FABIANA KARENINA DE LIMA

Implantação do Processo BIM no apoio à execução dentro de uma construtora

São Paulo
(2019)

FABIANA KARENINA DE LIMA

Implantação do Processo BIM no apoio à execução dentro de uma construtora

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Mestre em
Ciências

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Leal Ferreira

São Paulo
(2019)

FABIANA KARENINA DE LIMA

Implantação do Processo BIM no apoio à execução dentro de uma construtora

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Mestre em
Ciências

Área de Concentração: Inovação na
Construção Civil

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Leal Ferreira

São Paulo
(2019)

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, ____ de _____ de _____

Assinatura do autor: _____

Assinatura do orientador: _____

Catálogo-na-publicação

Lima, Fabiana Karenina de

Implantação do Processo BIM no apoio à execução dentro de uma construtora / F. K. Lima -- versão corr. -- São Paulo, 2019.
118 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

1.Modelagem da Informação da Construção (BIM) 2.Canteiro de obras
3.Sistemas e processos construtivos 4.Simulação virtual da construção
5.Gerenciamento da construção I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil II.t.

A meu filho Francisco, que me fez descobrir sentimentos nunca imaginados.

A meu esposo Raphael, pelo apoio e carinho.

AGRADECIMENTOS

A meu orientador Prof. Dr. Sergio Leal Ferreira, pelo apoio e incentivo no decorrer de toda esta trajetória de mestrado.

À minha mãe Gilvaneide e ao meu pai Osmar, por acreditarem na minha capacidade e pela compreensão na minha ausência em muitos momentos.

A meus irmãos, por toda infância compartilhada, por colaborarem para ser a pessoa que me tornei.

À minha sogra Isabel e ao meu sogro Paulo, pelos cuidados com o Francisco para que pudesse me dedicar mais a este trabalho.

À minha amiga Hosana, pelas conversas e apoio incondicional.

A meus colegas de trabalho que participaram da pesquisa realizada.

A meu esposo Raphael, por todo o amor e confiança dispendidos a mim. Por todos os momentos que cuidou com o maior carinho do nosso pequeno para que eu me dedicasse a este trabalho.

A meu filho Francisco, que a cada dia auxilia a me tornar uma pessoa melhor, me surpreendendo com sua alegria e amor imensuráveis. Que participou das aulas ainda na barriga e acompanhou a todo o desenvolvimento deste trabalho.

“Cada um pensa em mudar a humanidade,
mas ninguém pensa em mudar a si mesmo.”
(Liev Tolstói)

RESUMO

A Modelagem da Informação da Construção (*Building Information Modeling* – BIM) veio ajudar a modernizar a indústria da construção civil. No Brasil, com a instabilidade do mercado AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção), o BIM se torna um diferencial para as empresas que optam por este processo. São várias as opções de uso para construtoras e sua abrangência corre por todo o ciclo de vida da edificação. Através de revisão bibliográfica e estudo de caso dentro de uma construtora, o presente trabalho visa mostrar as possíveis aplicações do BIM dentro do canteiro de obras, identificando as barreiras para sua aplicação plena. A partir do material de estudo levantado e de *survey* aplicada a funcionários da construtora estudada, são realizadas propostas de uso da Modelagem da Informação da Construção durante a fase de execução do empreendimento, ou seja, durante a obra. Apesar de serem propostas baseadas em casos de uma empresa de porte e bem situada no mercado, procurou-se generalizar de forma a que distintas construtoras possam se identificar e tirar o máximo proveito dos estudos e conclusões aqui apresentados.

Palavras-Chave: Building Information Modeling. Modelagem da Informação da Construção. BIM. Construtora. Canteiro de obra. Obra. Execução. Construção. Modelo virtual.

ABSTRACT

The Building Information Modeling (BIM) is helping to modernize the construction industry. In Brazil, faced with AEC (Architecture, Engineering & Construction) market instability, BIM becomes a differential for companies that opt for this process. There are several construction options for builders and their use throughout the lifecycle of the building. Through a bibliographic review and case study within a construction company, the present research aims to show the possible applications of BIM in construction site, identifying the barriers for its full implantation. From the study material collected and survey applied to employees of the construction company studied, proposals are made to use the Building Information Modeling during the execution phase of the project, that is, during the construction. In spite of being proposals based on cases of a company of size and well placed in the market, it was tried to generalize so that different constructors can identify and take full advantage of the studies and conclusions presented here.

Keywords: Building Information Modeling. BIM. Construction company. Construction site. Work. Execution. Construction. Virtual Model.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Tubulação colidindo com bloco de concreto	28
Figura 2 - Modelo IFC de estrutura metálica	32
Figura 3 - Peças com <i>tags</i> em um canteiro de obras	32
Figura 4 - Planta de localização da peça com <i>tag</i>	33
Figura 5 - Representação de viga conforme nível de desenvolvimento (LOD)	35
Figura 6 – Detecção no local - nova viga baldrame colidindo com bloco de concreto existente	40
Figura 7 – Atuação simplificada da construtora estudada	42
Figura 8 - Fluxograma da área de projetos antes da implantação do BIM	43
Figura 9 - Inserção do BIM na atuação da construtora estudada.....	44
Figura 10 - Setor BIM no Escritório Central.....	48
Figura 11 - Discrepância entre projeto e memorial de arquitetura.....	49
Figura 12 - Modelo de Análise de Projeto BIM	50
Figura 13 - Modelo de Análise de Projeto BIM Comentada	50
Figura 14 - Família de caixilho de vidro no padrão do Revit	52
Figura 15 - Família de caixilho de vidro adaptada para o empreendimento	53
Figura 16 - Disciplinas incompatíveis	54
Figura 17 - Nomeação de Arquivos em Revit.....	55
Figura 18 - Fluxograma do processo de modelagem na empresa estudada	56
Figura 19 - Colisão entre disciplinas de ar condicionado e elétrica.....	57
Figura 20 - 4D Cronograma inicial x Cronograma impactado	58
Figura 21 - Modelo de prancha ilustrativa para a obra	59
Figura 22 - Alvenaria com previsão para passagem de eletrocalhas	60
Figura 23 - Fluxograma do Projeto I.....	62
Figura 24 - Modelo Projeto II	64
Figura 25 - Documento de auditoria de modelagem	65
Figura 26 - Fluxograma do Projeto II.....	67
Figura 27 - Modelo do Projeto III	68
Figura 28 - Relatório de colisões apresentado por empresa terceirizada	70
Figura 29 - Legenda do relatório de colisões	70
Figura 30 - Fluxograma do Projeto III.....	72

Figura 31 - LOD por item do modelo	75
Figura 32 - Fluxograma de atualização no modelo <i>as built</i> - sem <i>laser scanning</i>	79
Figura 33 - Fluxograma de atualização no modelo <i>as built</i> - com <i>laser scanning</i>	80
Figura 34 - Uso de Dispositivos Móveis	83
Figura 35 - Uso do aplicativo BIM 360° Team	84
Figura 36 - Anotação de markup no portão	85
Figura 37 - App da empresa Tekla	86
Figura 38 - BIM 360 Team - Envio de comentário por e-mail	87
Figura 39 - Área de atuação dos participantes da pesquisa	88
Figura 40 - Idade dos participantes	89
Figura 41 - Principais Pontos Críticos do Uso do BIM.....	91
Figura 42 - Proposta 2 - Responsável pela Anotação	92
Figura 43 - Contribuição do BIM no Canteiro de Obras	93
Figura 44 - Natureza dos resultados esperados.....	94
Figura 45 - Fluxograma de um empreendimento que os projetistas não utilizam BIM	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparativo de impactos na detecção de incompatibilidades	29
Tabela 2 - Prioridades BIM para futuros projetos	45
Tabela 3 - Cursos e Palestras BIM.....	74
Tabela 4 - Softwares BIM utilizados na construtora estudada.....	76

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

2D	Duas Dimensões
3D	Três Dimensões
4D	Quatro Dimensões (3D + Tempo)
5D	Cinco Dimensões (4D + Custo)
6D	Seis Dimensões (Modelo do Virtual para Operação do Edifício)
AEC	<i>Arquitetura, Engenharia e Construção</i>
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CAU	Conselho de Arquitetura e Urbanismo
CAU/SP	Conselho de Arquitetura e Urbanismo de São Paulo
CREA	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
IPD	<i>Integrated Project Delivery</i>
LOD	<i>Level of Development</i>
MEP	<i>Mechanical, Electrical and Plumbing</i>
MOD	Mão de obra direta
MOI	Mão de obra indireta
TI	Tecnologia da Informação
USP	Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

RESUMO.....	8
ABSTRACT	9
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	10
LISTA DE TABELAS	12
LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS.....	13
1. INTRODUÇÃO	17
1.1. CONTEXTO	17
1.2. OBJETIVOS	20
1.2.1. Objetivo principal.....	20
1.2.2. Objetivos específicos.....	20
1.3. JUSTIFICATIVA	21
1.4. METODOLOGIA.....	24
1.4.1. Revisão bibliográfica	24
1.4.2. Levantamento de dados: estudo de caso	25
1.4.3. Análise, elaboração de propostas e <i>survey</i>	25
1.5. ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO	26
2. BIM NA CONSTRUTORA.....	27
2.1. DIFERENTES USOS DO MODELO BIM PARA A CONSTRUTORA.....	27
2.1.1. Modelo para coordenação, compatibilização de projetos e visualização (3D)	28
2.1.2. Modelo para Execução / Planejamento (4D)	29
2.1.3. Modelo para Estimativa de Custos (5D).....	30
2.1.4. Modelo para <i>as built</i>	30
2.1.5. Operação e Manutenção (6D)	31
2.1.6. Fabricação digital	31
2.1.7. Uso de <i>mockups</i> virtuais	33
2.1.8. Maior controle dos fornecedores e materiais.....	34
2.1.9. Análise das condições pré-existentes	34
2.2. LOD – LEVEL OF DEVELOPMENT – DEFINIÇÕES E USOS.....	35
2.2.1. Níveis de desenvolvimento do modelo	36
2.2.1.1. Nível 100	36
2.2.1.2. Nível 200	36

2.2.1.3. Nível 300	36
2.2.1.4. Nível 350	37
2.2.1.5. Nível 400	37
2.2.1.6. Nível 500	37
3. ESTUDO DE CASO	38
3.1. O BIM NA CONSTRUTORA ESTUDADA	39
3.2. PROJETO I – PROJETO PILOTO COM MODELAGEM PRÓPRIA	46
3.3. PROJETO II – MODELAGEM MISTA	63
3.4. PROJETO III – MODELAGEM TERCEIRIZADA	68
3.5. EXPERIÊNCIA NA ALEMANHA.....	73
3.6. FORMAÇÃO DOS ENVOLVIDOS.....	74
3.7. NÍVEL DE DESENVOLVIMENTO POR ITEM DO MODELO	74
3.8. SOFTWARES UTILIZADOS PELA CONSTRUTORA	75
3.9. CONSIDERAÇÕES SOBRE ESTUDO DE CASO	76
4. PROPOSTAS DE USO DO BIM PARA A CONSTRUTORA ESTUDADA	78
4.1. PROPOSTAS PARA ATUALIZAÇÃO DO MODELO AS BUILT	78
4.1.1. Proposta para atualização do modelo <i>as built</i> - sem <i>laser scanning</i>	78
4.1.2. Proposta para atualização do modelo <i>as built</i> - com <i>laser scanning</i>	79
4.2. BIM NA OBRA – VISUALIZAÇÃO NO CAMPO POR TODOS OS ENVOLVIDOS..	80
4.2.1. Criação de pranchas ilustrativas	81
4.2.2. Uso de dispositivos móveis	81
4.2.2.1. Aplicativo para celular	84
4.3. <i>SURVEY</i>	87
5. CONSIDERAÇÕES E CONCLUSÃO	94
5.1. RESULTADOS ESPERADOS	94
5.2. BARREIRAS ENCONTRADAS NA CONSTRUTORA ESTUDADA	95
5.2.1. Projetistas não usam ferramentas BIM.....	95
5.2.2. Falta de convencimento das lideranças	97
5.2.3. Dificuldade de visualização do modelo no campo (obra)	98
5.2.4. Requerimentos não claros do cliente	98
5.2.5. Imposição de uso de software específico	98
5.2.6. Suporte de TI inadequado às necessidades das ferramentas BIM	99
5.2.7. Crise no mercado da construção civil.....	99
5.2.8. Alto custo com hardwares e softwares	99

5.3. CONCLUSÃO.....	100
REFERÊNCIAS.....	102
REFERÊNCIAS CONSULTADAS	106
APÊNDICE A - TUTORIAL NAVISWORKS FREEDOM.....	107
APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO – APLICAÇÃO DO BIM NO CANTEIRO	112

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTO

O processo da Modelagem da Informação da Construção¹ - *Building Information Modeling* (BIM) – está se tornando cada vez mais presente no mercado da Construção Civil. Eastman et. al. (2011) elucida o processo BIM:

Com a tecnologia BIM, um ou mais modelos virtuais precisos de uma edificação são construídos digitalmente. Eles apoiam todas as fases de projeto, permitindo melhores análises e controle do que com os processos manuais. Quando completos, os modelos gerados computacionalmente contêm a geometria exata e os dados relevantes, necessários para dar suporte à construção, à fabricação e ao fornecimento de insumos necessários para a realização da construção. (EASTMAN et al., 2011, p.1, tradução nossa.)

A tecnologia BIM proporciona diversas formas de atuação dentro do mercado da construção civil. Um modelo digital BIM pode conter informações úteis para utilização desde a fase de concepção até o uso e operação do empreendimento.

BIS (2011) afirmou que já estava comprovado, tanto no Reino Unido quanto no exterior, que os projetistas, construtores e proprietários podem ter ganhos financeiros substanciais com a adoção dos princípios BIM.

McGraw Hill (2014) defendeu que 2014 era um momento animador no mercado global da construção civil, e quando a implantação do conceito BIM seria um grande passo positivo de mudança para construtoras de todos os tipos, tamanhos e localidades.

Devido à competição do mercado da construção civil, quando é necessária a adaptação às fases de menor demanda, as empresas buscam aprimorar seus processos internos, muitas vezes através de novas tecnologias. Dentro deste cenário, o processo BIM vem como uma alternativa promissora para a obtenção de uma

¹ Conforme tradução contida na NBR 15965 (2011).

vantagem competitiva. Porém, em períodos em que a economia brasileira passa por grande instabilidade, nota-se que isso afeta diretamente a forma com que construtores e outros agentes do mercado da construção civil percebem os benefícios da modelagem BIM. Isso porque o planejamento de médio e longo prazo destes agentes acaba sendo afetado, com os investimentos em tecnologia sendo postergados para momentos de maior estabilidade no mercado (KIMURA, 2017).

Ainda hoje, entre os agentes do mercado da construção civil há grandes diferenças de entendimento e uso do processo BIM. Enquanto algumas empresas são usuárias avançadas de ferramentas BIM, outras não sabem sequer o real significado da sigla (KIMURA, 2017).

O processo BIM não se restringe ao modelo virtual do empreendimento. Com ele é possível atuar em várias dimensões além do 3D (modelo paramétrico² com três dimensões). Surgem então definições como o 4D (modelo 3D paramétrico vinculado ao cronograma planejado), o 5D (modelo 3D paramétrico vinculado ao cronograma planejado e ao orçamento) e o 6D (modelo para operação e manutenção) (PENN STATE, 2011).

Quando um projeto executivo é desenvolvido desta forma (com o uso do BIM), ágil e meticulosa, além dos documentos típicos de um projeto executivo, outras possibilidades surgem, como planejamento, experimentação, atualização pós-execução e controle de manutenção. (CASTANHO et al., 2017, p.47)

Hoje em dia, há ainda alguns autores que utilizam definições de 7D e 8D, o primeiro representando a Sustentabilidade e o segundo a Segurança e a Saúde Ocupacional.

² Entende-se aqui por modelo paramétrico, um modelo digital com variáveis (parâmetros) que podem ser incluídos em regras, algoritmos e fórmulas matemáticas. As regras inter-relacionam os elementos e podem ser criadas pelo próprio usuário também. Para exemplificar, paredes podem ser programadas para serem criadas sempre do piso até encontrar a próxima laje, independente da altura. Um modelo paramétrico tem a capacidade de se adaptar rapidamente consistentemente a mudanças nos valores dos seus parâmetros ou dos parâmetros vinculados. Outro exemplo é de uma escada, que refaz o seu desenho quando se muda a altura (espelho como parâmetro próprio) ou o desnível (parâmetro vinculado). Além disso, informações reais são atribuídas aos elementos, por exemplo: ao consultar uma porta haverá informações sobre materiais que a compõem.

Para o âmbito deste trabalho, será considerado o uso do BIM até o 6D anteriormente mencionado.

Para uma construtora, o uso do processo BIM se estende por todo ciclo da edificação, desde o 3D até o 6D, com o objetivo de dar apoio ao setor da garantia e entregar um modelo ao cliente final que possa ser utilizado para operação e manutenção do edifício.

Devido à capacidade de armazenamento de informação, os modelos BIM são utilizados como fonte de consulta durante a obra, reduzindo, consideravelmente, os atrasos pela dificuldade na localização de informações nos projetos (MARTINS; CACHADINHA, 2012).

Algumas decisões que alteram ou complementam o projeto, tomadas pelo pessoal responsável pela execução da obra, são uma improvisação causada por projetos incompletos. O bom uso de ferramentas BIM proporciona a redução destas improvisações, de retrabalhos, custos e diminuição das intervenções pós-obra (CASTANHO et al., 2017).

