuldades citadas acima pelos Engenheiros não foram empecilhos para a realização do estudo de caso, porque todo o recurso financeiro utilizado foi de responsabilidade da autora.

Apesar da demora no envio de algumas informações e da delimitação da aplicação do estudo de caso em detrimento da execução da obra, é importante destacar que a

Empresa X estava sem resistência, disponível para implantação do processo, e que a autora tinha acesso à obra, trazendo veracidade para o trabalho e afirmando o processo de implantação do modelo BIM 4D na realidade de uma obra.

Tendo como resultado final a aplicação do modelo BIM 4D na obra do estudo de caso e a medição sendo realizada pelo Engenheiro responsável.

# CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa teve como objetivo principal aplicar o sistema BIM 4D numa obra, integrando as informações do projeto 3D com o cronograma físico, através das ferramentas *Planilha Excel, MS Project, Revit, Navisworks e Synchro*, voltados para o planejamento e controle de obras da construção civil, com foco no processo de conhecimento.

Diante da análise dos resultados pode-se concluir que o BIM vai além do otimismo tecnológico. Ele não é somente uma ferramenta de gerenciamento de projetos. Sob o aspecto organizacional o BIM é um meio tecnológico para gestão de pessoas, processos e tecnologias. Mas que, para o seu pleno funcionamento, é necessário quebrar alguns paradigmas na construção civil, dentre eles elaborar o planejamento de curto prazo com mais antecedência para que o modelo BIM 4D seja elaborado no tempo hábil para aplicação e ajustes, caso aconteça algum imprevisto.

É como disse o famoso guru da administração na área da qualidade, *Deming*, em 1950, “não se gerencia o que não se mede, não se mede o que não se define, não se define o que não se entende e não há sucesso no que não se gerencia”.

Ou seja, de que adianta ter o planejamento de longo de prazo de uma obra, com tarefas macros e o quantitativo correto, utilizá-lo para registrar a medição, sendo que na realidade a medição físico-financeira é feita por tarefas detalhadas e por estimativa?

Na prática, as construtoras elaboram o planejamento de curto prazo num período imediatamente anterior à sua aplicação, não havendo prazo suficiente para elaboração e análise do modelo 4D.

E, com tantos recursos e tecnologias disponíveis, além de ser necessária a elaboração do planejamento de curto prazo com antecedência, é inadmissível nos tempos atuais, que o controle de obra (medição) não seja a transcrição do que realmente foi executado.

Considerando o funcionamento cultural das empresas, o planejamento de longo prazo é o ideal para o modelo BIM 4D, porém não é o ideal para a medição da obra.

O modelo BIM é utilizado para demonstrar todo o ciclo de vida da construção, incluindo os processos construtivos e fases de instalação, e para fornecer informações sobre qualidade e quantidades de materiais, segurança, custos, prazos de construção, eficiência energética e periodicidade de manutenções preventivas. Sua utilização eleva o nível de confiabilidade dos projetos e processos de planejamento e controle de obras, gerando aumento da produtividade e economia, além de resultar em diminuição de custos e de riscos relacionados à construção de edificações e infraestrutura. Esse modelo tem se consolidado mundialmente como um novo modelo no desenvolvimento de projetos e na gestão e manutenção de obras. Por isso ele deve atender a todos os métodos de planejamento, e não somente uma metodologia específica de planejamento utilizada por determinada empresa.

A partir das incompatibilidades encontradas nos projetos 3D, afirma-se que é necessária uma alteração na prática tradicional entre contratante x contratado. A construtora, ao contratar a modelação de qualquer projeto, ou ao contratar o projeto no modelo BIM 3D, deve repassar para o projetista o que deve ser entregue no modelo BIM 3D, quais as necessidades da construtora, deve informar para o projetista o planejamento físico de execução da obra, e como a construtora faz a medição dos serviços executados daquele projeto. Essas informações servirão de referência para que o projetista desenvolva o

projeto BIM 3D de acordo com os procedimentos operacionais da empresa, representando a construção virtual real, que é o BIM 4D propriamente dito.

O conceito BIM, em sua íntegra, exige mudança na organização do trabalho de um modelo tradicional para um formato colaborativo, que passa do individualizado, protegido e fragmentado para o exposto, aberto e compartilhado (MANZIONE *et al.*, 2011).

