

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ISSARA GABRIELLA GALDINO DE BRITO

**ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DO BIM:
APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SLAM BIM NO GERENCIAMENTO DE UMA
OBRA DE CONSTRUÇÃO CIVIL**

Recife

2018

ISSARA GABRIELLA GALDINO DE BRITO

**ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DO BIM:
APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SLAM BIM NO GERENCIAMENTO DE UMA
OBRA DE CONSTRUÇÃO CIVIL**

Dissertação de Mestrado apresentada à UFPE para a obtenção de grau de Mestre como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Gerência da Produção.

Orientadora: Prof. Dr.^a Luciana Hazin Alencar.

Recife

2018

Catálogo na fonte
Bibliotecária Valdicea Alves, CRB-4 / 1260

B862a Brito, Issara Gabriella Galdino de.

Análise da utilização do bim: aplicação da metodologia slam bim no gerenciamento de uma obra de construção civil / Issara Gabriella Galdino de Brito - 2018.

103 folhas, Il. e Tabs.

Orientador: Prof. Dr.^a Luciana Hazin Alencar.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2018.

Inclui: Referências e Apêndice.

1. Engenharia de Produção. 2. Building information modeling. 3. Gestão da construção. 4. SLAM BIM. 5. Indicadores de performance. I. Alencar, Cristiano Luciana Hazin (Orientadora). II. Título.

UFPE

658.5 CDD (22. ed.)

BCTG/2018-184

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA
DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE**

ISSARA GABRIELLA GALDINO DE BRITO

**“ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DO BIM:
APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SLAM BIM NO GERENCIAMENTO DE UMA
OBRA DE CONSTRUÇÃO CIVIL”**

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: GERÊNCIA DA PRODUÇÃO

A comissão examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência do(a) primeiro(a), considera o candidato ISSARA GABRIELLA GALDINO DE BRITO, - APROVADA.

Recife, 16 de fevereiro de 2018.

Prof.^a Dr.^a LUCIANA HAZIN ALENCAR - Orientadora (PPGEP/UFPE)

Prof.^a Dr.^a CAROLINE MARIA DE MIRANDA MOTA (PPGEP/UFPE)

Prof. Dr. ANTÔNIO ACACIO DE MELO NETO (Dep. de Engenharia Civil e Ambiental/UFPE)

Dedico esse trabalho a todos que almejam melhorias em seus processos.

Especialmente, agradeço ao homem que me incentiva pessoalmente a questionar convenções e hábitos tradicionais; perceber as práticas que não produzem bons resultados; e a me arriscar para melhorar meus métodos a cada dia: meu marido.

AGRADECIMENTOS

É com grande alegria que apresento as pessoas e órgãos que me apoiaram durante essa fase de realização desse trabalho. Por terem me ajudado, o meu muito obrigada.

Agradeço primeiramente a Deus, que tem me dado inúmeros presentes e dentre eles, a realização desse curso.

Agradeço meus pais e pelo suor e horas de trabalho que foram transformados em investimento na minha educação. Que mais pessoas entendam o que eles entenderam e me ensinaram: a mais valiosa herança e única que não se pode ser tomada é o conhecimento.

Agradeço ao meu eterno namorado, que se tornou recentemente meu marido, por seu apoio incansável e todo amor em forma de cuidado, da matrícula à defesa. Não teria conseguido sem você.

Agradeço aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – PPGEP da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE e aos colegas do Grupo de Pesquisa em Desenvolvimento e Gerenciamento de Projetos, o Project Management and Development - PMD por terem sido por vezes respostas rápidas e experientes para solução de problemas.

Agradeço a orientadora Prof.^a Dra. Luciana Hazin, que dispôs de seu tempo e sabedoria para me guiar durante a caminhada.

Agradeço a diretoria e a toda equipe e da empresa selecionada para participar do estudo de caso. A disponibilidade e vontade de contribuir do grupo foram diferenciais para que esse trabalho pudesse ser realizado.

E por fim, agradeço ao órgão financiador CAPES pelo apoio financeiro.