Diversos pesquisadores têm explorado as dificuldades comumente encontradas em projetos, como a falta de qualidade resultante da deficiência de integração entre projetistas e seus projetos (CAIADO; SALGADO, 2006).

Eastman et al. (2011) defende que o modelo pode dar suporte às avaliações de performance durante a fase projetual, aumentando assim a qualidade e o desempenho da produção.

O BIM vem auxiliar as construtoras a diminuir os problemas de compatibilização e de falta de detalhamentos nos projetos executivos, através da detecção de interferências e outras ferramentas. Ao realizar a construção de forma virtual promove-se uma melhora da qualidade do projeto executivo, renunciando soluções para problemas que muito provavelmente, como infelizmente é costume, só seriam descobertos no momento da execução, impactando diretamente no prazo e, por conseguinte, no custo da obra. O processo BIM com a utilização das ferramentas apropriadas pode diminuir as incertezas, garantindo que os custos assumidos e os prazos acordados inicialmente com o cliente, tenham seus riscos minimizados.

1.2. OBJETIVOS

O mestrado profissional tem como um de seus objetivos contribuir para aumento de produtividade nas empresas, no âmbito público e privado (MEC, 2009). Por isso, esta dissertação visa contribuir para a melhor utilização do processo BIM durante a obra dentro da construtora estudada neste trabalho, aumentando assim sua produtividade e qualidade no produto final entregue.

1.2.1. **Objetivo principal**

O objetivo principal deste trabalho é a elaboração de diretrizes para aumentar a eficiência da utilização do modelo BIM por uma construtora, durante a construção de um empreendimento.

1.2.2. **Objetivos específicos**

Na elaboração de diretrizes inclui-se a avaliação de ferramentas e métodos que permitam:

- Atualizar mais rapidamente e com maior precisão o modelo BIM durante a obra (*as built*);
- Aprimorar a utilização das informações do modelo BIM na obra pelos arquitetos, engenheiros, técnicos e mestres, locados no canteiro (mão de obra indireta – MOI);
- O contato da mão de obra direta (MOD) com o modelo BIM para que utilizem o modelo como consulta para a execução dos serviços no campo.

1.3. JUSTIFICATIVA

Ao observar a situação atual do setor da construção civil brasileiro, percebe-se algumas vezes uma lacuna entre o projeto e a execução. As dificuldades com o projeto vão desde a baixa qualidade (como falta de desenhos para a completa compreensão do projeto, falta de cotas, de informações, etc.) até o elevado número de falhas (como incompatibilidades, entre disciplinas e dentro da mesma disciplina, por exemplo) no projeto executivo.

A falta de integração entre as atividades de projetar e construir provoca uma série de desperdícios e patologias. Serviços refeitos e alterações improvisadas, decorrentes de projetos não compatibilizados, a ausência de detalhe nos projetos, e as decisões tomadas por pessoas não capacitadas ou em momentos inadequados são frequentes (ARROTÉIA, 2013, p.22).

Arrotéia (2013) defende que melhorar a comunicação do projeto para a obra é um dos caminhos para se reduzir a distância entre o projeto e a execução. Andery, Campos e Arantes, 2012 (2012)) defendem que o projeto impacta diretamente na qualidade da obra tanto em relação ao prazo quanto em relação ao custo, gerando também qualidade ao produto final.

Há mais de dez anos, a falta de cooperação entre os agentes da cadeia produtiva dinamarquesa foi apresentada pela *National Agency for Enterprise And Construction* (2006). O Brasil também compartilhava essa visão e, ainda hoje, é observada essa falta de cooperação, materializada também na dificuldade da percepção de que todos trabalham pelo mesmo objetivo. Manzione (2013) afirma que as interações escassas entre os membros da equipe é um dos cinco principais fatores problemáticos dentro de uma organização. Zegarra, Frigieri, Cardoso (1999) comentam que dentro de uma construtora, os diferentes setores normalmente atuam de formas independentes entre si. Kolaric, Pavlovicm Vukomanovic (2015) citam a grande lacuna de integração também observada na Croácia, envolvendo todos os participantes do mercado da construção civil. Na pesquisa de McGraw Hill (2014) a colaboração proporcionada pelo BIM entre construtora, cliente e projetistas está entre os três principais benefícios elencados pelas empresas participantes da pesquisa.

O BIM surge como um processo vantajoso para toda a cadeia construtiva e em todo o ciclo de vida da edificação. Dentro do fluxo de trabalho de cada construtora, o BIM pode estar presente desde a obtenção do contrato até a entrega da obra, estendendo-se inclusive para o período de garantia, dando assistência ao contrato. As metas a serem alcançadas a partir da incorporação do processo BIM podem incluir a redução na duração do cronograma, melhora na produtividade da obra, melhora de qualidade, redução de custos das solicitações de mudança, obtenção de importantes dados para a operação do empreendimento, entre outros (PENN STATE, 2011).

(O BIM) fornece a base para construtoras economizarem tempo e dinheiro, criando rapidamente simulações (tempo / custo / construtibilidade), permitindo planejar e testar virtualmente um projeto, antecipando problemas antes de se tornarem muito caros. (FERNANDES, 2013, p.17)

As construtoras pesquisadas por McGraw Hill em 2014 consideraram a redução de erros, omissões e retrabalhos, redução do custo de construção, redução da duração do projeto e melhora na segurança os principais benefícios decorrentes da incorporação do processo BIM. Dentre as construtoras brasileiras participantes da pesquisa, 41% elegeram como fator principal, a melhoria da imagem da empresa com a implantação do BIM. Além disso, a redução de retrabalhos afeta positivamente o custo e a duração da obra, assim como melhora os índices de produtividade e a qualidade do produto final (MCGRAW HILL, 2014).

Os resultados (do uso do BIM) revelam uma clara melhoria na qualidade do projeto de engenharia, em termos de desenho livre de erros e aumentando continuamente a melhoria da produtividade do trabalho. (KANER, SACKS, KASSIAN, 2008)

No entanto, o processo BIM pode não funcionar bem na fase construtiva devido a diversos fatores. Entre eles está o fato do modelo chegar defasado na obra (sem as atualizações conforme revisões dos projetos envolvidos). Adicionam-se a este fator as dificuldades relacionadas à conscientização e ao real conhecimento das potencialidades deste processo durante a execução do empreendimento (SANTOS,

2016). Além disso, quando o modelo BIM é utilizado em uma obra, nem sempre a mão de obra direta tem acesso a ele (BERLO; NATROP, 2015).

O projeto *as built* faz parte da documentação que deve ser entregue pela construtora a seu cliente. A construtora que trabalha com subempreiteiros, normalmente, recebe os projetos *as built* de instalações dos mesmos. Ao se trabalhar dentro do processo BIM, o ideal é que todos os projetos sejam realizados dentro de softwares BIM, incluindo os projetos de fornecedores (*shopdrawings*) como, por exemplo, projeto de montagem de estrutura metálica, projeto de elevador, etc. Diante disso, há uma dificuldade em se obter um modelo *as built* no final da obra. Isso porque durante a execução de um empreendimento algumas alterações se fazem necessárias e, em alguns casos, não há pessoas e/ou recursos disponíveis para atualização do modelo. O resultado é um modelo defasado no final da obra, como afirma Martins e Cachadinha (2012):

Uma vez criados, os modelos mantêm-se inalterados, não contemplando muitas das alterações que, frequentemente, são introduzidas no projecto original. Para além disso, um conjunto importante de informações relacionadas, por exemplo, com o processo de montagem de equipamentos, deve ser anexada aos modelos para que, na fase de manutenção, os processos de reparação e substituição sejam facilitados. Assim, surge a necessidade de actualização dos modelos BIM 3D, transformando-os em verdadeiros modelos *as-built*. (MARTINS; CACHADINHA, 2012, p.3)

Diante do exposto, faz-se necessária uma boa análise dos processos atuais para aumento da eficiência da utilização do modelo BIM durante a execução de um empreendimento, que possa proporcionar o uso do modelo por todo o decorrer da obra e, ao final, um modelo *as built* preciso.

Em relação à utilização do modelo no canteiro de obras, é necessário explorar possibilidades de contato da mão de obra direta com o modelo BIM. Para a mão de obra indireta é necessário aprimorar o uso do modelo, e não só o contato pelos colaboradores durante a fase de obra.

1.4. METODOLOGIA

A metodologia de pesquisa deste trabalho foi dividida em três fases, sendo:

- Revisão bibliográfica;
- Levantamento de dados e estudo de caso;
- Elaboração de propostas e *survey*.

1.4.1. Revisão bibliográfica

A pesquisa bibliográfica consistiu em estudos sobre os temas vinculados à utilização do processo BIM por empresas construtoras, desde a implantação até a fase de construção. Foram pesquisados em especial diferentes métodos e processos que facilitam a atualização do modelo BIM no decorrer da obra. Também foram averiguadas opções existentes de softwares gratuitos e dispositivos móveis para a utilização do modelo no ambiente da obra.

Um manual sobre o uso do BIM é apresentado por Eastman et al. (2011), demonstrando como funciona a implantação do BIM e seus impactos nos diversos agentes do mercado da construção civil. Há capítulos direcionados para cada agente, incluindo um específico para os construtores. Nele são abordados diferentes aspectos da aplicação do BIM pelas construtoras, considerando as diferenças de tamanhos de empresa.

Penn State (2011) apresenta um guia para elaboração de um plano de execução BIM. Neste trabalho é possível encontrar diversos fluxogramas das áreas envolvidas com a implantação BIM dentro das empresas.

Em 2014, a McGraw Hill fez uma pesquisa online sobre implantação e uso do BIM com 727 empresas em 10 países diferentes, incluindo o Brasil. Muitas opiniões foram levantadas como, por exemplo: quais os principais benefícios com a implantação do BIM, qual o nível da implantação do BIM em cada construtora, qual o retorno dos investimentos em BIM, qual a influência de alguns governos internacionais na implantação do BIM nas empresas, entre outros. (MCGRAW HILL, 2014).

1.4.2. Levantamento de dados: estudo de caso

Baseado no objetivo de elaboração de diretrizes para aumentar a eficiência da utilização do modelo BIM por uma empresa construtora, durante a construção de um empreendimento, foi escolhida a metodologia de estudo de caso para análise do andamento da utilização do BIM. Para tanto, foram selecionados três empreendimentos. Como no estudo de caso não se deve intervir sobre o objeto estudado, mas sim revelá-lo conforme a percepção do pesquisador (FONSECA, 2002), a pesquisadora teve acesso às informações nos projetos específicos, porém sem participar diretamente das decisões do processo.

A partir deste estudo de caso, foram realizadas as seguintes atividades:

- Análise do histórico e escolha de obras;
- Levantamento e separação do material dos projetos escolhidos;
- Identificação e caracterização dos agentes envolvidos;
- Identificação dos principais pontos críticos na utilização do BIM durante a fase construtiva³.

1.4.3. Análise, elaboração de propostas e *survey*

Após as atividades anteriores, foram realizadas análises sobre o processo de implantação do BIM na empresa estudada e sobre as dificuldades e barreiras encontradas na utilização do BIM durante a construção pela mão de obra direta e indireta. Posteriormente, esses dados serviram de diretrizes de encaminhamentos para superar ou amenizar tais dificuldades.

Foi realizada uma pesquisa de campo (*survey*) com o objetivo de recolher opiniões dos colaboradores da construtora estudada em relação aos encaminhamentos sugeridos neste trabalho. A *survey* buscou obter informações de um determinado

³ Nessa dissertação considera-se a fase construtiva aquela em que os projetos já foram completados e as informações teoricamente encontram-se disponíveis para que as equipes de produção, montagem e fabricação sigam as indicações dos projetos e as convertam em realidade física, material. Exemplos: Execução de alvenarias, montagem de estrutura metálica, execução de estrutura de concreto moldado in loco, etc.

grupo de pessoas, tendo como instrumento de pesquisa, um questionário (FONSECA, 2002). Essa pesquisa consistiu em levantar elementos para:

- Identificação e caracterização dos agentes envolvidos;
- Identificação dos principais pontos críticos na utilização do BIM para os agentes entrevistados,
- Análise da utilização das interfaces BIM dentro do escritório central da empresa estudada;
- Diagnóstico dos processos atuais de apoio à execução de obras;
- Diagnóstico, com base nas opiniões dos colaboradores entrevistados, sobre as propostas sugeridas neste trabalho;
- Análise de possíveis extensões deste trabalho.

1.5. ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho é estruturado em cinco capítulos.

No **primeiro capítulo** consta a introdução com a contextualização, objetivos, justificativa e métodos de pesquisa.

O **segundo capítulo** aborda o tema BIM dentro de uma empresa construtora, com suas possibilidades de uso conforme o tipo do modelo, levando em consideração o nível de desenvolvimento do modelo (*Level of Development*).

O estudo de caso dentro de uma empresa construtora é abordado no **terceiro capítulo**, composto por três projetos da empresa em que foram utilizados o processo BIM e a experiência na matriz da Alemanha.

O **quarto capítulo** aborda as propostas de uso do BIM dentro da empresa construtora estudada.

As considerações finais e conclusões são apresentadas no **quinto capítulo**.

2. BIM NA CONSTRUTORA

A construtora que entra no processo de um empreendimento desde a fase da concepção do projeto, tem uma maior facilidade de implantar o BIM do que a construtora que participa da concorrência ou licitação, entrando após a total ou quase total conclusão do projeto (EASTMAN et al., 2011). O construtor pode colaborar desde a fase de projeto com seus conhecimentos sobre a execução, fazendo com que os processos sejam mais integrados e colaborativos. Desta forma, o BIM é mais facilmente aceito nas construtoras que participam dos processos desde o princípio, por entenderem sua importância e eficácia proporcionada pela sua utilização, colaborativamente, entre todos os envolvidos.

A abordagem IPD (*Integrated Project Delivery*) inclui o processo BIM como uma importante ferramenta de suporte à Entrega Integrada de Projeto (AIA, 2007).

IPD é uma abordagem de entrega de projetos que integra pessoas, sistemas, estruturas de negócios e práticas num processo que aproveita de forma colaborativa os talentos e percepções de todos os participantes para otimizar os resultados do projeto, incrementar valor para o proprietário, reduzir perdas e maximizar a eficácia através de todas as fases do projeto, da fabricação e da construção. (AIA, 2007, p. 2, tradução nossa).

Ao optar-se pela implantação do processo BIM em uma construtora, deve-se, primeiramente, definir quais os objetivos e necessidades desta empresa em relação ao BIM. É importante definir o uso que o modelo BIM terá em cada projeto/obra dentro da empresa. Isso, porque cada modelo possui características específicas, de acordo com sua funcionalidade.

2.1. DIFERENTES USOS DO MODELO BIM PARA A CONSTRUTORA

Existem diversas possibilidades de uso de ferramentas BIM dentro das construtoras. Para tanto, é necessário analisar as características de cada empresa, com suas peculiaridades e objetivos específicos. Neste tópico, descrevem-se os principais objetivos do processo BIM para construtoras, sendo alguns deles abordados por

Kreider e Messner (2013). É necessário definir o uso que o modelo terá, para depois definir qual o nível de desenvolvimento do mesmo. A seguir, os diferentes tipos de modelo conforme sua finalidade.

2.1.1. Modelo para coordenação, compatibilização de projetos e visualização (3D)

Através da modelagem da edificação voltada para a execução, é possível detectar com antecedência, as incompatibilidades de projeto e, desta forma, procurar as melhores soluções dentro do prazo estabelecido. A Figura 1 ilustra a colisão de uma tubulação hidráulica com um bloco de fundação, com tabela explicativa (Tabela 1) que representa as principais diferenças da detecção antecipada em relação à detecção in loco, ou seja, no campo, no momento da execução.

Figura 1 - Tubulação colidindo com bloco de concreto

Fonte: Autora

Tabela 1 - Comparativo de impactos na detecção de incompatibilidades

	Detecção de incompatibilidade no local	Detecção de incompatibilidade com BIM
Custo Direto	Refazimentos	Softwares e hardwares
Custos Indiretos	Pleitos de subcontratados, mão de obra parada, equipamentos parados, etc.	mão de obra especializada
Prazos	Atraso no cronograma	Tempo necessário para detectar e corrigir incompatibilidades antes da execução

Fonte: Autora

É necessária a modelagem das principais disciplinas envolvidas para que possa ser realizada a detecção de incompatibilidades e colisões, com emissão de relatórios, para então a realização da compatibilização de projetos.

Este modelo deverá ter seu LOD (Nível de desenvolvimento do modelo - ver item 2.2 deste trabalho) determinado conforme a definição dos critérios da compatibilização a ser realizada.

Parreira e Cachadinha (2012) explana que ainda com o BIM é possível reduzir o número de contestações por parte do cliente, pois é possível realizar a validação do produto pela comparação do que foi entregue (empreendimento) com o projeto, no modelo 3D. Para isso, é importante que o modelo contenha todas as informações de alterações que foram realizadas durante a execução do empreendimento, ou seja, um modelo *as built*.

2.1.2. Modelo para Execução / Planejamento (4D)

Este modelo é diferente por representar simultaneamente elementos permanentes e temporários, que dão suporte à logística da obra como, por exemplo, elevadores cremalheiras, guias e guindastes. Todos esses elementos são vinculados ao cronograma de construção e podem incluir recursos de mão de obra e materiais (PARREIRA; CACHADINHA, 2012).

O modelo de planejamento da sequência construtiva pode servir de apoio para monitoramento e prevenção de segurança dentro da obra (PARREIRA; CACHADINHA, 2012).

Nesta fase pode-se elaborar também um plano de acompanhamento do cronograma físico, que possibilita o conhecimento da real situação da programação, e ajudar mais efetivamente a propor soluções para melhorar a produtividade, ou adaptar o que foi planejado, ou até mesmo replanejar atividades que sofreram atrasos ou interferências.