Como a construção civil é uma área que depende de pessoas, material e equipamentos, os imprevistos acontecem com frequência. E toda execução de um empreendimento residencial tem prazo de início e término legalmente determinado quando incorporados. Sendo assim, qualquer empresa na tentativa de implantar o BIM 4D paralelamente ao método tradicional durante a execução de uma obra, terá a tendência de priorizar o método tradicional quando o processo de implantação implicar em atraso da obra.

A construção civil está aderindo cada vez mais à industrialização e não é simplesmente uma forma racionalizada de trabalho, ela é uma maneira de atender as demandas sociais e de mercado latentes. As vantagens são: ter maior controle de qualidade, reduzir significativamente o prazo de execução, maior desempenho, redução dos impactos ambientais e redução de passivos trabalhistas. Mas, para obter essas vantagens são necessários processos definidos e automatizados, controle de qualidade e rastreabilidade, especialização da mão de obra, uso intensivo de tecnologia na produção e no canteiro de obras.

As vantagens descritas acima podem ser claramente identificadas nos segmentos automobilísticos, aeronáuticos, dentre outros, pois são industrializados, e tem como características principais a pré-fabricação das peças e o uso de alta tecnologia.



Por se tratar de elementos repetitivos e em escala produtiva, a industrialização tem se fortalecido com a aderência ao BIM.

Infelizmente, uma das desvantagens da industrialização é a restrição da liberdade arquitetônica, e por isso tem se disseminado nos segmentos de moradia baixa renda.

Em termos de projeto a construção civil tem condições de chegar ao mesmo nível de excelência dos projetos aeronáuticos, por exemplo, porém no quesito execução, fabricação, por enquanto não.

A filosofia da construção enxuta permite à construção civil se adaptar aos processos de industrialização, uma vez que teve suas origens na indústria automobilística, desafiando os profissionais de construção a quebrar seus paradigmas de gestão ao adaptar as técnicas e ferramentas desenvolvidas com sucesso no Sistema Toyota de Produção (*Lean Production*).

Apesar de estarmos vivenciando a Quarta Revolução Industrial, Indústria 4.0, a construção civil, em se tratando de empreendimentos alto padrão, residencial e/ou comercial, ainda é uma indústria com grande peso da manufatura, na verdadeira acepção da palavra.

Embora sejam necessários melhorias de informática, para que tudo isso funcione, não basta construir uma sofisticada base tecnológica com um *pool* de *softwares* e *hardwares*. As equipes de projeto (arquitetura e engenharias), planejamento, orçamento e construção, precisam trabalhar de forma integrada. Eis o primeiro grande desafio para a maioria das construtoras.

Na implantação do estudo de caso ficou claro as dificuldades de se implantar o BIM 4D com conhecimento, sendo as principais:

- acúmulo de funções do engenheiro responsável pela obra;
- demora na entrega das informações necessárias para elaboração do modelo 4D;
- elaboração do planejamento de curto prazo com pouca antecedência;
- pouco tempo para elaboração do modelo 4D;
- redefinição no detalhamento das tarefas dos planejamentos de longo, médio e curto prazo, de maneira que atendam os critérios de medição físico-financeiro da empresa e ao modelo BIM 3D;
- redefinição na maneira de elaboração dos projetos BIM 3D: atender o procedimento operacional da construtora, o planejamento de execução do empreendimento e como é realizada a medição;
- alteração contratual na prática profissional (contratante x contratado);
- alterações imediatas no planejamento e execução da obra, por causa dos imprevistos, como por exemplo, os problemas ocasionados pela greve nacional dos caminhoneiros;
- o tempo de retroalimentação no processo BIM 4D em função de alterações corretivas no planejamento de execução da obra não condiz com a realidade;
- prioridade da empresa: implantar o BIM x atraso na execução da obra;
- escolha correta do *software* que será utilizado para implantação do BIM;
- falta de infra-estrutura tecnológica na obra.

Quando o foco é o processo do conhecimento, e não a falta de conhecimento sobre o BIM, como é indicado na maioria dos trabalhos (artigos, monografias, dissertações e teses), e considerando as dificuldades citadas acima, percebe-se que o modelo BIM 4D não tem o resultado esperado por falta de conhecimento da equipe sobre o modelo que estava sendo implantado, mas sim pelas escolhas que a empresa faz.

O que dificulta a implantação do BIM 4D é a existência de algumas pré-definições que vão contra o processo:

- a metodologia da obra;
- o procedimento operacional da empresa;
- a prioridade da empresa;
- a empresa quer custo, qualidade, durabilidade, eficiência, segurança, estética, mas não quer investir.