*“Alguns homens vêem as coisas como são, e dizem ‘Por quê?’
Eu sonho com as coisas que nunca foram e digo ‘Por que não?’”*
(George Bernard Shaw)

RESUMO

O *Building Information Modeling* (BIM) é a ferramentas e a aplicação de processos e softwares que permitem a interação entre os vários atores da construção civil para que eles possam, colaborativamente, projetar, construir ou operar um empreendimento. O BIM vem sendo discutido em detalhes e cada vez mais impulsionado a ser utilizado com vários propósitos. Mas o objetivo geral da utilização do BIM é melhorar o atual sistema da construção civil. Porém, nem mesmo os próprios usuários enxergam o BIM como um instrumento de melhora de seu desempenho no trabalho porque os benefícios que o BIM promete não são claramente compreendidos. Nesse sentido, o estudo busca uma melhor compreensão das formas com que a ferramenta pode ser utilizada e quais benefícios podem ser alcançados a partir disso. É necessário então que se façam esforços para analisar a utilização do BIM como ferramenta de melhoria para os processos construtivos, esse é o objetivo do estudo. Para isso, utiliza-se a metodologia apresentada por Won & Lee (2016), Success Level Assesment Model – SLAM BIM. A metodologia, que é orientada à objetivos, é baseada no pressuposto de que só é possível medir o sucesso da utilização do BIM no projeto se os objetivos a serem atingidos com essa utilização estiverem bem definidos. E é em uma empresa que apresenta claramente quais benefícios deseja alcançar que é realizado um estudo de caso. Com a aplicação da metodologia, foram selecionados quatro indicadores para analisar o BIM: Retorno sobre investimento, conformidade ao cronograma, solicitações de mudanças e tempo de resposta. É observado que a empresa investiu 0,6% do valor do contrato no BIM para a aplicação de três das seis principais formas da utilização do BIM. Foi concluído que essas três formas de utilização são capazes de gerar os benefícios buscados pela empresa. Isso é importante para que os benefícios do BIM sejam percebidos e assim, sua utilização seja considerada atrativa pela indústria da construção civil.

Palavras-chave: Building information modeling. Gestão da construção. SLAM BIM. Indicadores de performance.

ABSTRACT

Building Information Modeling (BIM) is a tool and application of processes and softwares that allow interaction between the various construction stakeholders to collaboratively design, build, or operate an enterprise. The BIM has been discussed in detail and increasingly driven a being used for various purposes. But the overall goal of using BIM is to improve the current civil construction system. But even the next users do not see BIM as a tool for improving their work performance because the benefits that BIM promises are not fully understood. In this sense, the study seeks a better understanding of the forms with a solution of law and can be compared. It is necessary then that efforts are made to analyze the use of BIM as a tool for improvement of the constructive processes, that is the purpose of the study. For this, the methodology presented by Won & Lee (2016), Success Level Assessment Model - SLAM BIM is used. The goal-oriented methodology is based on the assumption that it is only possible to measure the success of using BIM in the project if the objectives to be achieved with such use are well defined. And it is in a company that clearly outlines what benefits you want to achieve that a case study is conducted. With the application of the methodology, four indicators were selected to analyze BIM: Return on investment, schedule compliance, change requests and response time. It is observed that the company invested 0.6% of the value of the contract in BIM for the application of three of the six main forms of the use of BIM. It was concluded that these three forms of use are capable of generating the benefits sought by the company. This is important so that the benefits of BIM are perceived and so its use is considered attractive by the construction industry.

Keywords: Building information modeling. Construction management. SLAM BIM. Performance indicators.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução da produtividade da construção civil em relação a todos os outros setores não agrícolas.....	14
Figura 2 – Diferenças entre um objeto fixo, um objeto semi-paramétrico e um objeto totalmente paramétrico.....	22
Figura 3 – Representação dos diferentes “níveis de detalhes” para uma cadeira.....	24
Figura 4 – Dimensões BIM.....	25
Figura 5 – Influência do BIM no custo total do empreendimento e marcação das etapas com usos mais comuns do BIM.....	30
Figura 6 – Principais benefícios do BIM de acordo com as etapas do ciclo de vida do projeto.....	30
Figura 7 – Países onde o BIM possui uma difusão considerável.....	35
Figura 8 – Casos possíveis de usos BIM segundo a PennState University.....	40
Figura 9 – Classificação dos tipos de usos BIM: Grupo 1.....	42
Figura 10 – Classificação dos tipos de usos BIM: Grupo 2.....	43
Figura 11 – Classificação dos tipos de usos BIM: Grupo 3.....	44
Figura 12 – Classificação dos tipos de usos BIM: Grupo 4.....	45
Figura 13 – Classificação dos tipos de usos BIM: Grupo 5.....	46
Figura 14 – Classificação dos tipos de usos BIM: Grupo 6.....	47
Figura 15 – Representação da distribuição tempo-esforço em processos BIM e em processos de construção tradicionais.....	50
Figura 16 – Comparação geral das curvas de tempo-esforço dos projetos com e sem o uso do BIM.....	52
Figura 17 – Comparação da curva de aprendizado para trabalhos de construção sem o uso do BIM (curva F) e com o uso do BIM (curva F')	53
Figura 18 – Etapas da metodologia SLAM BIM.....	70
Figura 19 – Definição de objetivos da Empresa A.....	72
Figura 20 – Identificação de usos BIM relacionados aos objetivos.....	73
Figura 21 – Indicadores chave de desempenho por uso BIM.....	74
Figura 22 – Retorno sobre Investimento.....	79
Figura 23 – Evolução do realizado nas unidades.....	79