O ideal é que a modelagem (3D) seja realizada de acordo com a setorização do plano de ataque definido pelo planejamento.

2.1.3. Modelo para Estimava de Custos (5D)

Este modelo pode ser o mesmo que o modelo para a compatibilização de projetos, desde que este último, possua o LOD (Nível de desenvolvimento do modelo) abrangente para os itens do orçamento. Neste modelo, todos os itens que deverão estar no orçamento precisarão estar identificados de acordo com a codificação das atividades contidas no cronograma para a automação da junção do 4D e do 5D.

Com este modelo é possível gerar automaticamente quantitativos para estimativa de custos. É possível analisar os impactos que alterações no projeto podem gerar economicamente (PARREIRA; CACHADINHA, 2012).

Também é possível gerar desenhos e quantitativos para a realização de compras dando suporte à área de suprimentos.

2.1.4. Modelo para *as built*

Este é o modelo mais completo. É desenvolvido durante a obra, a partir do modelo de visualização, e inclui todas as alterações realizadas durante o período da execução do edifício (modelo *as built*).

2.1.5. Operação e Manutenção (6D)

Uma vantagem do uso do BIM pela construtora é a possibilidade de oferecer ao cliente um modelo para o *Facility Management* (FM).

Para o uso da operação e manutenção, o modelo deve conter informações relativas a estas funções vinculadas aos elementos modelados, como por exemplo, as instruções de montagem dos equipamentos, para que durante a fase de operação possam ser utilizadas na manutenção ou reparo do equipamento (PARREIRA; CACHADINHA, 2012). Informações como número de série, garantias e históricos de manutenção preventiva e corretiva, também podem dar suporte à operação do edifício pelo usuário final. Estas informações são incluídas a partir do modelo *as built*.

O modelo 6D deve prever a possibilidade de alteração do mesmo em caso de necessidade de reforma, *retrofit* ou mesmo apenas a reorganização dos *facilities* do empreendimento (FERNANDES, 2013).

2.1.6. Fabricação digital

A partir do modelo, peças são enviadas diretamente para a fabricação. Em alguns segmentos, isso já ocorre com maior frequência, como o de estrutura metálica, por exemplo. A estrutura metálica, na maioria dos casos, é calculada em softwares que geram o modelo IFC⁴ (*Industry Foundation Classes*). As peças são fabricadas a partir deste projeto executivo e chegam na obra com as mesmas *tags* (identificação por peça) geradas no modelo. Desta forma, a construtora consegue rastrear com maior facilidade e conferir se o posicionamento das peças está de acordo com o projeto. A Figura 2 representa o modelo em formato .ifc, entregue por uma montadora de estrutura metálica, juntamente com o projeto de montagem. As peças deste modelo possuem as mesmas *tags* conforme foram entregues na obra (Figura 3), que podem ser localizados na planta, conforme Figura 2.

⁴ IFC (Industry Foundation Classes) é um formato aberto para livre transferência de arquivos entre softwares BIM. Entende-se aqui por aberto o fato de estar desvinculado de uma organização com fins lucrativos.

Figura 2 - Modelo IFC de estrutura metálica

Fonte: Empresa de montagem de estrutura metálica parceira da construtora estudada

Figura 3 - Peças com *tags* em um canteiro de obras

Fonte: Autora

Figura 4 - Planta de localização da peça com *tag*

Fonte: Trecho de desenho elaborado por empresa de montagem de estrutura metálica

2.1.7. Uso de *mockups* virtuais

Através do modelo BIM é possível a utilização de *mockups* virtuais.

Durante a execução de um empreendimento, o cliente muitas vezes aprova os acabamentos através de amostras, e em casos específicos, com a execução de protótipos ou *mockups*. Com o modelo virtual, é possível demonstrar os impactos que as diferentes opções do cliente causariam no empreendimento, sem a necessidade de realizar um protótipo no local, proporcionando uma tomada de decisão mais rápida e com menor custo.

O *mockup* virtual é gerado pelo software de modelagem e é usado para analisar a complexidade dos sistemas construtivos, melhorando o planejamento, a produtividade, a construtibilidade de sistemas complexos, entre outras vantagens (PENN STATE, 2011). Nas análises de alternativas é possível realizar comparativos de desempenho de dois tipos de fachadas, por exemplo, uma fachada com caixilhos de vidro e outra com a aplicação de *brises*. Através do *mockup* virtual é possível analisar o impacto estético, econômico e de conforto térmico.

2.1.8. Maior controle dos fornecedores e materiais

Com o vínculo do modelo tridimensional ao cronograma (4D) é possível gerar relatórios de quais fornecedores estão trabalhando no instante da análise, quais materiais deveriam estar na obra, para a execução dos serviços e quais materiais precisam ser programados para compra, e ainda vincular as informações necessárias com a localização dos equipamentos temporários, como guas e cremalheiras, por exemplo (PARREIRA; CACHADINHA, 2012).

2.1.9. Análise das condições pré-existent

Através da modelagem do terreno, é possível fazer análises de implantação do novo empreendimento, visando custo e prazo para a construtora. O projetista de arquitetura pode realizar diversas análises. Essas análises podem ser estéticas, através de estudos de massa e volumetria ou mesmo ambientais, como o estudo do melhor posicionamento do edifício para aproveitamento solar, por exemplo. Desta forma, a construtora pode, desde o início, prever o impacto no custo e prazo da obra, de acordo com as decisões iniciais tomadas. Essa opção é especialmente válida para as construtoras que entram no processo do empreendimento desde a fase inicial de concepção de projeto ou ainda para construtoras que trabalham também com a incorporação de empreendimentos.

2.2. LOD – LEVEL OF DEVELOPMENT – DEFINIÇÕES E USOS

Para determinar o escopo da modelagem, é necessário definir previamente o nível de detalhes que o modelo terá. O LOD, *Level of Development*, ou Nível de Desenvolvimento representa a quantidade de informações contidas no modelo. Conforme o aumento da numeração (100, 200, 300, etc.), a quantidade de detalhamento do modelo aumenta gradativamente, para dar suporte às diferentes fases do projeto.

O AIA – *American Institute of Architects* (2013) define os LODs, e os classifica em níveis: 100, 200, 300, 400 e 500. No documento do BIMForum (2015), foi proposto e desenvolvido o LOD 350, que é de bastante utilidade para a rotina da construtora. Tal definição também será abordada neste trabalho.

O BIMForum (2015) apresenta como a complexidade de um elemento modelado vai aumentando a medida que o LOD também aumenta. A Figura 5 representa uma mesma treliça desde o LOD 100, com uma simples volumetria, até o LOD 400 com um maior detalhamento.

Figura 5 - Representação de viga conforme nível de desenvolvimento (LOD)

Fonte: BIMForum (2015)

2.2.1. Níveis de desenvolvimento do modelo

2.2.1.1. Nível 100

No nível 100 o modelo tem um caráter mais conceitual. O modelo não é necessariamente representado por uma volumetria. Segundo a interpretação do BIMForum (2015), as informações podem estar vinculadas a outros elementos modelados ou a símbolos, mas não necessariamente com formas, tamanhos ou localizações definidas. Uma edificação é representada por um volume simples. As informações são aproximadas.

Exemplos de utilização: Estudos, projeto conceitual.

2.2.1.2. Nível 200

No nível 200, os elementos são representados genericamente, com quantidades e dimensões. Não inclui a composição interna dos elementos, apenas a camada primária de cada estrutura, ou seja, não inclui acabamentos, pinturas, isolamentos, emboço, etc. A localização e a orientação também são aproximadas.

Exemplos de utilização: levantamentos simplificados como volume e quantidade de tipos de elementos. Projeto Básico, Anteprojeto.

2.2.1.3. Nível 300

No nível 300, os elementos modelados contêm informações precisas sobre a orientação, localização, quantidade, dimensões, além da forma. Informações podem ser vinculadas aos elementos.

Exemplos de utilização: Documentos para construção e contratação, análises mais detalhadas (AIA, 2013). Projeto Executivo.

2.2.1.4. Nível 350

Segundo o AIA (2013), nesse nível há a interface com os outros sistemas construtivos.

Segundo o BIMForum (2015) aqui são modelados os elementos necessários para que haja a coordenação dos projetos. As conexões e suportes das instalações, por exemplo, são modeladas.

Exemplos de utilização: Coordenação de projetos, relatórios de compatibilidade, uso do modelo no canteiro, acompanhamento da obra.

2.2.1.5. Nível 400

Nesse nível de desenvolvimento, além das informações já contidas nos níveis anteriores, há maiores detalhamentos referentes à fabricação, montagem da edificação.

Exemplos de Utilização: Modelo para Fabricação de peças e montagem de elementos construtivos.

2.2.1.6. Nível 500

O nível 500 é usado para representar o modelo certificado para um determinado fim.

Exemplos de Utilização: Modelo *as built*, modelo para gestão e operação do edifício.

3. ESTUDO DE CASO

A empresa estudada é uma construtora multinacional de grande porte, com sua sede no Brasil situada em São Paulo. Atua nas áreas de edificações, infraestrutura e industrial. Em 2016 seu faturamento foi acima de R\$ 600 milhões e em 2017 foi de mais de R\$ 1.100 milhões. Possui mais de 50 anos de atuação no Brasil, com mais de sete milhões de metros quadrados construídos.

Além da construção, empresa oferece a opção de realizar a coordenação de projetos, com objetivo de garantir que o empreendimento fique dentro do orçamento disponível determinado pelo cliente, nesta fase de pré-construção. Nesta fase, são realizadas as contratações de projetistas e também a coordenação de projetos com engenharia de valor, por equipe interna da construtora. Desta forma, a construtora entrega ao final desta fase um orçamento consolidado com base nos projetos desenvolvidos. Este orçamento será a base para a realização do contrato de execução da obra, que normalmente segue o formato PMG (Preço Máximo Garantido).

Até o momento, a construtora estudada não realizou nenhuma pré-construção em BIM.

Na pesquisa realizada por McGraw Hill (2014) com construtoras, foram elencados os três principais benefícios gerados com uso do BIM durante a fase de pré-construção, sendo: coordenação multilateral, visualização da intenção do projeto e modelagem para avaliação de construtibilidade os três itens mais pontuados. Em quarto lugar ficou a extração de quantidades a partir do modelo, e em quinto ficou a integração do modelo com o cronograma (4D). Estes benefícios serão avaliados dentro da fase de pré-construção na construtora estudada.

Durante a pré-construção, a primeira ideia de projeto é desenvolvida pelo projetista de arquitetura e então os projetos executivos são desenvolvidos paralelamente pelas demais disciplinas. Por fim, todos são compatibilizados pelo projetista de arquitetura. Como o serviço de pré-construção é oferecido pela própria construtora, ela é responsável por acompanhar de perto e coordenar todo esse desenvolvimento de projeto até a compatibilização final. Por esta razão, a coordenação multilateral (item mais pontuado na pesquisa) é importante para que todos possam acompanhar de

perto todo o processo projetual e visualizar desde o princípio a intenção de projeto (segundo item mais pontuado na pesquisa). A modelagem para avaliação da construtibilidade (terceiro item mais pontuado na pesquisa) é muito importante para que a construtora possa analisar desde o início do processo se a proposta de projeto é viável ou não, de acordo com as necessidades do cliente.

3.1. O BIM NA CONSTRUTORA ESTUDADA

Em 2016, a empresa era organizada em três diretorias. As obras tinham estruturas independentes, porém as grandes contratações de subcontratados e/ou materiais como concreto, elevadores, aço, etc. eram realizadas pelo escritório central. Além disso, todas as obras reportavam-se ao escritório central mensalmente.

O surgimento da ideia de utilização do BIM na obra ocorreu dentro da Diretoria de Edificações. No escritório central havia uma gerente e uma arquiteta de projetos, dando apoio nas concorrências e às atividades ligadas a fase de pré-construção, como contratação de projetistas para o cliente, coordenação de projetos, etc.

Ocorria, com certa frequência, no momento da execução a detecção de incompatibilidades entre projetos, o que gerava retrabalhos, horas paradas, com impactos no cronograma e no custo da obra. A Figura 6 exemplifica uma interferência detectada durante a obra. Na execução da escavação da fundação, para realização das vigas baldrame, foi detectada que a mesma colidiria com um bloco de concreto de um pilar, em uma construção existente que delimita o terreno da obra.

Figura 6 – Detecção no local - nova viga baldrame colidindo com bloco de concreto existente

Fonte: Obra da construtora estudada

Nas concorrências e pré-construções havia a necessidade de rápidos estudos de engenharia de valor, de levantamentos de quantidades para orçamento, de rápidas composições de custo, de análises da logística pensada para a execução, e a aplicação do conceito de modelagem da informação da construção vinha como uma forte possibilidade de apoio para melhoria significativa nesses processos.

As primeiras tratativas de inclusão do conceito BIM dentro da empresa enfrentaram resistência. Essas resistências partiram desde os arquitetos e engenheiros, que estavam com medo de serem substituídos pela falta de conhecimento neste novo processo, até aos cargos de gestão, que acreditavam que o processo BIM representava uma moda do mercado e que exigia altos investimentos iniciais com hardwares e softwares. Foram necessárias apresentações à presidência e à diretoria para a explicação das possibilidades de melhoria dos processos com a implantação do conceito pela empresa. A partir de reunião da gerência de projetos e da presidência da empresa, foi estipulada e disponibilizada uma verba para início das atividades relacionadas à implantação deste novo processo.

Em seguida ao momento em que a construtora em questão optou pela implantação de um processo BIM, foram definidos os objetivos a serem alcançados:

- Obter maior qualidade dos projetos, através da detecção antecipada das interferências entre disciplinas;
- Reduzir retrabalhos proporcionando redução nos custos de projeto e produção, e consequente aumento de produtividade;
- Analisar mais profundamente a logística e sequência executiva do empreendimento, aprimorando o planejamento e organização das obras;
- Utilizar as ferramentas BIM no canteiro de obras, para melhor controle do prazo e da qualidade do serviço executado;
- Maior agilidade e precisão nos orçamentos;
- Reduzir os custos com a garantia;
- Proporcionar possibilidades de operação e manutenção, utilizando o modelo.

Neste ponto, é importante ressaltar que não houve estabelecimento de como estes objetivos seriam alcançados nem foi definida forma de medir a evolução de cada meta dentro da empresa. Posteriormente, foram criados objetivos específicos para futuros projetos BIM, que serão apresentados adiante.

Foi detectada a necessidade de contratar uma consultoria externa para realizar um diagnóstico de quais áreas seriam impactadas com a implantação do BIM. Sendo assim, foi necessário fazer uma análise dos processos existentes em cada área da empresa. Para isso, foram realizadas reuniões com as chefias de cada setor juntamente com o setor de projetos e a empresa consultora para entender o funcionamento de cada área e então, estudar a necessidade de adaptá-los ao novo processo proposto.

A consultoria recomendou que fossem aprimorados os hardwares, principalmente com melhoras nas placas de vídeo e memória RAM, e indicou modelos de workstations. Também pontuou melhorias nos pacotes de softwares BIM. Com relação ao funcionamento da empresa, a consultoria apontou que seria necessário que a área de planejamento tivesse um entendimento sobre o funcionamento dos softwares de modelagem. Com isso, poderiam entender a importância da criação de padrões que acompanhassem o cronograma e estivessem diretamente relacionados com as

atividades do orçamento. Para a área de instalações, foi sugerido um treinamento sobre o uso dos softwares de modelagem, para que pudessem ajustar os modelos durante a obra e pós-obra. A área de orçamentos recebeu como sugestão um treinamento básico sobre o software de modelagem para extração de quantidades e estruturação dos padrões de modelagem para atendimento das necessidades do orçamento. A consultoria reforçou a necessidade da criação de um Plano de Execução BIM para padronizar e organizar, entre outros pontos, a comunicação entre as áreas analisadas. Para a área de manutenção e garantia foi sugerido um software para utilização do modelo BIM na manutenção e funcionamento do empreendimento (6D). Por fim, a consultoria propôs que a empresa criasse um setor BIM, liderado por um gerente BIM. Este setor seria o responsável pela organização e implantação do BIM na empresa como um todo.

Na Figura 7 encontra-se uma representação simplificada da atuação da construtora estudada, antes da implantação do processo BIM.

Figura 7 – Atuação simplificada da construtora estudada

Fonte: Autora

A área de projeto, que liderou todo o processo de implantação do processo BIM, atuava desde a fase da concorrência até a entrega do *as built*, dentro da obra. A Figura 8 ilustra como funcionava o fluxo de trabalho na área de projetos antes da implantação do BIM.

Figura 8 - Fluxograma da área de projetos antes da implantação do BIM

Fonte: Construtora estudada

Segundo diagnósticos resultantes das reuniões com as chefias, a conclusão alcançada é que o BIM entraria desde o orçamento para novas oportunidades, com o uso do modelo digital nas concorrências, até a assistência técnica, para dar apoio ao setor de garantia. A Figura 9 ilustra a inclusão do BIM no fluxograma de atuação da construtora estudada.

Figura 9 - Inserção do BIM na atuação da construtora estudada

Fonte: Autora

Foi realizado um curso sobre Coordenação de Projetos em BIM, envolvendo a equipe de projetos do escritório central (gerente, coordenadora e arquiteta).

Neste momento foi realizado um novo contrato com a empresa consultora, com o intuito de dar apoio à implantação do BIM na construtora, uma vez que anteriormente se tinha feito somente um diagnóstico. Assim, foram definidos alguns objetivos para

os futuros projetos, relacionados na Tabela 2. Porém, novamente não foram discriminadas as expectativas correspondentes a cada objetivo, assim como prazos e recursos para atingi-las. Também não houve acompanhamento para verificação das metas, ou mesmo uma análise de riscos, pontuando as maiores dificuldades envolvidas.