Diante do exposto, pode-se afirmar também que o BIM 4D é aplicável na construção, mas para isso é necessário que todos os membros da equipe multidisciplinar tenham os seguintes entendimentos:

- a importância e elaboração do planejamento;
- como desenvolver um projeto BIM atendendo às necessidades do empreendimento, da contratante e do mercado (fatores externos);
- saber operacionalizar o *software*;
- entendimento de como funciona a rotina de uma obra (as etapas de construção, a interoperabilidade entre a equipe multidisciplinar, os equipamentos, materiais e os procedimentos operacionais da empresa).

Sem esses conhecimentos, somente os *softwares* BIM não são suficientes para a implantação do BIM 4D.

Com os conhecimentos necessários para implantação do BIM e com a implantação do BIM, haverá mais acréscimos de obrigações às funções atuais dos arquitetos e engenheiros.

As mudanças em sistemas construtivos, métodos de trabalho e exigências da mão de obra acontecem dentro de um contexto, e somente se tornam difundidas no setor quando trazem ganhos econômicos e têm validação sociocultural, isto é, quando se provam economicamente viáveis e são bem aceitas pelos usuários.

Portanto, o maior desafio que a construção organizacional pode encontrar é a mudança cultural, num país onde ainda inicia-se a execução de obra sem os projetos executivos, sendo necessários: a revisão de conceitos, adequações sócio-culturais e quebra de padrões.

### **Sugestões para trabalhos futuros**

As sugestões para trabalhos futuros são:

- replicar o processo aqui apresentado em uma obra, porém utilizando somente o *Software Synchro* e com todos os projetos de arquitetura e engenharias modelados;
- desenvolver o processo aqui apresentado, porém elaborando e aplicando o modelo 5D numa obra, e utilizando somente o *Software Synchro*.

## REFERÊNCIAS

ALVES, T.; PIO, V. M. “A importância do sistema last planner para a construção civil”. **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia (CONTECC 2016)**. 2016.

ANTHEA, W. “*A guide to phenomenological resource*”. **Art & Science. Research series**, v. 29, n.34, p. 38-43, 2015.

ANTUNES, J. M. P. **Interoperacionalidade em Sistemas de Informação**. 2013. 120f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2013.

BACCARINI, D. “*The concept of Project complexity: a review*”. **International Journal of Project Management**, v. 14, n.4, p. 201-204, 1996.

BAIA, D. V. S. “**Uso de ferramentas BIM para o melhor planejamento de obras da construção civil**”. 2015. Dissertação de Mestrado, Programa Mestrado em Estruturas e Construção Civil da Universidade de Brasília, 2015.

BIOTTO, C., FORMOSO, C. ISATTO, E. L. “Uso de modelagem 4D e Building Information Modeling na gestão de sistemas de produção em empreendimentos de construção”. **Ambiente construído: revista da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. Porto Alegre. v. 15, n. 2 (abr./jun. 2015), p. 79-96, 2015.

BRYDE, D.; BROQUETAS, M.; VOLM, J. M. “*The project benefits of building information modelling (BIM)*”. **International journal of project management**, v. 31, n. 7, p. 971-980, 2013.

BURAKALE, A. S.; PATIL, M. D. A “*Statistical Analysis of Building Information Modeling in Project Management*”. **International Reserch Journal of Engineering and Technology**, 2017.

CADS – “**Computer Aided Design Studio. Projeto Arquitetônico no Revit 2015**”. Tecnopuc, Porto Alegre, 2015.

CHANG, H.; KANG, S.; CHEN, P. “Systematic procedure of determining an ideal color scheme on 4D models”. **Advanced Engineering Informatics**, v. 23, n. 4, p. 463-473, 2009.

CHEN, LiJuan; LUO, Hanbin. “*A BIM-based construction quality management model and its applications*”. **Automation in construction**, v. 46, p. 64-73, 2014.

COSTA, J. T. “**Modelagem aplicada ao planejamento de curto prazo com práticas enxutas na construção civil**”. Monografia, do Curso de Graduação em Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

DURANTE, F. K. **O uso da metodologia BIM (Building Information Modeling) para gerenciamento de projetos: Gerente BIM**. 2013. Trabalho de Conclusão de

Curso (Graduação em Engenharia Civil)–Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2013.