Figura 24 – Evolução do previsto x realizado mensal.....	82
Figura 25 – Informações sobre cartas de notificações.....	85
Figura 26 – Relação entre os objetivos da empresa e os usos BIM.....	91
Figura 27 – Utilização do BIM na Empresa A.....	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Indicadores de medição do sucesso BIM.....	49
Tabela 2 – Investimentos com o BIM.....	77

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Justificativa.....	17
1.2	Objetivos.....	19
1.3.1	Objetivo Geral	19
1.3.2	Objetivos Específicos	19
1.3	Estruturação do trabalho.....	19
2	REFERENCIAL TEÓRICO E REVISÃO DA LITERATURA.....	20
2.1	Building Information Modeling – BIM	20
2.1.1	Conceitos gerais.....	20
2.1.1.1	<i>Objetos paramétricos BIM</i>	<i>21</i>
2.1.1.2	<i>Dimensões BIM</i>	<i>24</i>
2.1.1.3	<i>Softwares BIM utilizados.....</i>	<i>27</i>
2.1.2	Benefícios esperados com a utilização do BIM.....	28
2.1.2.1	<i>Etapa de pré-construção:</i>	<i>31</i>
2.1.2.2	<i>Etapa de projeto e procurement:</i>	<i>31</i>
2.1.2.3	<i>Etapa de construção:.....</i>	<i>32</i>
2.1.2.4	<i>Etapa de pós-construção:.....</i>	<i>34</i>
2.1.3	Situação atual do BIM	34
2.1.3.1	<i>Nível de propagação.....</i>	<i>34</i>
2.1.3.2	<i>Formas de implementação</i>	<i>37</i>
2.1.5.3	<i>Expectativas para o futuro</i>	<i>38</i>
2.1.4	Classificações da utilização do BIM	40
2.1.4.1	<i>Classificação da PennState University</i>	<i>40</i>
2.1.4.2	<i>Classificação por Eastman et al. (2014)</i>	<i>41</i>