Tabela 2 - Prioridades BIM para futuros projetos

Objetivo	Potenciais Usos BIM	Prioridade
Garantir que a construção cumpra com o cronograma.	Modelagem do terreno e condições existentes (3D); Planejamento da utilização do terreno (4D); Planejamento da execução da obra (4D).	Alta
Engenharia de valor - Identificar oportunidades de economia.	Coordenação de Projetos (3D); Planejamento (4D); Orçamento (5D); Fabricação digital.	Alta
Garantir que a construção cumpra com o orçamento.	Coordenação (3D); Planejamento (4D); Orçamento (5D).	Média
Assegurar o cumprimento das metas de qualidade.	Coordenação (3D); Análises de desempenho; Fabricação digital.	Baixa
Simplificar entregas.	Documentação a partir do modelo (2D e 3D); modelagem de registro (<i>as built</i>).	Baixa

Fonte: Autora

Devido à ideia de envolver outras pessoas e áreas para trabalharem em conjunto no futuro, foi detectada a necessidade de uma formalização da implantação deste novo processo através de documentação, padronizando as atividades principais. Para isso, foi iniciado o Plano de Implementação BIM com o apoio da consultoria externa. Ele contém todas as diretrizes da implantação na empresa.

Mesmo com a participação da consultoria externa, havia muitas resistências internas à implantação do BIM. Algumas pessoas estavam agarradas a ideia de que sempre desempenharam suas funções de determinado modo e, de repente, sua rotina teria que ser alterada radicalmente. Alguns gerentes que já tinham o conhecimento, se mantiveram resistentes apenas pelo custo inicial, devido ao medo de não conseguir o retorno financeiro.

Foi definido pela gerência de projetos do escritório central e a diretoria, que seria necessário um projeto piloto para colocar na prática o que tinha sido desenvolvido pela equipe envolvida e incluído no Plano de Implementação até o momento.

A seguir, serão apresentados três projetos que foram objetos de inclusão do processo BIM. Cada um com suas peculiaridades, que serão descritas e que, de certa forma, se complementaram para a obtenção de uma experiência mais consolidada sobre possibilidades de modelagem e atuação da construtora.

3.2. PROJETO I – PROJETO PILOTO COM MODELAGEM PRÓPRIA

Para a escolha do piloto dentre os projetos em andamento, considerou-se aquele que aparentemente teria mais benefícios imediatos com a inclusão de processos BIM. Desta forma, foi escolhido o projeto de um edifício de um datacenter, que incluía pavimentos de escritórios com aproximadamente 4.000m² de área construída, localizado na cidade de São Paulo. Por ser um datacenter e ter uma maior complexidade em MEP (*Mechanical, Electrical and Plumbing*), a ideia era que fosse possível resolver antecipadamente as incompatibilidades decorrentes das instalações e prever aberturas em alvenarias, por exemplo, reduzindo assim o entulho gerado pela obra.

Quando a construtora ganhou a concorrência para a execução deste empreendimento, os projetistas já tinham sido contratados e os projetos já estavam desenvolvidos. Sendo assim, os modelos BIM seriam feitos com base em informações das plantas (2D) e no caso de dúvidas, as mesmas seriam sanadas diretamente com os projetistas responsáveis. Havia sete projetistas para as disciplinas de:

- Arquitetura;
- Estrutura de concreto;
- Fundação;
- Hidráulica, elétrica, combate a incêndio;
- Ar condicionado;
- Automação;
- Impermeabilização.

Com o início da obra, foram contratados mais quatro projetistas para desenvolvimento dos projetos de:

- Caixilho;
- Alvenaria e fachada;
- Piso de concreto;
- Drenagem.

As obras prestavam contas para o escritório central, com base no orçamento consolidado. O gerente do empreendimento era o responsável por garantir o lucro para construtora através da boa gestão do contrato. Com isto, houve uma dificuldade inicial de convencimento da gerência da obra, devido ao custo envolvido (arquiteta dedicada à modelagem e coordenação de projetos) não previsto no orçamento desta obra. Ainda assim, por incentivo da diretoria, foi iniciada a análise dos projetos existentes para o início da modelagem BIM, após o começo da obra.

Nenhum projeto tinha sido desenvolvido em ferramentas BIM, então, optou-se por modelar as diversas disciplinas, a partir das informações bidimensionais, com pessoal próprio da construtora. Como não havia tempo hábil para o treinamento de arquitetos em softwares BIM, pois a obra já estava em andamento, a modelagem da arquitetura e estrutura foi iniciada pela arquiteta da construtora, participante da área de projetos do escritório central, que já tinha experiências anteriores com ferramentas BIM.

Em paralelo, foi realizado o curso de formação em modelagem para o software Revit, da Autodesk, a cargo de uma empresa terceirizada, para os outros arquitetos da construtora, residentes em São Paulo. Com este curso, outra arquiteta atuante no escritório central passou a integrar a equipe BIM. A gerente e a coordenadora de projeto passaram a ter maiores conhecimentos e entendimentos sobre o potencial deste software também. A Figura 10 representa o organograma do setor BIM no escritório central, as arquitetas BIM respondiam diretamente a Gerente BIM, mas também havia uma coordenadora BIM com o objetivo de dar suporte a futuros projetos na empresa.

Figura 10 - Setor BIM no Escritório Central

Fonte: Autora

A escolha do software se deu pela disponibilidade dentro da empresa. A construtora já tinha algumas licenças adquiridas da Autodesk, devido ao uso do software AutoCAD. Essas licenças davam direito ao uso dos softwares Revit e Navisworks Simulate sem custo adicional.

No primeiro momento, o projeto de arquitetura foi modelado com o auxílio do software Revit. Com esta modelagem foi possível detectar alguns erros do projeto bidimensional, que passaram despercebidos pelo projetista de arquitetura responsável. Por exemplo, foram detectadas divergências entre o memorial de acabamentos e o projeto, evidenciaram-se informações conflitantes sobre o pé-direito de um ambiente (corte e planta distintos), etc.

À medida que os erros eram detectados, havia a necessidade de reportá-los aos respectivos responsáveis. Isso foi feito através de um documento que foi adaptado para esta finalidade, denominado Análise de Projeto BIM. A Figura 11 é um modelo deste documento e representa uma discrepância encontrada no momento da modelagem entre o projeto e o memorial de arquitetura.

Figura 11 - Discrepância entre projeto e memorial de arquitetura

Nº	Nível do Desenho	Coordenadas	Localização	Responsável	Datas	Status
6	Térreo	Entre os eixos 1-2/ J e C	Sala Infra de Entrada 1 e 2	Projetista Arquitetura	P R	Pendente

IMAGENS

2.7 (EF-T) Sala Infra de Entrada 1 e 2	
Piso:	[A-2] Placas de agregado natural Ecopletra Cortina Grigio, 60x60cm, esp. 20mm, acabamento brilho. [A-9] Cerâmica porcelanato 60x60cm - Portobello, Linha Brava - ref.: 20502 (Bianco NAT) - ver ampliação
Paredes:	[D-4] Pintura Epoxi sobre massa desempenada preparada para aplicação de resina epoxi - cor branco
Teto:	[E-2] Laje em concreto aparente

Legenda: Corte de Arquitetura

Legenda: Trecho do Memorial de Acabamentos

Descrição:

No memorial de acabamentos consta como laje aparente, porém o corte mostra um forro.

Observações:

Foi modelado com o forro.

Comentário sobre status:

Aguardando revisão do projeto/memorial.

Fonte: Construtora estudada

A Figura 12 representa a estrutura do documento de Análise do Projeto BIM. A Figura 13 ilustra este mesmo modelo com todos os campos comentados, demonstrando o uso de cada célula na planilha. Este documento teve a mesma função de outro documento chamado de Análise de Projeto, usado normalmente em todas as obras da empresa. Essa adaptação, porém, tornou o documento mais completo, pois foi possível inserir imagens, facilitando a visualização, e todas as coordenadas da colisão estavam inseridas, permitindo uma rápida visualização no modelo tridimensional, caso fosse necessário.

Figura 12 - Modelo de Análise de Projeto BIM

ANÁLISE DE PROJETO - BIM

XXXXX- XXX

Revisão: 00

Disciplinas: **AR CONDICIONADO**

Data de emissão: xx/xx/xxxx

Responsável: xxxxxxxxx

P= Previsto
R = Realizado

BIM-NIC-ANA-VAC-AP-001-R00

PROJETO: NIC-HID-AP-001-1SP-R02						
Nº	Nível do Desenho	Coordenadas	Localização	Responsável	Datas	Status
1	1º Subsolo	Entre os Eixos 2 e 3 / Após J	Tubulações de Alimentação e Retorno de Água Gelada	Projetista AC	P 02/04/2013 R 30/04/2013	Pendente

IMAGENS

Legenda: Planta - em DWG

Legenda: Corte - modelo Revit

Legenda: 3D - modelo Revit

Descrição: Indicação errada no Projeto de Ar Condicionado. A tubulação que está em 1 está em sentido contrário de 2, porém com a mesma simbologia.

Observações: Foi modelado corretamente no modelo Revit.

Comentário sobre status: Encaminhado para projetista

Fonte: Construtora estudada

Figura 13 - Modelo de Análise de Projeto BIM Comentada

ANÁLISE DE PROJETO - BIM

XXXXX- XXX

Revisão: 00

Disciplinas: **Ar Condicionado**

Data de emissão: XXXXXX

Responsável: 15/10/2017

P= Previsto
R = Realizado

BIM-NIC-ANA-VAC-AP-001-R00

PROJETO: NIC-HID-AP-001-1SP-R02						
Nº	Nível do Desenho	Coordenadas	Localização	Responsável	Datas	Status
1	1º Subsolo	Entre os Eixos 2 e 3 / Após J	Tubulações de Alimentação e Retorno de Água Gelada	Projetista	P 02/04/2013 R 30/04/2013	Pendente

IMAGENS

Legenda: Planta - em DWG

Legenda: Corte - modelo Revit

Legenda: 3D - modelo Revit

Descrição: Indicação errada no Projeto de Ar Condicionado. A tubulação que está em 1 está em sentido contrário de 2, porém com a mesma simbologia.

Observações: Foi modelado corretamente no modelo Revit.

Comentário sobre status: Encaminhado para projetista.

Nº	Nível do Desenho	Coordenadas	Localização	Responsável	Datas	Status
					P	

Legenda da Análise de Projeto BIM

- A. Nome e identificação da obra;
- B. Disciplina correspondente a análise, data de emissão e responsável pela emissão;
- C. Nome do arquivo eletrônico;
- D. Revisão da análise;
- E. Pavimento corresponde à incompatibilidade encontrada;
- F. Eixos para melhor localização da incompatibilidade;
- G. Responsável pela resolução da incompatibilidade encontrada;
- H. Prazo previsto e o prazo realizado a solução da incompatibilidade;
- I. Status da análise que pode estar: **Pendente**, **em Andamento** ou **Solucionada**;
- J. Imagens da incompatibilidade;
- K. Descrição da incompatibilidade;
- L. Observações relevantes à descrição;
- M. Comentário sobre o status (item I).

Fonte: Construtora estudada

Foi detectada a necessidade da elaboração de algumas famílias⁵ específicas da obra em questão, devido a que as famílias genéricas do Revit não apresentavam as características importantes a este projeto e, provavelmente, a outros projetos desta construtora.

“Uma família é um grupo de elementos com um conjunto comum de propriedades chamado de parâmetros e uma representação gráfica relacionada. Os diferentes elementos pertencentes a uma família podem ter diferentes valores para alguns ou todos os parâmetros, mas o conjunto de parâmetros (seus nomes e significados) é o mesmo. Essas variações dentro da família são denominadas de *tipos de família* ou *tipos*.” (AUTODESK HELP, 2018)

⁵ Família compreende um grupo de elementos, que possuem algumas informações editáveis, sem perder a sua essência. Por exemplo, não é necessário criar um elemento diferente para cada parede de um ambiente. É possível se criar uma única família composta por blocos de concreto que terá uma variedade de tipos, como parede com bloco de 9cm, 14cm e 19 cm.

A criação de famílias foi um passo relevante para a construtora que adquiriu mais conhecimento sobre a modelagem e ao mesmo tempo, iniciou a criação de uma biblioteca de famílias específicas de uso da construtora em questão.

A Figura 14 representa uma família padrão do software Revit.

Figura 14 - Família de caixilho de vidro no padrão do Revit

Fonte: Construtora estudada

A Figura 15 ilustra a família que foi criada para o empreendimento, com o aumento na quantidade de montantes e a inserção de vidros de controle solar (em cinza).

Figura 15 - Família de caixilho de vidro adaptada para o empreendimento

Fonte: Construtora estudada

Conforme citado anteriormente, uma nova arquiteta foi agregada à equipe após o término do curso do software Revit. Neste projeto, ela ficou responsável pela modelagem da estrutura de concreto. Também foram verificadas incompatibilidades como diferentes posicionamentos de um mesmo eixo no projeto de arquitetura e no de estrutura, como apresentado na Figura 16, onde é possível visualizar divergência no Eixo B.

Figura 16 - Disciplinas incompatíveis

— ESTRUCTURA

- - - ARQUITETURA

Fonte: Construtora estudada

A inclusão da nova arquiteta na modelagem exigiu, em um primeiro momento, uma reorganização do fluxo de trabalho.

No segundo momento, foram modeladas todas as instalações pela mesma arquiteta que modelou anteriormente a arquitetura. Durante a modelagem também foram detectados erros entre disciplinas como, por exemplo, o mesmo *shaft* posicionado em locais diferentes nos projetos de arquitetura e ar condicionado.

Com o aumento da quantidade de modelos sendo manipulados por mais de uma pessoa, foi necessária a criação de um padrão de nomenclatura (Figura 17), para

garantir a organização da rede e o rastreamento de informações. Essa nomenclatura foi adicionada ao Plano de Implementação BIM.

Figura 17 - Nomeação de Arquivos em Revit

1.Nomeação de Arquivos Revit

Todos os arquivos Revit serão nomeados com o mesmo padrão:

AAA-BBB-CC-(DDD)-EEE

Aonde:

AAA: Código do empreendimento

BBB: Disciplina

CC: Fase do projeto Modelada

(**DDD:** Setor modelado Ex: TIP - Pavimento Tipo; 1SS -1º Subsolo) - *Opcional*

EEE: Iniciais da Companhia

Ex: **JK1-EST-EX-TIP-HTB**

Nomeação de Famílias

<função>_<material>_<descrição>(opcional)_< Código do empreendimento >

Ex: Porta-Aço_Inoxidavel_Perfurada-JK1

3.Nomeação de Tipos

Exemplo de nomeação de tipos - Portas

<nomenclatura da porta>(se existir no projeto)_ <dimensão: largura x altura>

Ex: M5_80x210cm

4.Nomeação de Materiais

< HTB >-<material>-<descrição>(opcional)

Ex: HTB-Concreto-fck30

HTB- Placa_Gesso-Branco

Fonte: Adaptado pela autora do material fornecido pela construtora estudada

Desenvolveu-se um fluxograma de modelagem em parceria com a consultoria externa, representado na Figura 18.

Figura 18 - Fluxograma do processo de modelagem na empresa estudada

Fonte: Construtora estudada

Com todas as principais disciplinas modeladas, o software Navisworks da Autodesk foi utilizado para detecção de incompatibilidades e colisões. A Figura 19 representa uma colisão detectada dentro deste software. As tubulações azuis representam a alimentação de água no sistema de ar condicionado e em laranja visualizam-se os eletrodutos de elétrica. Ambos estão colidindo.

Figura 19 - Colisão entre disciplinas de ar condicionado e elétrica

Fonte: Construtora estudada

Na empresa estudada, normalmente antes do início de toda obra, é realizada uma análise mais específica do cronograma previsto na fase orçamentária, incluindo a viabilização da setorização proposta pelo engenheiro planejador locado na obra. Desta vez, com o auxílio de uma ferramenta BIM, foi iniciada a utilização do 3D e 4D para apoio à produção na obra do datacenter. O cronograma havia sido elaborado com o software Project, da Microsoft. O vínculo do modelo com o cronograma foi realizado no software Synchro, da Verano. Como a modelagem tinha sido realizada antes da finalização da proposta de setorização do empreendimento, foi necessário realizar a setorização pelo próprio software Synchro. Assim, foi gerado um vídeo mostrando as atividades realizadas diariamente, bem como, quais equipamentos de

apoio (gruas, cremalheiras, guindastes, etc.) seriam utilizados. Estes equipamentos também foram inseridos diretamente pelo Synchro.

No momento da escavação, foram encontradas rochas, não previstas nas sondagens preliminares, o que provocou atraso na execução dessa etapa. O 4D gerado anteriormente, foi atualizado com o cronograma impactado e apresentado ao cliente para pleito de prazo, ver Figura 20.

Figura 20 - 4D Cronograma inicial x Cronograma impactado

Fonte: Construtora estudada

Como a obra já estava em andamento (fase de fundação), a arquiteta responsável pela modelagem passou a ficar de duas a três vezes por semana no canteiro de obras, para facilitar a captação das necessidades da obra e, com isso, elaborava pranchas de detalhamento a partir do modelo. Essas pranchas eram distribuídas no campo (ver Figura 21), para auxiliar a mão de obra direta (MOD) na execução.