EASTMAN, C., TEICHOLZ, P., SACKS, R. *et al.* “**Manual BIM: Um guia para modelagem de informações de construção para proprietários, gerentes, projetistas, engenheiros e empreiteiros**” . John Wiley & Sons, 2011.

EASTMAN, C., TEICHOLZ, P., SACKS, R. *et al.* “**Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**”. Bookman Editora, 2014.

FARONI, M. C. C. **BIM nos processos de gestão de facilidades em uma universidade: estudo de caso e diretrizes preliminares**. Dissertação de Mestrado da Universidade Federal do Espírito Santo, 2017.

FORMOSO, *et al.* “*Material waste in Building Industry: Main Causes and Prevention*”. **Journal of Construction Engineering and Management**, 2002.

FERNANDES, R. P. L. **Advantages and Disvantagens of Bim Platforms on Construction Site**. Dissertação de Mestrado do programa de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Portugal, 2013.

GIL, A.C. “O projeto na pesquisa fenomenológica”. **Anais do IV Seminário Internacional de Pesquisa e Estudos Qualitativos**, 2010.

GIL, A.C. “**Como elaborar projetos de pesquisa**”. Editora Atlas, ed.5ª, 2010.

GROETELAARS, N. J. **Criação de Modelos BIM a partir de" nuvens de pontos": estudo de métodos e técnicas para documentação arquitetônica**. Tese de Doutorado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal da Bahia 2016.

KASSEM, M., SUCCAR, B., DAWOOD, N. “*A proposed approach to comparing the BIM maturity of countries*”. **International Conference on applications of it in the AEC Industry (CIB W78 2013, 30th)** 9 – 12 october, Beijing, China, 2013. Disponível em: <http://bit.ly/BIMPaperB2> Acesso em 08 jan. 2018.

KAUARK, F. S., MANHÃES, F. C., MEDEIROS, C. H. “**Metodologia da pesquisa: um guia prático**”. Via Litterarum, Bahia, 2010.

KEROSUO, H., MIETTINEN, R., PAAVOLA, S. *et al.* “**Desafios do uso expansivo da Building Information Modeling (BIM) em projetos de construção**”. Produção , v. 25, n. 2, p. 289-297, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/prod/v25n2/0103-6513-prod-25-02-00289.pdf>.

KOSKELA, L., SACKS, R., DAVE, B. A. *et al.* “*Interaction of lean and building information modeling in construction*”. **Journal of construction engineering and management**, v. 136, n. 9, p. 1307-1315, 2010.

- KOVACIC, I., FILZMOSE, M. “*Designing and evaluation procedures for interdisciplinary building information modelling use—an explorative study*”. **Engineering Project Organization Journal**, v. 5, n. 1, p. 14-21, 2015.
- LAAKSO, M. KIVINIEMI, A. O. “*The IFC standard: A review of history, development, and standardization, information technology*”. **IT con**, v.17, n. 9, p.134-161, 2012. Disponível em: <http://www.itcon.org/2012/9> Disponível em: <http://bit.ly/BIMPaperB3> Acesso em 08 jan. 2018.
- LEÃO, A. C. L., SILVA, D. M. A., LIMA, I. K. P. *et al.* “Plataforma BIM como sistema de gestão e coordenação de projeto da Reserva Camará”. **XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, Maceió, 2014. Disponível em: [http://www.infohab.org.br/entac\\_2014/artigos/paper\\_487.pdf](http://www.infohab.org.br/entac_2014/artigos/paper_487.pdf).
- LIMA, A. B. M. “**Ensaio sobre fenomenologia: Husserl, Heidegger e Merleau-Ponty**”. Editus, 2014.
- LINO, J. C., AZENHA, M., LOURENÇO, P. “**Integração da metodologia BIM na engenharia de estruturas**”. BE2012-Encontro Nacional Betão Estrutural, Porto, Portugal, 2012. Disponível em: [https://paginas.fe.up.pt/~be2012/Indice/BE2012/pdf-files/076\\_Artigo.pdf](https://paginas.fe.up.pt/~be2012/Indice/BE2012/pdf-files/076_Artigo.pdf).
- MACIEL, M. A. C. **Dificuldades para a implantação de softwares integradores de projeto (BIM) por usuários da cidade de Aracaju/Sergipe**. Dissertação de mestrado do programa de Engenharia Civil. Universidade Federal de Sergipe, 2014.
- MAIA, B. L., “**Análise do fluxo de informações no processo de manutenção predial apoiada em BIM: estudo de caso em coberturas**”. Dissertação de Mestrado da Universidade Federal do Paraná, 2016.
- MANDHAR, M. “*BIMing the architectural curricula: integrating Building Information Modelling (BIM) in architectural education*”. 2012. **International Journal of Architecture**, v. 1, n. 1, p. 1-20, 2012.
- MANZIONE, L., ABAURRE, M. W., OWEN, R., MELHADO, S. B. **Desafios para a implementação do processo de projeto colaborativo: análise do fator humano**. In: **AnaisTIC,5**. Salvador: Escola Politécnica USP, 2011.
- MARTINS, R. A., MIGUEL, P. A. C. “**Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**”. Elsevier, 2ªed. 2012.
- MATOS, R. A. P. **BIM – Aplicação do BIM, como um processo impulsionador de projetos de arquitetura**. Dissertação de mestrado da escola de comunicação, Arquitetura, Artes e Tecnologia da Informação da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Lisboa, 2016.
- MENDES JUNIOR, R., SCHEER, S., GARRIDO, M. C. *et al.* “Integração da modelagem da informação da construção (BIM) com o planejamento e controle da produção”. **Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído**, v. 15, 2014.