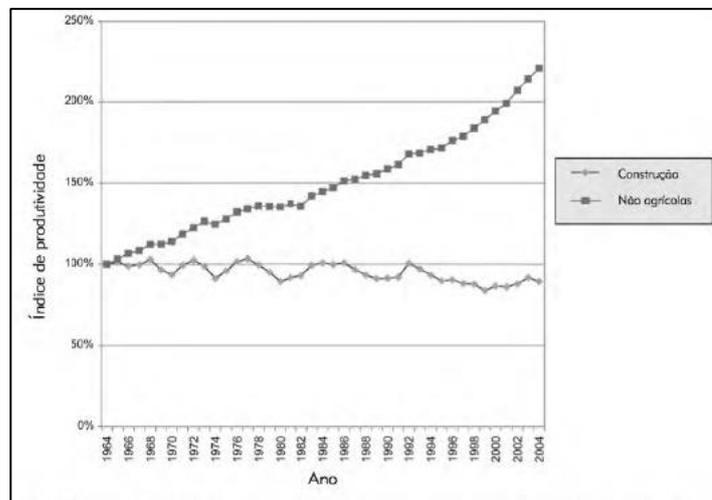
2.1.4.3	<i>Classificação pela Comissão de Estudo Especial de Modelagem de Informação da Construção.....</i>	41
2.1.4.4	<i>Classificação apresentada por esta pesquisa.....</i>	41
2.2	Indicadores de desempenho.....	47
2.2.1	Definição do termo “Indicador”	47
2.2.2	Tipos de Indicadores.....	48
2.2.3	Indicadores extraídos da revisão da literatura	49
2.2.3.1	<i>Avaliação pela curva de tempo-esforço de MacLeamy.....</i>	49
2.2.3.2	<i>Avaliação usando a curva de aprendizado.....</i>	52
2.2.3.3	<i>Avaliação do nível de sucesso orientada aos objetivos.....</i>	53
2.2.3.4	<i>Avaliação por métricas de desempenho</i>	56
2.2.3.5	<i>Avaliação por métricas de retorno e métricas de investimento</i>	57
2.3	Considerações finais.....	58
3	METODOLOGIA	59
3.1	Apresentação das etapas desenvolvidas.....	59
3.1.1	Revisão da Literatura.....	59
3.1.2	Realização do Estudo de Caso.....	60
3.2	Aplicação da metodologia.....	61
3.2.1	Apresentação dos procedimentos de campo.....	61
3.2.2	Relatório das visitas exploratórias	63
3.2.2.1	<i>Primeira visita: Empresa A</i>	63
3.2.2.2	<i>Segunda visita: Empresa B.....</i>	64
3.2.2.3	<i>Terceira visita: Empresa C.....</i>	65
3.2.2.4	<i>Quarta visita: Empresa D.....</i>	65
3.2.2.5	<i>Quinta visita: Empresa E</i>	66
3.2.3	Estudo dos dados obtidos	67

4	ESTUDO DE CASO	68
4.1	Descrição da obra e particularidades do contrato	68
4.2	Descrição do problema	69
4.3	Aplicação da metodologia	70
4.4	Indicadores Chave de Desempenho encontrados	76
4.4.1	Retorno sobre investimento	76
4.4.2	Conformidade ao cronograma	80
4.4.3	Solicitações de mudanças em obra	83
4.4.4	Tempo de resposta	84
4.5	Discussões sobre os resultados	85
4.5.1	Indicadores chave de desempenho	85
4.5.2	Comparação com os resultados da literatura	89
4.5.3	Resultados para a empresa.....	90
4.5.4	Relação entre usos BIM e os objetivos da empresa	90
4.5.5	Utilização do BIM na empresa	91
4.6	Considerações finais do capítulo	92
5	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	94
5.1	Considerações Finais	94
5.2	Sugestões para futuros trabalhos	96
	REFERÊNCIAS	97
	APÊNDICE A - DEFINIÇÃO DO PROTOCOLO DO ESTUDO DE CASO	100

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil tem experimentado uma queda de produtividade nos últimos anos (TEICHOLZ, 2013). Em pesquisa realizada pelo *Center for Integrated Facility Engineering* (CIFE) na Universidade de Stanford em 2007, foi evidenciada a baixa produtividade dentro da indústria da construção civil ao longo de 40 anos, de 1964 até 2004. A Figura 1.1 apresenta o gráfico comparativo da evolução da produtividade da construção civil em relação a todos os outros setores não agrícolas. O gráfico está disponível no guia elaborado por Eastman *et al.* (2009).

Figura 1 – Evolução da produtividade da construção civil em relação a todos os outros setores não agrícolas.



Fonte: Eastman *et al.* (2009, p. 8)

Segundo Eastman *et al.* (2009), as práticas tradicionais da construção civil produzem desperdício e erros desnecessários, gerando queda de produtividade. Os autores afirmam que existem diversos impedimentos organizacionais dentro do setor da construção para que sejam adotadas novas e melhores práticas.

Lu *et al.* (2014) apontam como principal culpada dessa baixa produtividade a adoção do tradicional sistema de contratos projeto-licitação-construção. Esse sistema, segundo os autores, contribui para a especialização do trabalho e dificulta a cooperação entre as partes, já que cada subgrupo trabalha buscando seus próprios interesses e objetivos, por vezes até opostos entre si.

Os mesmos autores afirmam que a construção civil necessita de uma melhor comunicação, colaboração e integração. Devido a essa participação tão diversificada de

diferentes *stakeholders*, a comunicação e integração entre as partes deveria ser a base de todo o sistema de contratos.

Tendo isso em vista, profissionais e estudantes da área têm defendido o uso de um sistema de informação que promete atingir melhores resultados em qualidade, controles de custo e de tempo, integrando todos os diversos atores a uma linguagem única desde o planejamento até a execução e controle da obra.