Figura 21 - Modelo de prancha ilustrativa para a obra

Fonte: Construtora estudada

Como exemplo da efetividade da manipulação do modelo na obra, foi detectado um erro importante na concepção do projeto. Nas casas de máquinas do datacenter corriam duas linhas de eletrocalhas com 4 bandejas cada. As cotas de projeto indicavam 10 cm de espaçamento de uma bandeja para outra, só que cada bandeja tinha 80 cm de largura. Diante disso, não havia espaço suficiente para o instalador realizar a passagem dos cabos. Em parceria da arquiteta com o gerente de instalações presente na obra, foi sugerida a alteração para 20 cm de espaçamento.

O arquiteto responsável pela área de projetos da obra era o interlocutor entre projetista e a arquiteta responsável pelo modelo BIM. As sugestões de melhoria eram repassadas aos projetistas e incorporadas nos projetos.

A parceria com o gerente de instalações foi fundamental para o sucesso da utilização do modelo no campo. Ele percebeu a vantagem para seu trabalho e incorporou seu uso até o final da obra.

Também foi possível evitar desperdícios, através de pranchas de elevações de alvenarias. Dentro do modelo, eram diagramadas pranchas, que ilustravam o espaço necessário para a passagem das instalações, assim não havia a necessidade de

quebrar a alvenaria posteriormente. A foto da Figura 22 apresenta uma destas passagens realizadas na obra a partir do modelo BIM.

Figura 22 - Alvenaria com previsão para passagem de eletrocalhas

Fonte: Construtora estudada

Apesar do amplo uso do modelo na obra, não foi possível atualizar o modelo com as modificações e ajustes que ocorriam no campo, ou seja, o modelo não se tornou um modelo *as built*.

Grande parte do custo das horas de trabalho envolvidas das arquitetas que trabalhavam com o BIM era locado na obra que estavam atuando, o restante era absorvido pela verba destinada ao setor BIM no escritório. Como a obra não havia sido orçada para abarcar este custo, a gerência da obra limitou as horas de participação das arquitetas que atuavam com BIM na obra. Com isto, não foi possível manter o modelo atualizado conforme as alterações ocorriam durante a execução, pois para esta atualização, seria necessária a presença de uma arquiteta em tempo integral. Desta forma, o gestor da obra optou por priorizar os ambientes mais relevantes do projeto que seriam beneficiados com o uso do modelo BIM. Estes espaços tiveram todas as disciplinas modeladas, ou seja, foram mais detalhados e analisados em relação aos demais.

Neste projeto piloto, as modelagens realizadas foram: arquitetura, estrutura, elétrica, hidráulica, combate a incêndio, ar condicionado. Foram levantados os pontos positivos e negativos decorrentes da opção de modelagem realizada dentro da própria construtora .

Pontos positivos:

- **Para a realização da modelagem foi necessário conhecer todos os projetos de todas as disciplinas envolvidas;**

Quando um projeto estava iniciando, o arquiteto responsável analisava todos os desenhos, porém muitos detalhes passavam despercebidos, dependendo da complexidade e tamanho do projeto. A realização da modelagem internamente obrigou o modelador a identificar todos os detalhes para incorporar ao modelo.

- **Maior agilidade na proposta de soluções;**

Quando identificada necessidade de estudar novas soluções, devido o maior entendimento do projeto aliado à experiência da modelagem, foi mais fácil simular possíveis soluções.

- **Experimentação dos softwares disponíveis.**

Ao optar por realizar a modelagem internamente, a construtora acabou conhecendo os softwares disponíveis no mercado, suas funcionalidades e potencialidades.

Pontos negativos:

- **Foi necessário tempo a mais de aprendizagem do software de modelagem;**

Ao optar pela terceirização da modelagem, não é necessário entender os comandos do software de modelagem. Porém, para a realização da modelagem interna foi necessário despender tempo para aprendizagem de comandos e organização das informações dentro do software. Caso uma empresa terceirizada tivesse sido envolvida no projeto em questão, o tempo para se ter o modelo

finalizado seria, com certeza, bem menor. Ainda assim, este tempo a mais deve ser visto como investimento, pois para os projetos futuros, o aprendizado já estaria incorporado ao modelador, desde que não haja grande rotatividade na equipe envolvida.

- **Tempo excessivo gasto com leitura de projeto e modelagem.**

O tempo pode ser considerado excessivo ao se comparar ao tempo gasto para entregar o mesmo modelo por uma empresa terceirizada. Isto porque as empresas de modelagem normalmente possuem vários funcionários envolvidos em um mesmo projeto, para atender as demandas de curto prazo. No caso da construtora estudada, não havia esta disponibilidade de mão-de-obra.

A Figura 23 representa como funcionou o fluxo das principais atividades durante o Projeto I. É possível perceber que as atividades foram lineares e sequenciais devido a mão-de-obra reduzida. Se mais pessoas estivessem envolvidas, seria possível realizar algumas atividades em paralelo.

Figura 23 - Fluxograma do Projeto I

Fonte: Autora

3.3. PROJETO II – MODELAGEM MISTA

No momento da escolha do segundo projeto piloto, havia muitos empreendimentos comerciais em execução naquele momento. A empresa entendeu que era necessário avaliar como funcionaria o processo BIM dentro de um projeto mais convencional para a empresa estudada. Sendo assim, foi escolhido um edifício comercial localizado na cidade de São Paulo, composto por 6 subsolos, térreo e 17 pavimentos tipo de escritórios (ver Figura 24).

Quando a construtora foi contratada, após vencer o processo de concorrência, os projetos de todas as disciplinas já estavam finalizados, ou seja, a construtora não foi responsável pelo projeto. Havia dez projetistas para as disciplinas de:

- Arquitetura;
- Estrutura de concreto;
- Estrutura metálica;
- Hidráulica, elétrica, combate a incêndio;
- Automação;
- Impermeabilização;
- Caixilhos;
- Piso de concreto;
- Alvenaria;
- Paisagismo.

Devido ao curto prazo, foi identificado que não seria possível modelar todas as disciplinas com mão de obra própria da construtora, no tempo necessário para atender à obra. Desta forma, a modelagem de todas as instalações foi terceirizada e a arquitetura e estrutura foram modeladas internamente.

A equipe foi a mesma do Projeto I, uma arquiteta foi a responsável pela modelagem da arquitetura e a outra pela estrutura.

O LOD requerido variava entre 200 e 300, conforme itens pré-definidos com a empresa terceirizada. Era importante saber onde os bicos dos sprinklers caíam em

relação ao forro e as luminárias, por exemplo, então a disciplina incêndio foi considerada LOD 300.

Figura 24 - Modelo Projeto II

Fonte: Construtora estudada

Com parte da modelagem sendo terceirizada, foi necessário criar um documento para auditoria do modelo (ver Figura 25), ou seja, foi necessário conferir se os modelos produzidos pelos profissionais de fora estavam dentro dos padrões necessários para a construtora.

Figura 25 - Documento de auditoria de modelagem

Auditoria de Modelagem		
Revisão:	1	Objetivo do Modelo:
Data :	28/01/2018	Compatibilização de Projeto, Detecção de Colisões, Análise de Sequência Construtiva - Planejamento 4D, Estimativa de Quantidades
Disciplinas:	ARQUITETURA	
Responsável:	XXXXXX	
Modelo Analisado:	XXX-INS-PE-TIP-HTB	LOD requerido:
Recebido:		200 / 300
Autor:		Fase do Projeto
Documentos Analisados:		Executivo
Modelagem Instalações		
ITEM	STATUS	COMENTÁRIOS
1.0 HIDRAULICA		
1.1 Foram modeladas todas as tubulações conforme ao projeto?	SIM	
1.2 Foram modeladas todas as conexões, válvulas, flanges e acessórios?	NÃO	Conforme acordado na contratação
1.3 Os sistemas estão nomeados corretamente? Conforme ao projeto?	NÃO	Há diferenças na hidráulica - ajustar

Fonte: Construtora estudada

O resultado da auditoria do modelo era encaminhado para a empresa responsável pela modelagem. O modelo então era revisado e adequado às necessidades estabelecidas pela construtora.

Toda administração do modelo ocorreu no escritório central. Na obra havia uma arquiteta locada, porém sem conhecimento dos softwares BIM. A comunicação entre escritório e obra era realizada pela gerente de projetos do escritório com a arquiteta da obra, quando eram repassados os relatórios de detecção de interferências e colisões.

A obra apresentou dificuldades na execução de alguns pontos específicos, e para isso, pranchas de detalhamento foram elaboradas a partir do modelo, dando apoio à execução.

Na obra não havia mecanismos para visualização do modelo pela mão de obra direta, apenas a arquiteta da obra tinha acesso ao modelo. Assim, pode-se dizer que houve pouca interação da obra com o modelo.

Devido à falta de pleno apoio do gestor da obra em questão, não havia equipe dedicada à coordenação de projetos em BIM, o que prejudicou o bom andamento dos

trabalhos. A auditoria dos modelos externos foi realizada inicialmente, porém não foi executada até a última entrega.

Devido a falta de pessoal habilitado e tempo, não foi possível inserir as alterações no modelo, assim o *as built* da obra foi realizado em ferramenta CAD 2D.

Como síntese da experiência com essa obra, que realizou a modelagem mista (parte com mão de obra interna da construtora e parte com mão de obra de empresa terceirizada) apresentam-se como pontos positivos:

- **Experiência adquirida em auditar modelos externos;**

Para a verificação se o modelo estava dentro do padrão esperado pela construtora, foi necessário avaliar o modelo recebido através da planilha de auditoria.

- **Experimentação de softwares de coordenação de projetos BIM para análise dos relatórios do modelo externo;**

Foi necessário estudar os softwares de coordenação de projetos, para avaliação da melhor forma de analisar os relatórios de colisões provindos do modelo.

- **Facilidade de adequação dos prazos com o modelo externo.**

A empresa terceirizada possuía vários funcionários disponíveis para atendimentos dos curtos prazos exigidos.

Os pontos negativos foram:

- **Dificuldade de entendimento do projeto pela empresa terceirizada;**

Como a empresa terceirizada não havia participado das reuniões iniciais de projeto não tinha o mesmo conhecimento que a equipe interna da construtora tinha sobre o projeto em questão. Além disso, a empresa terceirizada possuía diversos funcionários em nível iniciante e apenas uma coordenadora em nível sênior. Com isso, possuía maior dificuldade de entender a complexidade do projeto que a equipe interna da construtora, mais bem preparada.

- **Critérios de modelagem divergentes (entre modelos internos e externos).**

Como neste projeto parte da modelagem foi realizada internamente e parte por empresa terceira, surgiram algumas divergências entre os critérios adotados de modelagem. Os critérios de modelagem são adotados quando não há informações suficientes nos projetos e/ou quando padrões da construtora devem ser considerados, como por exemplo, todas as paredes deveriam receber pintura 10 cm acima do nível do forro para melhor acabamento, ou ainda, todos os dutos de ar condicionado (quando não informado em projeto) deveriam estar a uma distância de 5 cm da laje, para o suporte de fixação do duto, etc.

A mão de obra interna realizou a modelagem das disciplinas de arquitetura e estrutura. As disciplinas de elétrica, hidráulica, combate à incêndio, ar condicionado e automação foram modeladas pela mão de obra terceirizada.

A Figura 26 representa como funcionou o fluxo das principais atividades durante o Projeto II.

Figura 26 - Fluxograma do Projeto II

Fonte: Autora

3.4. PROJETO III – MODELAGEM TERCEIRIZADA

No terceiro projeto estudado, a modelagem foi totalmente terceirizada por uma empresa parceira, e foram entregues relatórios de compatibilização de projetos.

O projeto era a nova sede de uma empresa de cosméticos. O complexo, localizado na cidade de São Paulo em uma área de 30.000 m², composto por vários edifícios, incluindo edifício de escritórios, portaria, central de utilidades, estacionamento e edifício para heliponto. O modelo BIM visualizado pelo software Navisworks está representado na Figura 27.

Figura 27 - Modelo do Projeto III

Fonte: Construtora estudada

Quando a construtora foi contratada, os projetos já estavam finalizados. Havia quinze projetistas para as disciplinas de:

- Arquitetura;
- Estrutura de concreto;
- Estrutura metálica;
- Hidráulica, elétrica, combate a incêndio;
- Automação

- Luminotécnica;
- Caixilhos;
- Piso de concreto;
- Impermeabilização;
- Acessibilidade;
- Acústica;
- Cenotecnia;
- Cozinha
- Irrigação
- Alvenaria.

Neste projeto, o cliente solicitou que estivesse em contrato o uso do BIM no edifício administrativo, apenas. Porém, não foi especificada qual a finalidade ou nível de detalhamento que o modelo teria.

Com a crise econômica no setor AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção), a construtora teve a necessidade de transferir as duas arquitetas que trabalhavam com softwares BIM para obras em andamento, sendo uma delas alocada no Projeto III. Desta forma, nenhuma arquiteta ficou no escritório central.

A arquiteta então, assumiu todas as atividades pertinentes à função de arquiteta de obra e mais as atividades BIM. Desta forma, não havia tempo hábil para realizar a modelagem internamente. Assim, foi contratada uma empresa terceirizada para realizar somente modelagem da arquitetura, estrutura e instalações e fornecer relatórios a partir do Navisworks. Esta foi a primeira tentativa de coordenação de projetos em BIM por equipe locada na obra.

Foram acordados de serem entregues três tipos de relatórios: sobre colisões, sobre discrepâncias e as soluções adotadas. Basicamente, o relatório de colisões registrava todas as colisões entre elementos de disciplinas diversas, o relatório de discrepâncias registrava todas as divergências entre disciplinas, como falta de informações, por exemplo. O relatório de soluções adotadas registrava todas as informações e partidos que foram assumidos pelo modelador, por falta de informação no projeto como, por exemplo, a fixação de todos os dutos de ar condicionado a uma distância de 5 cm do fundo da viga, quando não informado o tamanho do suporte no projeto.

A arquiteta avaliava cada relatório e filtrava as prioridades (ver a Figura 28 e a Figura 29). Foi realizada uma reunião com todos os projetistas envolvidos para apresentação dos relatórios com as incompatibilidades e colisões encontradas nos modelos. Cada projetista foi responsável por revisar seu projeto.

Figura 28 - Relatório de colisões apresentado por empresa terceirizada

RELATÓRIO DE COLISÕES							
GR	TESTE:	05-INC vs VAC+SAN+INC	Nível:	TÉRREO	Informação Adicional	Respostas	Status
		Imagem	Nome	Localização			
A			01-Tubulações vs Terminais & Dutos VAC	x:82.42, y:17.81, z:740.16	Loja Vip -As tubulações de incêndio foram modeladas de acordo com o projeto porém interferem com os terminais e os dutos de ar condicionado. Não há espaço suficiente no enteforro.	<p>Construtora: entreferro de 40cm. INST/ ARC e LUM compatibilizar. O projeto de instalações está incompatível com o projeto de luminotécnica. Verificar qual projeto está válido</p> <p>Especialistas:</p>	PENDENTE

Fonte: Construtora estudada

Figura 29 - Legenda do relatório de colisões

RELATÓRIO DE COLISÕES							
GR	TESTE:	05-INC vs VAC+SAN+INC	Nível:	TÉRREO	Informação Adicional	Respostas	Status
		Imagem	Nome	Localização			
A			01-Tubulações vs Terminais & Dutos VAC	x:82.42, y:17.81, z:740.16	Loja Vip -As tubulações de incêndio foram modeladas de acordo com o projeto porém interferem com os terminais e os dutos de ar condicionado. Não há espaço suficiente no enteforro.	<p>Construtora: entreferro de 40cm. INST/ ARC e LUM compatibilizar. O projeto de instalações está incompatível com o projeto de luminotécnica. Verificar qual projeto está válido</p> <p>Especialistas:</p> <p>Resposta Projetista</p>	PENDENTE

Fonte: Autora

O plano era que após a revisão dos projetos, a empresa terceirizada atualizaria os modelos, emitindo novos relatórios.

Porém houve uma movimentação de colaboradores dentro da construtora e foi necessário deslocar a arquiteta para outra obra, o que fez com que a utilização do modelo, além da compatibilização de disciplinas, não tivesse continuidade. Não foi possível obter um modelo *as built* no final deste empreendimento.

Neste projeto, a modelagem foi realizada inteiramente com mão de obra de empresa terceirizada. Foram modeladas as disciplinas de arquitetura, estrutura, elétrica, hidráulica, ar condicionado, combate a incêndio e automação. Os pontos positivos desta opção de modelagem foram:

- **Sem tempo gasto com modelagem foi possível focar mais na coordenação do projeto;**

Como a modelagem foi totalmente terceirizada, a arquiteta envolvida pode envolver-se completamente na coordenação de projetos.

- **Como a mesma empresa realizou todos os modelos, foi possível entregar também um único modelo unificado no Navisworks, com todos os pontos de atenção marcados.**

A empresa terceira realizou um modelo no software Revit para cada disciplina. Depois exportou os arquivos para que fossem todos unificados em um único arquivo para utilização no Navisworks. Dentro do Navisworks foram apontadas as colisões mais críticas para chamar atenção de todos os projetistas envolvidos. Com isso, a equipe da construtora ganhou tempo e a coordenação das prioridades para os projetistas foi facilitada.

Os pontos negativos levantados foram:

- **Com a terceirização da modelagem, seria necessário auditar todos os modelos, o que não foi realizado;**

Devido à alta demanda de serviços e apenas uma arquiteta destinada a coordenação e projetos BIM, não foi possível realizar a auditoria de todos os modelos, e com isso, nem todos os padrões de modelagem pontuados pela empresa no plano de implementação BIM foram atingidos.