- MENEZES, G. L. B. B., GIESTA, J. P., SILVA, P. S. M. *et al.* “Uma experiência gamificada do bim em cursos técnicos”. In: **I Semana de Ciência, Tecnologia e Extensão do IFRN XI CONGIC**, 2015. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/285596635\\_uma\\_experiencia\\_gamificada\\_do\\_bim\\_em\\_cursos\\_tecnicos](https://www.researchgate.net/publication/285596635_uma_experiencia_gamificada_do_bim_em_cursos_tecnicos) Acesso em 08 jan. 2018.
- MIETTINEN, R.; PAAVOLA, S. “*Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modeling*”. **Automation in construction**, v. 43, p. 84-91, 2014. Doi.: <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2014.03.009> . Acesso em: 30 de dezembro de 2017.
- MINAYO, M. C. S (org.) “**Pesquisa social**”. Petrópolis: Vozes, 2007.
- MOREIRA, R.A.D.; RIBEIRO, S.E.C. “Transição do modo tradicional de construção para o BIM em algumas regiões do Brasil”. **Construindo**, v. 7, nº 1, 2015.
- N.B.I.M.S. “National Building Information Modeling Standard” – Version 1 – Part 1: Overview, Principles and Methodologies. 2007.
- NEIVA NETO, R. S. **O projeto da produção de formas para estrutura de concreto armado incorporando BIM**. Dissertação de mestrado do programa de Engenharia Civil. Unicamp, 2014.
- OLIVEIRA, R. D. “**Potencial do BIM**”. 2015. Acesso em 30 de dezembro de 2017, disponível em [http://www.academia.edu/10152195/Potencial\\_do\\_Bim](http://www.academia.edu/10152195/Potencial_do_Bim).
- ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. “**Manual de Oslo - Proposta de Diretrizes para Coleta e Interpretação de Dados sobre Inovação Tecnológica**”. (1990).
- PAPAMICHAEL, K. “*Application of Information Technologies in Building Design Decisions*”. **Building Research & Information**, v.27, n.1, p. 20-34, 1999.
- PAUWELS, P., ROXIN, A. “*SimpleBIM: From full ifcOWL graphs to simplified building graphs*”. In: **Proceedings of the 11th European Conference on Product and Process Modelling (ECPPM)**. 2016. p. 11-18. Disponível em: <https://biblio.ugent.be/publication/8041826/file/8070159.pdf>
- PMBOK, G. “**Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos**”. Ed. 5ª, v. 123, 2013.
- PRINS, M., OWEN, R. “*Integrated desing and delivery solutions*”. **Architectural Engineering and Design Management**, v.6, p. 227 – 231.
- RANIERI, L. P.; BARREIRA, C. R. A. “A entrevista fenomenológica”. **Seminário Internacional de Pesquisa e Estudos Qualitativos**, IV SIPEQ, 2010.
- RODRIGUES, P. D. “**Uma proposta de integração do modelo BIM ao sistema Last Planner**”. 2017. Dissertação de Mestrado, do Programa de Pós Graduação de



Engenharia de Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2017.