Essa tecnologia vem sendo chamada de Modelagem de Informações da Construção. Em inglês, é chamada de *Building Information Modeling*, ou BIM. Como definição principal, o BIM, em seu *handbook*, é definido por Eastman *et al.* (2009) como um verbo ou uma frase para descrever ferramentas, processos e tecnologias que são facilitadas por documentação digital sobre um edifício, relativas à sua performance, seu planejamento, sua construção e sua posterior operação.

O BIM é um sistema que oferece uma capacidade de se comunicar de forma transparente como solução para alguns problemas principais derivados da atual falta de integração entre as partes (RICHARD, 2000).

Turk (2016) reitera a definição do BIM e indica que o acrônimo é entendido tanto como o artefato, que seriam as ferramentas, (*Building Information Model*), tanto quanto o processo (*Building Information Modeling*).

O autor define o artefato como a representação digital de uma obra física que provê um compartilhamento de conhecimento sobre o empreendimento para decisões durante sua vida útil, definida desde sua concepção até, inclusive, sua demolição. Dito em outras palavras, o BIM como ferramenta possibilita a construção de um modelo virtual preciso de uma edificação. Esse modelo completo possui todas as especificações relevantes e dados geométricos necessários para dar suporte à construção e a também a sua gestão operacional.

Já ao processo (*Building Information Modeling*), Turk (2016) se refere aos regimes em que as representações podem ser criadas, ou modeladas, e empregadas. São as soluções e os rearranjos organizacionais necessários para que o modelo virtual seja possível.

E por fim, para completar a explicação da definição apresentada por Eastman *et al.* (2009), o BIM é a utilização da tecnologia. Pode-se afirmar que o BIM não é apenas um conjunto de *softwares*, mas sem os *softwares* não se faz BIM. Em termos práticos, a aplicação do BIM compreende a utilização desse conjunto de *softwares*, que serão posteriormente apresentados neste trabalho, com os quais é possível criar digitalmente os modelos virtuais

precisos de uma construção que oferecerão suporte ao projeto ao longo de suas fases, permitindo melhor análise e controle do que com os processos manuais.

As melhorias que o BIM oferece são exaustivamente estudados na literatura. Lu *et al.* (2014) em sua pesquisa bibliográfica, levantaram estudos de caso que relataram benefícios práticos com a utilização do BIM. Segundo os autores, os benefícios encontrados incluem: melhoria na comunicação, melhoria na colaboração, projetos com menos erros, menos retrabalho, melhor previsibilidade, economia de custos e melhoria de produtividade.

Contudo, mesmo com a difusão da apresentação das melhorias esperadas com o uso do BIM, o seu crescimento está estagnado.

No Brasil, por exemplo, pouco se ouve falar sobre a sua utilização (CATELANI, 2016a). Ainda que já tenha se passado quase duas décadas desde o início do empenho para a implantação do BIM no país, o grau de maturidade do desenvolvimento de projetos em BIM apresenta resultados bastante modestos se comparados ao volume anual produzido de modo tradicional pela indústria de construção civil brasileira (NARDELLI & TONSO, 2014).

Catelani (2016a) realizou uma pesquisa com os principais nomes que compõem a Comissão de Estudos Especiais que trata no BIM (CEE-134) para entender porque a adoção do BIM no Brasil não está sendo tão bem aceita. Segundo as respostas, os principais desafios do cenário brasileiros são: a resistência às mudanças, típica da construção civil; algumas particularidades do ambiente brasileiro; dificuldades específicas do sistema BIM e a dificuldade de entendimento do que é o BIM e quais seus benefícios.

Ahn *et al.* (2016) listam alguns desafios enfrentados pela ferramenta. O primeiro exemplo é um desafio interno: a necessidade de mudança na cultura organizacional. Outro impedimento de caráter mais geral é a fragmentação da indústria da construção civil. E por fim, outro tipo de desafio que tem ainda mais peso na decisão da adoção do BIM, é o fator econômico. O uso de recursos em despesas adicionais de *upgrade* de *software* e *hardware*, bem como custos de contratação de profissionais especializados são apontados como grandes impedimentos para a implantação do BIM.