- **Foi necessário avaliar cada item apontado nos relatórios pela empresa terceirizada, pois foi frequente encontrar erros ou informações irrelevantes.**

A empresa terceira, conforme informado, entregou três tipos de relatórios. Nos relatórios de discrepâncias e colisões foram listados todos os itens com conflitos e foram determinadas as prioridades em Baixa, Média e Alta. Porém alguns itens estavam listados com a prioridade errada, ou seja, não eram tão relevantes conforme apontados. Desta forma, a arquiteta verificou a prioridade demarcada item a item para que os projetistas não desperdiçassem tempo com itens de baixa relevância.

A Figura 30 representa como foi o fluxo de atividades durante o Projeto III.

Figura 30 - Fluxograma do Projeto III

Fonte: Autora

3.5. EXPERIÊNCIA NA ALEMANHA

Foi realizada uma visita ao setor BIM da matriz alemã. A construtora na Alemanha faz parte de um grupo de empresas com atuações em diversas áreas, como rede hoteleira, incorporação imobiliária, indústria, etc.

O setor BIM localiza-se dentro da construtora, porém oferece apoio às outras empresas do grupo, quando necessário.

A equipe desse setor era composta por dez engenheiros/arquitetos, incluindo um gerente geral, três coordenadores dois estudantes de mestrado (com tema da dissertação vinculado à empresa), um estagiário e um trainee. A equipe era subdividida em três grupos com diferentes focos, sendo eles: iTWO⁶, *Lean Construction* e Modelagem.

Na Alemanha, a modelagem se ocupava apenas do essencial de cada projeto, como fundações, estruturas, vedações com aberturas e MEP. Essa estratégia visava atender aos curtos prazos do mercado. As outras informações eram inseridas através de atributos (parâmetros associados a determinados componentes), ou seja, sem que fosse preciso modelar novos componentes. Os revestimentos da parede de um quarto, por exemplo, eram atributos contidos em um objeto *room*, ou seja, não eram modelados geometricamente, havia apenas a informação vinculada ao *room*. Desta forma, o modelo ficava mais leve (tamanho de arquivo) e fácil de transferi-lo, quando necessário.

Todo o processo de coordenação do projeto era realizado desde o início da modelagem, com a detecção de incompatibilidades e colisões entre disciplinas.

O software iTWO era usado para orçamento. Nele o modelo era inserido e muitas informações como soleiras e rodapés, que não eram modelados, eram incluídos diretamente no orçamento, agilizando todo o processo.

O modelo era muito usado para levantamentos e checagens de quantidades, tanto na fase de concorrência, quanto no acompanhamento da obra.

Até o momento da visita (2015) nenhum modelo *as built* tinha sido entregue ao cliente.

⁶ Software utilizado para 5D.

3.6. FORMAÇÃO DOS ENVOLVIDOS

No decorrer do processo de implantação do processo BIM, foram oferecidos diversos treinamentos pela empresa aos seus colaboradores, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Cursos e Palestras BIM

Curso	Duração	Participantes
Coordenação BIM	36 horas	Gerente, coordenadora e arquiteta do setor de projetos do escritório central
Revit	36 horas	Todos os arquitetos residentes em São Paulo
Syhchro	15 horas	Todos os planejadores residentes em São Paulo e setor de projetos do escritório central
Navisworks	15 horas	Todos os planejadores residentes em São Paulo e setor de projetos do escritório central
Palestras e Eventos sobre BIM (eventos anuais)	-	Arquitetas do núcleo BIM, gerência e superintendência

Fonte: Compilação pela autora do material fornecido pela empresa estudada

3.7. NÍVEL DE DESENVOLVIMENTO POR ITEM DO MODELO

A construtora estudada percebeu que no início do processo de modelagem, momento da definição do LOD, era necessário analisar item a item para a definição do que realmente deveria ser modelado. Essa necessidade surgiu após a percepção de que, ao escolher um LOD 200, a tubulação de sprinkler não era modelada, por exemplo, o que gerava impactos na compatibilização de projetos. A Figura 31 representa uma planilha modelo que foi criada para este fim.

Figura 31 - LOD por item do modelo

ITEM		LOD				
		200	300	350	400	OBS
	ESCOPO					
1	Espaços					
1.1	- Área e Volume – Classificado de acordo com o tipo de espaço(Tag:nome e Numero)	x				
2	Paredes					
2.1	- <u>Paredes em Geral</u> : Largura, Comprimento, Área, Volume,Tipo de alvenaria e composição generica de massas de assentamento.	x				
2.2	- <u>Paredes em Dry wall</u> : Largura, Comprimento, Área.	x				
	Detalhes de parede Dry wall: Composição (Sem estrutura)		x			
	- Identificação do tipo de acabamento e sua aplicação(ex:Pintura)			x		
	- <u>Revestimento acustico</u>		x			
2.3	- Peitoris			x		

Fonte: Construtora estudada

Porém, com a utilização desta planilha, o modelo deixa de ter um único LOD, e passa a ter um LOD por item, o que torna trabalhosa a contratação de modelagem ou a contratação de projetos desenvolvidos em BIM assim como dificulta a auditoria dos modelos entregues.

3.8. SOFTWARES UTILIZADOS PELA CONSTRUTORA

Nos projetos I, II e III foram utilizados diferentes softwares. A Tabela 4 mostra a contribuição e os pontos de atenção para utilização futura de cada software.

Tabela 4 - Softwares BIM utilizados na construtora estudada

SOFTWARES	FUNCIONALIDADE	BENEFÍCIOS	PONTOS DE ATENÇÃO
iTWO Synchro Navisworks Revit	Testes para utilização do 5D	Software já utilizado para orçamento na empresa, o que facilita a transição para o 5D.	Difícil comunicação com o suporte (Alemanha).
	Utilização do 4D	É possível criar uma nova. setorização no modelo, mesmo que o modelo não tenha sido modelado para isso.	Ao criar uma nova setorização, a mesma era perdida se o modelo for atualizado em outro software. ⁷
	Relatórios de colisões para compatibilização de projeto	Já incluso no pacote da Autodesk que contém o Revit e o AutoCAD.	Algumas regras de checagem são mais complexas de serem executadas, pois ocorrem através da linguagem de programação.
	Modelagem	Um dos softwares mais utilizados. Possui vasta biblioteca disponível para download.	Não é possível salvar um arquivo em uma versão anterior da instalada. Ou seja, um arquivo modelado na versão 2017 só abrirá no Revit 2017 ou posterior.

Fonte: Autora

3.9. CONSIDERAÇÕES SOBRE ESTUDO DE CASO

O estudo de caso é composto pela experiência decorrente do contato com o processo BIM em três projetos e a oportunidade de entender o funcionamento da dinâmica do setor BIM na Alemanha, dentro de uma construtora multinacional. Ambas as experiências geraram diversas reflexões sobre a necessidade de se realizar um bom

⁷ Conforme informado pela construtora estudada, este ponto de atenção foi verificado na versão disponível na construtora em 2014. Após esta versão, não foi revisto se este ponto permanece.

planejamento durante e posteriormente à implantação do processo BIM em uma empresa construtora.

Para cada projeto que foi estudado, o ideal seria que se tivessem estabelecido metas com seus respectivos prazos e, a cada imprevisto ocorrido, acompanhado através de um comparativo de cronograma impactado *versus* cronograma planejado. Na Alemanha os projetos eram desenvolvidos mais próximos deste ideal. Isso demonstra também como, mesmo sendo participantes de um mesmo grupo multinacional empresarial, a filial brasileira está bem distante dos passos já alcançados pela matriz alemã.

Cada projeto teve sua particularidade, inclusive com fontes de modelagem diferentes, o que levou a concluir que não há uma melhor opção de modelagem, por esse critério. O que definiu a melhor opção foi verificação da necessidade da construtora, através da equipe de modelagem interna disponível, e a análise dos custos e prazos de elaboração do modelo.

Desta forma, conclui-se que, apesar das adversidades apresentadas, cada projeto consagrou-se como um grande passo para o amadurecimento do processo BIM dentro da empresa, através dos resultados obtidos e da ampliação do alcance da conscientização dos profissionais da construtora estudada.

4. PROPOSTAS DE USO DO BIM PARA A CONSTRUTORA ESTUDADA

Foram realizadas propostas de uso do processo BIM que vão de encontro às necessidades da empresa estudada, porém procurou-se generalizar as propostas para que outras construtoras também possam se identificar e eventualmente utilizá-las, aproveitando-as ao máximo.

4.1. PROPOSTAS PARA ATUALIZAÇÃO DO MODELO AS BUILT

No mercado da tecnologia da informação, existem várias opções de softwares modeladores. A empresa estudada usou, principalmente, a plataforma Autodesk. Nesta plataforma, o software modelador é o Revit (arquivo .rvt).

Cada disciplina que compõe um projeto (arquitetura, estrutura, elétrica, hidráulica, etc.) pode ser criada em um arquivo .rvt diferente. Cada arquivo .rvt é então exportado para a extensão .nwc para que seja realizada a compatibilização, dentro da plataforma Autodesk com o software Navisworks. Dentro deste software, são unificadas todas as disciplinas (vários arquivos com extensão .nwc).

Essa unificação pode dar origem, caso haja necessidade, há um arquivo único de extensão .nwd. Este arquivo é leve e pode ser aberto em vários dispositivos móveis de forma gratuita.

Nas obras, as equipes de projeto poderão absorver o BIM sem grandes impactos financeiros. É possível a visualização do modelo de coordenação, identificando as incompatibilidades, através de um software gratuito, fornecido pela própria Autodesk, chamado Navisworks Freedom. Em relação à formação da equipe, um pequeno treinamento se faz necessário para utilização deste software. O APÊNDICE A - TUTORIAL NAVISWORKS FREEDOM é composto por um manual desenvolvido para uma simples utilização deste software.

4.1.1. Proposta para atualização do modelo *as built* - sem *laser scanning*

Através do modelo BIM, é selecionado o trecho de alteração/adaptação e criado um *markup* com foto, descrevendo o que foi mudado. Desta forma, ao receber o *as built*

da instaladora, a conferência ficará mais fácil caso este último esteja de acordo com o que foi executado. A Figura 32 representa o fluxograma destas atividades.

Figura 32 - Fluxograma de atualização no modelo *as built* - sem *laser scanning*

Fonte: Autora

4.1.2. Proposta para atualização do modelo *as built* - com *laser scanning*

Quando for detectada alteração em campo, é utilizado o *laser scanning* para levantamento do que foi modificado em relação ao projeto. O *laser scanning* captura as condições existentes e, ao ser combinado com o modelo BIM, pode prover modelos *as built* confiáveis (AUTODESK, 2008).

Sistemas de imagens tridimensionais (3D), como os lasers scanners, permitem a captura eficiente de condições detalhadas de *as built* sob a forma de conjuntos de medições de pontos 3D, conhecidas como nuvens de pontos. (HUBER et. al., 2011, p. 1, tradução nossa).

Através da detecção realizada pelo *laser scanning*, o modelo BIM é atualizado. Desta forma, ao receber o *as built* da instaladora, a conferência ficará mais fácil. A Figura 33 representa o fluxograma destas atividades.

Figura 33 - Fluxograma de atualização no modelo *as built* - com *laser scanning*

Fonte: Autora

4.2. BIM NA OBRA - VISUALIZAÇÃO NO CAMPO POR TODOS OS ENVOLVIDOS

Durante a fase construtiva, a visualização do modelo BIM funciona como um comunicador entre os agentes intervenientes na obra (MARTINS; CACHADINHA 2012). Porém, no item 5.2.3 deste trabalho, é exposto que uma das barreiras encontradas para a utilização do BIM no campo é justamente a forma de visualização do modelo na obra, tanto para a mão de obra indireta (engenheiros, arquitetos, mestres, etc.) quanto direta (pedreiros, marceneiros, eletricitas, etc.). No Projeto I do estudo de caso realizado, conforme relatado anteriormente, foi percebida uma grande dificuldade de visualização do modelo pela mão de obra direta, pois não havia dispositivos móveis disponíveis, nem TVs ou projetores para interação com o modelo. Diante disso, foi necessária a busca por métodos alternativos de apresentação do projeto. Este trabalho apresenta propostas de visualização do modelo BIM no campo.

4.2.1. Criação de pranchas ilustrativas

Este método foi descrito no estudo de caso realizado (item 3.2 deste trabalho), em que, resumidamente, são criadas folhas de desenho a partir do modelo BIM. Estas folhas são distribuídas no campo, conforme as frentes de trabalho envolvidas.

A vantagem é o baixo custo. A desvantagem é o trabalho para atualização e controle das mesmas no campo, depois de emitidas, além do uso excessivo de papel.

Boa parte das construtoras brasileiras ainda utilizam no campo os projetos plotados em papel, o que exige um rígido controle das revisões, para que folhas obsoletas não sejam usadas para a execução por engano. Na construtora estudada, há um rigoroso controle de cópias de projetos impressos na obra. Cada folha é cadastrada e em uma planilha é inserida a informação da empresa que possui a folha e em qual revisão a mesma se encontra. A entrega dos desenhos é protocolada através de um documento e assim, quando há revisão, a rastreabilidade do desenho é facilitada.

4.2.2. Uso de dispositivos móveis

Com a qualificação das lideranças (mestres e encarregados) da mão de obra direta para visualização e manipulação simples do modelo, a projeção deste poderia ser realizada para toda equipe de produção com auxílio, até mesmo, de um protótipo virtual.

Em pesquisa realizada por McGraw Hill (2014), dois terços das construtoras com maior nível de engajamento no uso do BIM estão com o foco em investir em *tablets* e dispositivos móveis para uso da mão de obra no campo.

A partir do modelo disponível para uso no campo, através dos *tablets*, algumas construtoras já realizam as medições dos subempreiteiros (SINDUSCON, 2015). Com o modelo no campo, o engenheiro conseguiria permitir a entrada de fornecedores em determinado setor, utilizando o vínculo do modelo com o cronograma (4D). Ao final de cada serviço, após a auditoria de qualidade do serviço executado no campo pelo engenheiro responsável, seria possível a liberação da medição e, também, automaticamente, a entrada de um novo fornecedor neste mesmo setor. Ainda através

do 4D, seria possível realizar o controle da entrada e estocagem dos materiais, visto que a má estocagem é um problema recorrente nas obras e ocasiona desperdícios e impactos diretos no custo da obra. A Figura 34 representa a proposta do fluxo de como da utilização dos dispositivos móveis na obra.

Figura 34 - Uso de Dispositivos Móveis

Fonte: Autora

4.2.2.1. Aplicativo para celular

Uma pequena experiência foi realizada em uma obra da construtora estudada com a utilização do modelo de estrutura metálica no acompanhamento da sua execução. Já era habitual o fornecimento pela construtora de celulares para os arquitetos e engenheiros que ficam no campo. Diante das opções disponibilizadas no mercado de hoje, este pode ser considerado um celular tecnicamente mediano em relação às demais possibilidades. Neste celular foi instalado o aplicativo *BIM 360° Team*. A Figura 35 representa o celular disponibilizado pela empresa com o aplicativo *BIM 360° Team* em uso.

Figura 35 - Uso do aplicativo BIM 360° Team

Fonte: Autora

A partir deste aplicativo, foi possível visualizar o modelo de toda estrutura metálica e, quando necessário, selecionar os elementos desejados para consulta de informações.

Na versão disponibilizada em abril de 2018 foi possível criar *markups*⁸ dentro do modelo e disponibiliza-las aos demais usuários. Durante a experiência de utilização deste aplicativo, o cliente solicitou alteração no tamanho do portão, que já estava com a estrutura metálica sendo montada. A partir disso foi criado uma markup (Figura 36) para avisar os envolvidos que seria necessário o acréscimo de estrutura metálica para diminuição do portão.

Figura 36 - Anotação de markup no portão

Fonte: Autora

O aplicativo *BIM 360° Team* é da empresa Autodesk. Também foram pesquisados outros fornecedores, como o BIMx, por exemplo, que funciona muito bem para visualização de modelos que foram originados no software Archicad. O aplicativo Tekla Field 3D, da empresa Trimble, apresentou as mesmas funcionalidades que o

⁸ *Markups* são apontamentos dentro de um projeto com o objetivo de alertar outro envolvido no processo. Exemplo: O projetista estrutural insere um *markup* no projeto de arquitetura para alertar que a viga deverá ser maior que o previsto, ou seja, o objetivo foi alertar o projetista de arquitetura.

BIM 360° Field, porém não permitiu que fossem realizadas *markups* dentro do modelo na versão gratuita, ou seja, para isso seria necessária a versão paga. A Figura 37 apresenta a mensagem sobre essa necessidade.

É importante ressaltar que estes aplicativos sofrem atualizações constantemente, e possuem versões diferentes conforme o sistema operacional (Android ou IOS). O teste foi realizado no sistema IOS.

Figura 37 - App da empresa Tekla

O BIM 360° Team é um aplicativo que vem sofrendo atualizações constantes. Na versão disponibilizada em novembro de 2018, a criação de markups foi substituída pela possibilidade de tirar fotos da área selecionada, adicionar comentário e enviar através de vários aplicativos, como WhatsApp e e-mail. A Figura 38 representa o envio por e-mail através deste aplicativo.

Figura 38 - BIM 360 Team - Envio de comentário por e-mail

Fonte: Autora

4.3. SURVEY

Foi realizada uma pesquisa de campo dentro da construtora estudada, com o objetivo de recolher opiniões dos colaboradores em relação às propostas sugeridas neste trabalho.

Através de um questionário (APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO – APLICAÇÃO DO BIM NO CANTEIRO) foram entrevistadas 15 pessoas de 6 áreas diferentes, conforme a distribuição apresentada na Figura 39.