ROSSO, S. M. “*Softwares BIM: conheça os programas disponíveis, seu custo, principais características e segredos*”. 2011. Disponível em: <http://au17.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/208/bim-quem-e-quem-224333-1.aspx>.

SACKEY, E., AKOTIA, J. “*Spanning the multilevel boundaries of construction organisations: Towards the delivery of BIM-compliant projects*”. **Construction Innovation**, v. 17, n. 3, p. 273-293, 2017.

SACKEY, E., TUULI, M., DAINY, A. “*Sociotechnical systems approach to BIM implementation in a multidisciplinary construction context*”. **Journal of management in engineering**, v. 31, n. 1, p. A4014005, 2014.

SACKS, R. E. “*Introducing a new methodology to develop the information delivery manual for AEC projects*”. In **27 th International Conference – Applications of it in the AEC Industry & Accelerating BIM research workshop**, 2010.

SIANI, S. R., CORREA, D. A., LAS CASAS, A. L. “*Fenomenologia, Método fenomenológico e pesquisa empírica: O instigante universo da construção de conhecimento esquadrihada na experiência de vida*”. **Revista de Administração**, v. 14, n. 1, p. 166-219, 2016.

SUCCAR, B. “*Building information modeling framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders*”. **Automation in Construction**, v. 18, p. 357-375, 2009.

SUCCAR, B., SHER, W., WILLIAMS, A. “*An integrated approach to BIM competency assessment, acquisition and application*”. **Automation in Construction**, v. 35, p. 174-189, 2013.

SUCCAR, B. “*The five components of BIM performance measurement*”. In: **CIB World Congress**. 2010. p. 2-50. Disponível em: [file:///C:/Users/positivo/Downloads/The\\_Five\\_Components\\_of\\_BIM\\_Performance\\_Measurement.pdf](file:///C:/Users/positivo/Downloads/The_Five_Components_of_BIM_Performance_Measurement.pdf) Acesso em 08 jan. 2018.

SUCCAR, B., SHER, W. “*A competency knowledge-base for BIM learning*”. In: **Australasian Universities Building Education (AUBEAD, 2013), Auckland, New Zealand, 2013**. Disponível em: <http://bit.ly/BIMPaperA7> Acesso em 08 jan. 2018.

SUCCAR, B., KASSEM, M. “*Macro-BIM adoption: Conceptual structures*”. **Automation in Construction**, v. 57, p. 64-79, 2015. Disponível em: <file:///C:/Users/positivo/Downloads/Macro-BIMAdoptionConceptualStructures.pdf> Acesso em 08 jan. 2018.

SHAHNAZ, A. “*Building information modeling (BIM) and its future in undergraduate architectural science capstone projects*”. In: **BIM academic symposium in conjunction with building innovation**. 2014. Disponível em:

[https://c.ymcdn.com/sites/www.nibs.org/resource/resmgr/Conference2014/BI20140110\\_bSa\\_Proceedings.pdf](https://c.ymcdn.com/sites/www.nibs.org/resource/resmgr/Conference2014/BI20140110_bSa_Proceedings.pdf) Acesso em 08 jan. 2018.

TELES, R. P. **Gestão De Universidades E Tecnologias Cafm, p. 291-302. VII Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção (TIC2015).** Recife, Novembro, 2015.

TRIVISIOS, A. N. S. “**Introdução à pesquisa em ciências sociais. A pesquisa qualitativa em educação**”. Editora Atlas, São Paulo: 1987.

VALENTIM, M. L. P. “**Gestão, mediação e uso da informação**”. SciELO-Editora UNESP, 2010.

VERANO. [http://verano.com.br/pt\\_BR/produtos/synchro/versoes/synchro-pro](http://verano.com.br/pt_BR/produtos/synchro/versoes/synchro-pro)

VIANA, D. D., FORMOSO, C. T., ISATTO, E. L. “*Understanding the theory behind the Last Planner System using the Language-Action Perspective: two case studies*”. **Production Planning & Control**, v. 28, n. 3, p. 177-189, 2016.

WONG, J. K. W., ZHOU, J. “*Enhancing environmental sustainability over building life cycles through green BIM: A review*”. **Automation in Construction**, v. 57 156–165, 2015.

YAN, H., DEMIAN, P. “**Benefits and barriers of building information modelling**”. Beijing, 2008. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/f611/6b6af1c57f1dee8463cfb58239d3170216da.pdf>.