Figura 39 - Área de atuação dos participantes da pesquisa

Fonte: Autora

Dos participantes entrevistados, mais de 50% trabalham na empresa entre 5 a 10 anos, mais de 30 % trabalham entre 3 e 5 anos e apenas 13% trabalham na empresa a mais de 10 anos. Nenhum participante está na empresa a menos de um ano.

Dentre os entrevistados, 80% possuíam mais de 30 anos de idade, demonstrando que funcionários mais maduros se dispuseram a participar da pesquisa. A Figura 40 detalha as faixas de idade.

Figura 40 - Idade dos participantes

Fonte: Autora

Os participantes foram questionados sobre como o projeto *as built* de instalações é realizado na empresa. A maioria informou que o subempreiteiro entrega o *as built* pronto e a conferência é realizada pelo engenheiro de instalações da obra. Quase metade dos entrevistados informou que também ocorre do subempreiteiro entregar o *as built* pronto e a conferência ser realizada pelo arquiteto da obra. Algumas pessoas informaram que o engenheiro de instalações anota as alterações e passa para o arquiteto revisar o projeto. Uma pessoa não tinha o conhecimento de como o *as built* é realizado.

Esses resultados demonstram que não há um padrão e é necessário repensar a forma que o *as built* de instalações é realizado, independente da adoção do BIM ou não. Isso porque a pessoa responsável em obra pela execução das instalações é o engenheiro de instalações e o corresponsável é o engenheiro de produção. Quando não há esta função na obra, o responsável passa a ser o engenheiro de produção que é o único com qualificação para exercer a função. Portanto, uma ferramenta que ajude a realizar a atualização de forma mais simples e efetiva vai contribuir para a resolução dessa questão em termos de recursos disponíveis, e a responsabilidade passará a ser

relacionada a quem responda pelos problemas construtivos e não tanto pela execução da atualização do projeto em si. Ver item 4.1 deste trabalho.

Pensando na natureza do projeto e do BIM, é razoável pensar que o ideal seria não haver projeto *as built*. Ou seja, o projeto é executado exatamente como no papel e, quando por ventura houver a necessidade de alteração, a mesma seria incorporada rapidamente ao projeto antes da execução.

Diante do cenário apresentado na construtora estudada, são os subempreiteiros que normalmente entregam o projeto *as built*, com todas as alterações realizadas. Essas alterações devem ser controladas e conferidas no projeto pelo engenheiro de instalações e/ou engenheiro de produção e, quando detectadas divergências do realizado, as mesmas devem ser incorporadas ao projeto. O arquiteto não deve ser o responsável pela revisão e sim o subempreiteiro, já que o mesmo foi contratado e se responsabilizou pela entrega do projeto *as built* e execução das instalações, formalizando esta entrega através de um contrato com a construtora e da emissão de ART (Anotação de Responsabilidade Técnica), emitida pelo CREA (Conselho Regional de Engenharia e Agronomia).

Foram solicitadas sugestões para melhoria do processo *as built* para os entrevistados. As respostas seguiram quatro direcionamentos. Das sugestões, 40% acreditam que é necessário definir com antecedência quem será o responsável pela atualização do *as built*, 34% acreditam que não deve haver projeto *as built* pois os subempreiteiros devem seguir o projeto e, se por ventura houver, deve ser revisado antes da execução. 13% dos entrevistados não souberam opinar e os outros 13% sugeriram a utilização de softwares ou um sistema que inove na apuração das alterações em campo, para que nada se perca no projeto final executado.

Considera-se que aqueles que sugeriram eliminar a existência do *as built* estão corretos na idealização, porém na prática alterações se fazem necessárias e nem sempre há o tempo hábil de ter o projeto revisado para o momento da execução. Os que sugerem definição dos responsáveis com antecedência pontuam a dificuldade da empresa em se ter uma padronização na elaboração do projeto *as built*.

De todos os quinze entrevistados apenas um não teve algum contato com modelo BIM. Dos que tiveram contato, mais da metade classificou a experiência como boa.

Uma pessoa classificou como péssima a experiência devido a não possuir hardware adequado para manipulação dos modelos e, uma segunda pessoa opinou como ruim, pois o modelo estava incompleto.

Os participantes da *survey* que tiveram contato com o BIM listaram a dificuldade do mercado da construção civil mudar a forma tradicional de operação como principal ponto crítico. Em segundo lugar, ocorreu um empate entre a opção que considerava o fato de os projetistas simplesmente não utilizarem ferramentas BIM e a opção que considerava a falta de conhecimento das ferramentas. Em terceiro lugar. Ocorreu novamente um empate entre três itens, foram pontuados: o fato do modelo se tornar defasado durante a obra, o modelo não estar adequado ao uso (orçamento, obra, planejamento, etc.) e a dificuldade para achar profissionais qualificados. A Figura 41 ilustra esses resultados.

Figura 41 - Principais Pontos Críticos do Uso do BIM

Fonte: Autora

A proposta de visualização do modelo BIM através de dispositivo móvel foi apresentada aos entrevistados. Os resultados mostraram que 78,6% dos participantes da pesquisa possuem celular da empresa. Todos os participantes da pesquisa acharam que a proposta facilitaria a compreensão do projeto e da obra com a visualização do modelo tridimensional pelo celular.

A proposta contida na Figura 34 deste trabalho, do uso de dispositivos móveis para atualização do projeto *as built* durante a obra foi apresentada aos entrevistados. Dos e entrevistados, 93 % acredita que a proposta é válida contra apenas 7% acreditar no inverso.

Os entrevistados foram questionados sobre quem seria o responsável por realizar a anotação no modelo das alterações detectadas, via celular ou outro dispositivo móvel na obra. Conforme Figura 42 mais da metade dos participantes responderam que o responsável é o engenheiro de instalações.

Figura 42 - Proposta 2 - Responsável pela Anotação

Fonte: Autora

Por fim, os entrevistados foram convidados a sugerir como o BIM poderia contribuir para o canteiro de obras (Figura 43). Quase 30% dos participantes responderam que o BIM pode ajudar no planejamento da obra, sendo seguido pelo auxílio na compreensão dos projetos (27%) e maior facilidade de visualizar os projetos (23%). Apenas 2% entenderam que o BIM poderia contribuir na medição dos serviços executados, o que demonstra que é possível explorar a conscientização dos funcionários da empresa sobre as possibilidades de utilização do BIM no canteiro de obras.

Figura 43 - Contribuição do BIM no Canteiro de Obras

Fonte: Autora

Os resultados da *survey* demonstraram que é necessário rever a forma de realização do projeto *as built* na construtora estudada. Grande parte dos funcionários da empresa já teve algum contato com BIM, porém é necessário direcionar seu uso para que seja mais eficiente. É visível que há conhecimento sobre as possíveis atuações do BIM no canteiro de obras, porém é necessário que haja uma padronização de utilização em todas as obras, conforme proposto pelo Plano de Implantação BIM da construtora estudada.

5. CONSIDERAÇÕES E CONCLUSÃO

A seguir são apresentadas as considerações finais diante dos resultados esperados e das dificuldades encontradas durante a pesquisa da construtora estudada.

5.1. RESULTADOS ESPERADOS

Com o uso do processo BIM, resultados de natureza qualitativa, econômica, ambiental, tecnológica e gerencial são esperados. Todos os itens organizados na Figura 44 foram abordados por Parreira e Cachadinha (2012) como valores ganhos conforme utilização do processo BIM.

Figura 44 - Natureza dos resultados esperados

Fonte: Autora

A partir do momento em que se tem um projeto realmente executável aliado com um planejamento logístico bem realizado, há um aumento da produtividade e as incompatibilidades encontradas no momento da execução diminuem. Com isso, diminuem também os retrabalhos, o desperdício de material e o custo da mão de obra e de equipamentos.

O uso das ferramentas BIM tem como premissa a integração dos processos envolvidos na execução de uma obra. Projetos, produção, planejamento, suprimentos,

contratos têm que estar alinhados para que o processo BIM se mantenha operante por toda a obra.

Todos estes pontos reunidos geram um produto final de melhor qualidade.

Esta pesquisa buscou apresentar as vantagens da utilização do processo BIM no decorrer da obra, ou seja, durante a execução de um empreendimento, por todos os colaboradores envolvidos (mão de obra direta e indireta). Foram realizadas propostas para atualização do modelo BIM durante a obra, com o objetivo de se obter um modelo *as built* mais confiável e preciso, contribuindo assim, para a melhora da qualidade do produto final, conforme mencionado no parágrafo acima.

5.2. BARREIRAS ENCONTRADAS NA CONSTRUTORA ESTUDADA

A seguir, foram pontuadas as principais barreiras encontradas durante o estudo da construtora pesquisada.

5.2.1. **Projetistas não usam ferramentas BIM**

Além de alguns projetistas não modelarem em softwares BIM, a maioria não conseguiu atender aos prazos que o processo BIM exigia. Conforme a coordenação de projetos detectava as necessidades de revisões e passava aos projetistas, eles não davam conta da demanda de entregar em tempo hábil as revisões para que estas pudessem ser inseridas no modelo, seja internamente ou por meio de terceiros. O tempo para entrega em alguns casos era subdimensionado, devido a exigências do próprio cliente para atender aos prazos de execução, que eram somados ao grande número de projetos que os projetistas estavam envolvidos ao mesmo tempo.

Há alguns anos, Prates (2010) ressaltou a dificuldade de projetistas de escritórios pequenos com a implantação do processo BIM, devido ao alto custo com softwares e hardwares. Dentro da construtora estudada, foi possível verificar que alguns projetistas parceiros ainda hoje não implantaram o processo BIM justamente devido ao investimento necessário em equipamentos e treinamentos de profissionais.

Um ponto desafiador para o projetista é a responsabilidade assumida. Ao projetar dentro do processo BIM, o projetista tem que antecipar a resolução de questões que muitas vezes eram solucionadas apenas no campo, pelos próprios executores, como por exemplo, a definição das cotas de todas as tubulações, para que sejam ajustadas dentro do forro, ou dentro do *shaft*.

A tendência, por sua vez é que, na medida que o BIM esteja mais amplamente difundido entre os projetistas, as construtoras passem a buscar no mercado por projetistas parceiros que possam entregar projetos mais completos, apoiados então em modelos BIM.

Enquanto ainda houver dificuldades para o recebimento de projetos em BIM vindos dos projetistas, Eastman et al. (2011) sugerem que a construtora se responsabilize pelo modelo, pois são muitos os benefícios atrelados ao uso do BIM na obra. Quando não for possível criar o modelo BIM dentro da construtora, o autor sugere que seja avaliada a contratação de um consultor para o desenvolvimento do modelo. A Figura 45 apresenta fluxograma de modelagem na situação que os projetistas contratados não utilizam BIM.

No item 3.4 deste trabalho foi verificado, através de estudo de caso, o uso do consultor para terceirização da modelagem.

Figura 45 - Fluxograma de um empreendimento que os projetistas não utilizam BIM

Fonte: Eastman et al. (2011)

A construtora é um agente de peso no mercado da construção civil. A partir do momento que mais construtoras aderirem ao BIM, automaticamente ocorrerá o incentivo para que os outros agentes sintam-se motivados a também aderirem, de modo que os benefícios vão se estender para ambos os lados.

Governos de vários países do mundo estão exigindo que as obras os projetos de obras públicas sejam desenvolvidos em BIM. No Brasil, em 2018, o presidente Michel Temer aprovou o decreto nº 9.377 que institui a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modeling (DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO, 2018). Com isso, acredita-se que o incentivo para implantação do BIM no país será maior nos diversos ramos de atuação dentro da Construção Civil.

5.2.2. Falta de convencimento das lideranças

Outra barreira apresentada foi relacionada à dificuldade de convencimento das lideranças pois, apesar de perceberem a importância do BIM, havia o investimento inicial necessário com a compra de hardwares, licenças de softwares e treinamento de equipe dedicada. Os riscos embutidos os deixavam muito inseguros. O diretor de edificações visitou uma construtora do grupo nos EUA, que já utilizava ferramentas BIM e então se convenceu da importância da sua implantação. A partir disso, passou

a solicitar que os gerentes de negócio incluíssem o custo do BIM nas obras sob sua gestão. Porém nada foi imposto.

Cada área da empresa (projetos, planejamento, suprimentos, etc.) realizava, anualmente, um workshop com participantes de todas as obras no Brasil. Nesses workshops também foram realizadas palestras objetivando esclarecer os funcionários sobre a importância do BIM.

Ainda assim, no ano de conclusão do Plano de Implementação BIM, dos sete contratos iniciados, apenas dois utilizaram o processo BIM. Este número só aumentou quando os clientes começaram a requisitar o BIM desde os processos de concorrência, demonstrando um amadurecimento do mercado.

5.2.3. Dificuldade de visualização do modelo no campo (obra)

Nas obras, nem sempre houve previsão de custo para a utilização de dispositivos móveis como celulares ou *tablets*. E quando houve possibilidade de obtenção de celulares, a mão-de-obra direta e indireta não conseguiu manipular o modelo, devido à falta de habilidade e hábito para tal.

O item 4.2 deste trabalho apresenta algumas alternativas para vencer esta barreira.

5.2.4. Requerimentos não claros do cliente

Os clientes têm passado a solicitar o BIM desde a concorrência até o uso em obra, segundo informações fornecidas pela construtora abordada no estudo de caso deste trabalho. Porém, em alguns casos o aprofundamento do uso do BIM não é especificado, o que gera confusões sobre os resultados esperados.

5.2.5. Imposição de uso de software específico

Foi determinado pela matriz internacional que um software específico para controle de custos e orçamento precisaria ser utilizado. Isso impactou diretamente na evolução da implantação do processo BIM, principalmente em relação ao uso do 5D, pois não

havia histórico de empresas brasileiras que usavam este software e o suporte e manuais eram em alemão. Além disso, o funcionamento do software não era aproximado dos demais softwares para 5D no mercado, o que dificultava o entendimento do mesmo.

5.2.6. Suporte de TI inadequado às necessidades das ferramentas BIM

A instalação dos softwares BIM não é tão simples se comparada aos softwares de maior uso como os programas do Pacote Office.

O Revit, por exemplo, precisa ser instalado em conjunto com sua biblioteca. Por ser um software pesado, participante de um pacote com outros softwares da Autodesk, possui uma instalação demorada. Em muitos casos, o Revit era instalado incompletamente e a equipe de TI não conseguia reparar a instalação. Mesmo com a reinstalação, o problema da falta de biblioteca padrão se mantinha.

A equipe de TI na empresa estudada demonstrou algumas dificuldades de lidar com estas instalações. Foi preciso buscar suporte externo, com as revendedoras de softwares e com os próprios fabricantes, o que gerou uma grande perda de tempo no processo de modelagem e coordenação de projetos.

5.2.7. Crise no mercado da construção civil

O cenário político de 2016 refletiu diretamente na economia e no mercado da construção civil e a crise se estendeu atingindo o ano de 2017. Com a crise, os investimentos foram reduzidos em todas as áreas, e isso refletiu-se na falta de continuidade da aplicação do processo BIM nos projetos novos.

5.2.8. Alto custo com hardwares e softwares

Apesar do pacote Autodesk já adquirido, outros softwares se fazem necessários para a implantação completa do processo BIM. Porém, o alto custo com estes se tornou uma dificuldade para a sua implantação. Os softwares Synchro e Navisworks Manage precisaram ser adquiridos separadamente. Hoje o Navisworks Manage já está incluído no pacote da Autodesk, mas no momento da implantação não estava.

Na época, não foi possível adquirir outros softwares, como o Solibri, por falta de verba.

5.3. CONCLUSÃO

Em tempos de crise econômica, surge a oportuna opção de repensar as rotineiras práticas dentro da cadeia da construção civil.

A pesquisa da McGraw Hill (2014) relata que as empresas citaram como um dos principais benefícios a melhora da imagem da empresa no mercado com a implantação do BIM e reconhecem que para alcançar este propósito é necessário todo um time capacitado para o uso do processo BIM na organização.

Durante o ano de 2017, o CAU/SP (Conselho de Arquitetura e Urbanismo de São Paulo) promoveu capacitação gratuita na cidade de São Paulo para diversos temas, entre eles o BIM, envolvendo arquitetos e estudantes de arquitetura e urbanismo (CAU/SP, 2017). Medidas como esta reforçam a ideia que o BIM está ganhando cada vez mais espaço no mercado da construção civil.

Diante dos resultados obtidos com o estudo de caso e a *survey*, foi possível perceber que a empresa estudada tem muito para evoluir dentro da implantação do processo BIM na obra, porém os passos já dados foram importantes e trouxeram resultados relevantes para a empresa, conforme apresentado.

Com a implantação do BIM, algumas posições profissionais podem surgir como forma de organização da equipe. Não se detectou uma regra, uma vez que cada empresa possui uma realidade distinta. Algumas posições existentes podem passar a ter maior destaque. No estudo de caso realizado foi percebido que o Gerente de Instalações teve papel fundamental no processo de utilização do BIM no canteiro, no decorrer do Projeto I. Através da modelagem BIM, foram detectadas diversas incompatibilidades e através do conhecimento técnico do Gerente, foi possível propor novas soluções, fazendo com que a revisão de projeto fosse mais rápida e eficiente.

Ainda com o estudo realizado, foi possível perceber a importância de se obter um plano BIM alinhado com a estratégia da empresa. O ideal é que este plano seja flexível

às evoluções tecnológicas do mercado e que acompanhe as necessidades da empresa.

Algumas empresas têm adotado a posição de Coordenador BIM ou BIM Manager na reestruturação da equipe de trabalho como consequência da implantação do processo BIM na empresa. Este profissional é o responsável pela organização do setor BIM na organização e pela gerência da equipe que trabalhará no processo (ROCHA, 2013). Manzione (2017) defende que o Coordenador BIM é o resultado da qualificação e aprimoramento do atual Coordenador de Projetos, ou seja, deve-se treinar os coordenadores atuais para se adequarem ao processo BIM, tornando-os assim Coordenadores BIM.

Para obter um resultado satisfatório, é importante escolher apropriadamente o uso do modelo (compatibilização, 4D, 5D, etc.) e qual seu LOD (nível de desenvolvimento), pois nem sempre a modelagem mais detalhada é a melhor opção. Um modelo com alto nível de desenvolvimento pode se tornar pesado e de difícil manuseio, dificultando seu uso. Para tanto, a gestão da necessidade *versus* possibilidade é fundamental para obter um melhor resultado.

No decorrer deste trabalho foram desenvolvidas diretrizes para aumentar a eficiência da utilização do BIM durante a construção de um empreendimento por uma empresa construtora. Também foi possível avaliar ferramentas e métodos que permitissem a atualização do modelo BIM durante a obra.

Através de estudo de caso, foi possível analisar as experiências levantadas em uma construtora, com diferentes particularidades em quatro experiências distintas.

A partir da revisão bibliográfica em união com o estudo de caso, foi possível a criação de propostas para melhor utilização do modelo BIM no canteiro de obras, tanto pela MOD quanto pela MOI.

A *survey* pode complementar o levantamento de dados da construtora estudada e atestar a opinião dos funcionários participantes sobre as propostas elaboradas nesta dissertação.

REFERÊNCIAS

AIA – THE AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS. **Integrated Project Delivery: A Guide**, 2007. Disponível em: <http://www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/document/aiab085539.pdf>. Acesso em 08 ago. 2017.

AIA – THE AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS. **Guide, Instructions and Commentary to the 2013 AIA Digital Practice Documents**. 2013. Disponível em: <http://aiad8.prod.acquia-sites.com/sites/default/files/2017-02/2013%20Digital%20Practice%20Documents%20Guide.pdf> . Acesso em 21 out. 2016.

ANDERY, P. R.; CAMPOS, C.; ARANTES, E. M. **Desenvolvimento de um termo de referência para o gerenciamento de projetos integrados em uma instituição pública**. Revista Gestão & Tecnologia de Projetos, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 38-61, 2012.

ARROTÉIA, A. V. Gestão do projeto e sua interface com o canteiro de obras sob a ótica da preparação da execução de obras (PEO). Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15965-1**: sistema de classificação da informação da construção. Rio de Janeiro. 2011.

AUTODESK. **Improving Building Industry Results through Integrated Project Delivery and Building Information Modeling**. Autodesk Whitepaper. 2008. Disponível em: https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/files/bim_and_ipd_whitepaper.pdf. Acesso em 17 mar. 2018.

AUTODESK HELP. **Sobre as Famílias**. 30 de julho de 2018. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/PTB/Revit-Model/files/GUID-6DDC1D52-E847-4835-8F9A-466531E5FD29-htm.html>. Acesso em: 22 dez 2018.

BERLO, L.V., NATROP, M. **BIM on the construction site: providing hidden information on task specific drawings**. Journal of Information Technology in Construction. V.20, p. 97-106. 2015.

BIMFORUM. **Level of Development Specification**. Versão 2015. Disponível em: <http://bimforum.org/lod/>. Acesso em 21 out. 2016.

BIS. **A Report for the Government Construction Client Group, Building Information Modelling (BIM)** Working Party Strategy Paper: Department for Business Innovation & Skills (BIS). Março, 2011. Disponível em: <https://www.cdbb.cam.ac.uk/Resources/ResoucePublications/BISBIMstrategyReport.pdf>. Acesso em 04 ago 2018.

CAIADO, V. N. S.; SALGADO, M. S. **A gestão de contratos e sua influência na qualidade do processo de projeto: estudo de caso em construtoras do Rio de Janeiro**. Gestão & Tecnologia de Projetos. Vol. 1, nº 1, Novembro, 2006.

CASTANHO, M.; CURY, A.; FABREGUES, M. G; JORGE, C. A. M.; LAZZARI, A. M.; **BIM como oportunidade para arquitetos e urbanistas**. Móbile – Revista do CAU/SP. Edição 10. p. 46-47. São Paulo, 2017.

CAU/SP. **Capacita Arquiteto e Urbanista**. Móbile – Revista do CAU/SP. Edição 10. p. 21. São Paulo, 2017.

DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. **DECRETO Nº 9.377, DE 17 DE MAIO DE 2018**. Seção 1, Página 3. Ed. 18 maio 2018. Brasília. 2018. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2018/decreto-9377-17-maio-2018-786731-publicacaooriginal-155623-pe.html> . Acesso em 22 dez 2018.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**, 2nd Edition. 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc., 2011.

FERNANDES, R. P. L. **Advantages and Disadvantages of BIM Platforms on Construction Site**. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Portugal. 2013.

HUBER, D.; AKINCI, B.; ADAN, A.; ANIL, E; OKORN, B; XIONG, X. **Methods for Automatically Modeling and Representing As-built Building Information Models**. Proceedings of 2011 NSF Engineering Research and Innovation Conference, Atlanta, Georgia. 2011.

KANER, I.; SACKS, R.; KASSIAN, W. **Case studies of BIM adoption for precast concrete design by mid-sized structural engineering firms**. ITCON, Vol. 13, 303-323. 2008.

KIMURA, A. E. **Revista Técnica**. Reportagem concedida a Bruno Loturco (revista Técnica) em Agosto de 2017. Edição 245. p.12. Disponível em: <http://techne.pini.com.br//engenharia-civil/245/especialista-afirma-que-embora-esteja-em-processo-de-difusao-o-382604-1.aspx> . Acesso em 24 set 2017.

KOLARIC, S.; PAVLOVIC, D.; VUKOMANOVIC, M. **Developing a methodology for preparation and execution phase of construction project**. Organization, technology and management in construction, An international journal 7 (1), p. 1197-1208. 2015.

KREIDER, R. G.; MESSNER, J. I. **The Uses of BIM: Classifying and Selecting BIM Uses**, University Park, PA, EUA, Set. 2013. Disponível em: http://bim.psu.edu/uses/the_uses_of_bim.pdf . Acesso em: 05 mai. 2017.

MANZIONE, L. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM**. 2013. Tese (Doutorado em Engenharia

de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. doi:10.11606/T.3.2013.tde-08072014-124306. Acesso em: 21 jan. 2018.

MANZIONE, L. **O BIM Manager é realmente necessário?** Make BIM. Artigo. 07 nov 2017. Disponível em: <https://www.makebim.com/2017/11/07/o-bim-manager-e-necessario/>. Acesso em: 23 dez 2018.

MARTINS, F. M.; CACHADINHA, N. **Novas Utilizações das Potencialidades BIM – Apoio à medição de trabalhos realizados e produção de modelos as-built fiáveis e ricos em informação para a fase de manutenção.** Congresso Construção 2012. 4ed. Coimbra, 2012.

MCGRAW HILL **The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets: How contractors around the world are driving innovation with Building Information Modeling.** Bedford: McGraw Hill Construction, 2014.

MEC, Ministério da Educação. **Dispõe sobre o mestrado profissional no âmbito da Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES.** Portaria Normativa n. 17, de 28 de dezembro de 2009.

NATIONAL AGENCY FOR ENTERPRISE AND CONSTRUCTION (2006). **Making Sense - a vision for the Danish construction industry.** Copenhagen: National Agency for Enterprise and Construction, January 2006. 19p. Disponível em: http://www.cibworld.nl/app/export/MUBhrsRh/20101504/af74fecfef1bc8e80cd83fff4fb5209e/vision2020_making_sense.pdf. Acesso em: 12 jun. 2016.

PARREIRA, J.; CACHADINHA, N. **Implementação BIM e integração nos processos intraorganizacionais em empresas de construção. Estudo de caso.** Congresso Construção 2012. 4ed. Coimbra, 2012.

PENN STATE. CIC Research Group, Department of Architectural Engineering, The Pennsylvania State University. **BIM Project Execution Planning Guide** Version 2.1, 2011. Disponível em: <<http://bim.psu.edu>>. Acesso em: 05 mai. 2017.

PRATES, V. **Revista Construção Mercado.** BIM avança no Brasil. Edição 112, 2010. Disponível em: <http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/112/artigo283816-1.aspx>. Acesso em: 10 ago. 2017.

ROCHA, A. P. **Gerente BIM.** Revista Técnica. Edição 191. Fevereiro, 2013. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/191/gerente-bim-profissional-e-o-responsavel-pelo-aprimoramento-da-285986-1.aspx>. Acesso em 27 ago 2018.

SANTOS, W. R. **Estudos de caso de implementação da modelagem da informação da construção em microescritórios de arquitetura.** 2016. Dissertação (Pós-graduação Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT) Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. Disponível em: http://cassiopea.ipt.br/teses/2016_HAB_William_Santos.pdf. Acesso em 21 jan 2018.

SINDUSCON. **Seminário Internacional BIM.** São Paulo: SINDUSCON, 22 out. 2015.

ZEGARRA, S. L.; FRIGIERI, V. J.; CARDOSO, F. F. **A tecnologia da informação e a indústria da construção de edifícios.** In: Simpósio Brasileiro de Gestão de Qualidade e Organização do Trabalho, 1999. Recife: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1999.

REFERÊNCIAS CONSULTADAS

BARGSTÄDT, H. **Challenges of BIM for Construction Site Operations**. Procedia Engineering. v.117, p. 52-59. 2015.

GTBIM AsBEA. **Guia AsBEA de boas práticas em BIM – Fascículo I**. São Paulo.Out. 2013. Disponível em: http://www.caubr.gov.br/wp-content/uploads/2014/02/Guia_Bim_AsBEA.pdf. Acesso em 05 mai 2017.

SUCCAR, B. **Building Information Modeling: Conceptual Constructs and Performance Improvement Tools**. Tese (Doutorado em Filosofia). University of Newcastle. Callaghan, Austrália. 2013.

APÊNDICE A - TUTORIAL NAVISWORKS FREEDOM

O Navisworks Freedom é um visualizador de extensões DWF e NWD, disponível gratuitamente no site da Autodesk.

A partir do software Revit, também da Autodesk, é possível exportar para Navisworks, com o comando *External Tools – Navisworks 2018 – Escolher o local de salvamento*, será gerado um arquivo NWC.

Dentro do Navisworks Simulate ou Navisworks Manage, todos os arquivos NWCs são unificados em um único arquivo NWD que pode ser aberto no Navisworks Freedom.

Abrindo o arquivo

- 1 – Na barra superior selecionar o botão Open ou ainda, pelo comando no teclado Ctrl + O;
- 2 – Selecionar o arquivo e clicar em abrir.

Alguns Comandos no Navisworks

- **HOME> Select & Search**

Select All/ None/ Invert selection: Ferramenta para definição do que será selecionado.

Select/ Select box: Ferramenta para seleção dos elementos, com duas possibilidades: seleção individual e seleção de um grupo de elementos.

Selection Tree: Ferramenta para abrir o navegador com todos os itens de todos os modelos (arquivos .nwc).

- **HOME> Visibility**

Hide Unselected: Ferramenta para desligar os elementos não selecionados.

Hide: Ferramenta para desligar o elemento selecionado.

Unhide All: Ferramenta para ligar todos os elementos que estão desligados.

- **HOME> Display**

Links: Ferramenta para visualizar os endereços eletrônicos dos fabricantes das peças inseridas no modelo.

Quick Properties: Com este comando ativado é possível visualizar as propriedades dos elementos sem que seja preciso selecioná-los, apenas passando o mouse sobre eles.

Properties: Ferramenta para visualizar todas as propriedades do elemento selecionado.

- **HOME> Display> Properties**

Properties: Ferramenta para visualizar todas as propriedades do elemento selecionado..

Na barra de propriedades, cada elemento possui diversas abas, conforme sua especificidade.

Através do ID do elemento selecionado, é possível localizá-lo no modelo rapidamente.

- **VIEWPOINT> Navigate**

Look Around – É possível observar ao redor sem mudar o ponto de observação.

Walk: Comando para navegar no modelo dentro da perspectiva de um pedestre.

Realism: Opções adicionais para ajustar a navegação do comando **Walk**, deixando-o mais próximo da realidade. Ideal para vídeos.

Barra Lateral de Navegação:

Os mesmos comandos de navegação podem ser acessados pela barra.

Steering Wheels – Com este comando acionado, é possível usar a maioria dos comandos de navegação rapidamente, pois eles aparecerão próximos a seta do mouse.

Pan – Este comando não muda o ângulo de visualização e apenas move o mouse paralelamente dentro do ângulo vigente. Também é possível acioná-lo segurando o scroll do mouse.

Zoom Windows – Tipologias de Zoom, conforme a necessidade.

Orbit – Mudança do ângulo da perspectiva. Também é possível acioná-lo com o scroll do mouse + shift

- **VIEWPOINT> Enable Sectioning**

Enable Sectioning: Ao seleccionar esta opção, abrirá a seguinte tela:

Planes ou Box: Existem duas opções de sectionar o modelo. Quando escolhida a opção Planes, é possível seleccionar os diversos planos de cortes possíveis em *Planes Settings*.

Em **Transform** é possível mover ou rotacionar os planos de corte. Com o comando *Fit Selection* é possível delimitar o espaço de corte de um elemento específico.

APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO – APLICAÇÃO DO BIM NO CANTEIRO

1. Qual o seu cargo na construtora? _____
2. Aproximadamente, há quanto tempo você ocupa o seu cargo atual?
 - a) Até 1 ano
 - b) De 3 a 5 anos
 - c) De 5 a 10 anos
 - d) Acima de 10 anos
3. Qual a sua idade?
 - a) 18 a 29 anos
 - b) 30 a 39 anos
 - c) 40 a 49 anos
 - d) 50 a 59 anos
 - e) 60 anos ou mais
4. Como o projeto *as built* de instalações é realizado hoje nas obras? (permitida a escolha de mais de uma opção)
 - a) O subempreiteiro entrega o *as built* pronto. A conferência é realizada pelo engenheiro de instalações da obra.
 - b) O subempreiteiro entrega o *as built* pronto. A conferência é realizada pelo arquiteto da obra.
 - c) O subempreiteiro entrega o *as built* pronto. A conferência é realizada pelo engenheiro de produção da obra.

- d) O engenheiro de instalações anota as alterações e passa para o arquiteto revisar o projeto.
- e) O engenheiro de instalações anota as alterações revisa o projeto.
- f) Não é realizado projeto as built.
- g) Outro. Especifique: _____

5. Qual sua sugestão para melhoria do processo de elaboração do *as built* hoje?

6. Você já teve contato com um modelo BIM?

☐

Sim

☐

Não

Se negativo, pule para a questão 13.

7. Como foi sua experiência com o modelo BIM?

8. Cite os principais pontos críticos.

A seguir, serão apresentadas duas propostas com perguntas sobre cada uma delas.

Proposta 1 – Utilização de Dispositivos móveis para navegar no modelo 3D da obra

Nas vistorias à obra, é possível, a partir de um celular ou *tablet*, navegar por um modelo 3D. Com este modelo pode-se visualizar todos os ambientes considerados no projeto.

Ao selecionar um objeto como uma porta, por exemplo, é possível verificar informações de materiais, acabamentos, entre outros.

A imagem a seguir, representa um modelo de estrutura metálica no visualizado no celular disponibilizado pela empresa.

9. Você tem celular da empresa?

☐ Sim ☐ Não

10. Acha que facilitaria sua compreensão do projeto, se tivesse a oportunidade de navegar por um modelo 3D?

- a) Sim, acho que facilitaria minha compreensão com a 3ª dimensão.
- b) Não, acho que não me acrescentaria nada.

Proposta 2 – Melhoria na consolidação do projeto de instalações *as built*

Quando um trecho for alterado na obra, através de modelo 3D (que pode ser acessado de celular, *tablet* ou computador) selecionar trecho que foi alterado em relação ao projeto original e adicionar comentário, descrevendo a alteração.

Ao receber o *as built* do subempreiteiro, deverá ser realizada checagem com as anotações do modelo. Caso não esteja de acordo com o que foi executado, o modelo com as anotações deverá ser enviado ao subempreiteiro para revisão do projeto corretamente.

11. Você acredita que seria mais fácil anotar em um modelo 3D as alterações ocorridas na obra, para futuro projeto *as built*?

☐

Sim

☐

Não

12. Dentro da obra, qual cargo você indicaria para ser o responsável por esta atividade?

- a. Arquiteto
- b. Engenheiro de Produção
- c. Engenheiro de Instalações
- d. Outro. Especifique: _____

BIM (*Building Information Modeling* ou Modelagem da Informação da Construção) é um processo que propõe antecipar a construção da obra através da modelagem virtual, ou seja, através da criação de um modelo 3D. Este modelo pode conter diversas informações sobre a obra, como dimensões, materiais, acabamentos, cotas, etc. Também, através deste modelo, é possível visualizar todos os ambientes da obra, seja em 3D, ou através de plantas, cortes ou elevações. Além disso, é possível incluir informações sobre o funcionamento dos equipamentos a serem instalados.

O modelo pode ser ainda vinculado ao cronograma, onde é possível prever como será a sequência executiva da obra e pode ser vinculado também ao orçamento, o que permite analisar o avanço físico-financeiro da obra.

13. Por fim, como você acha que o BIM pode contribuir no canteiro de Obras?

- a) Na organização do canteiro de obras
- b) Na visualização dos projetos
- c) Na compreensão dos projetos
- d) No planejamento
- e) Na produção
- f) Não acho que pode auxiliar.
- g) Outro. (especifique): _____

Obrigada pela sua atenção!