É fato que se uma iniciativa tecnológica quer se sustentar em qualquer mercado, deve ter uma justificativa econômica bem fundamentada. Os investidores precisam de provas práticas que justifiquem o investimento de tempo e orçamento. Para isso, é necessário medir os benefícios esperados de forma quantificável e menos subjetiva (LU *et al.*, 2014).

No entanto, em relação a medição dos benefícios, Howard, Restrepo & Chan (2016), em seu estudo, chegam a conclusão que muitas vezes, nem mesmo os usuários entendem os

benefícios do BIM e por isso, não conseguem enxergá-lo como um instrumento de melhora de seu desempenho no trabalho.

Essa dificuldade da identificação dos benefícios do BIM também acontece como dificuldade até mesmo nas pesquisas que buscam medir a sua performance. Lu *et al.* (2014) falam três dos principais impedimentos enfrentados pelos estudos que buscam mensurar os benefícios do BIM: os dados de construção normalmente não estão facilmente disponíveis; os pesquisadores percebem dificuldades em desassociar as contribuições do BIM umas das outras; e o motivo da implementação do BIM por vezes não é claro.

Mas, uma vez que os objetivos que se pretendem alcançar com o uso do BIM estejam bem definidos, ficará mais evidente como ele deverá ser implementado, qual papel ele deverá desempenhar, e quais benefícios ele trará.

Em conclusão, a avaliação da performance do BIM depende majoritariamente para que finalidade o BIM está sendo utilizado. É necessário, portanto, entender os possíveis usos do BIM para que seja possível definir os objetivos a serem atingidos com essa forma de utilização, e posteriormente selecionar quais os indicadores serão utilizados para realizar a averiguação do cumprimento ou não desses objetivos.

1.1 Justificativa

Mahalinga *et al.* (2015) indicam que o motivo pelo qual a indústria da construção civil continua a ser atormentada pelo excesso de custos e de tempo é o pobre compartilhamento de informações entre os participantes do projeto.

Catelani (2016a) aponta como uma das principais causas do baixo nível de industrialização do setor da construção civil a falta de precisão nos projetos. Fora isso, o ambiente brasileiro é contaminado pelo que é chamado pelo autor de “questão do ilícito”, que segundo ele, pela falta de definição de escopo, pela falta de clareza e pela falta de informações bem definidas, aquilo que ilícito encontra lugar na construção civil brasileira.

É nesse contexto que o BIM surge como uma plataforma digital que pode compartilhar informações e melhorar o desempenho geral da construção.

Mas o uso do BIM ainda precisa ser legitimado, já que pesquisas mostram que um dos maiores impedimentos para a adoção do BIM são os custos adicionais incorridos com sua implantação (MAHALINGA *et al.*, 2015). Os investidores precisam de provas claras dos benefícios superarão o despendimento do custo adicional.

Então, por entender que a adoção do BIM depende de como a indústria percebe suas vantagens, pesquisadores têm se esforçado para medir o custo benefício da implantação. Com isso, vários estudos têm sido feitos para identificar e medir benefícios que justifiquem o investimento (BARLISH & SULLIVAN, 2012).

Porém, Lu *et al.* (2014) observam que os pesquisadores comumente acabam chegando a resultados subjetivos que foram baseados em evidências sem muita importância e em diferentes perspectivas e opiniões, gerando um mal-entendido geral dos resultados esperados, dada a natureza dos estudos que são realizados.

Os autores explicam que a subjetividade acontece primeiro porque os pesquisadores precisam recorrer a estimativas que possam complementar os dados de construção que não conseguiram ser obtidos. Além disso, as pesquisas mais comumente realizadas nesse tema onde dados minuciosos são dificilmente extraídos, são pesquisas do tipo *scorecard*. As pesquisas do tipo *scorecard* para medição de performance do BIM solicitam aos usuários que reportem os custos e benefícios. Pesquisas desse tipo levam, de fato, opiniões percebidas de perspectivas muito diferentes, não conseguindo gerar um modelo analítico que consiga medir de fato os benefícios da implementação do BIM (LU *et al.*, 2014).

Outro grande problema encontrado pelo autores são as dificuldades em entender particularmente os benefícios que são realmente produzidos pelo BIM. Por exemplo, a detecção de erros de compatibilização que gera uma redução de custos é tida por muitos como um benefício do BIM, mas Lu *et al.* (2014) entendem que engenheiros experientes também podem conseguir detectar erros de compatibilização, e então nesse ponto, como exemplo dessa dificuldade de entendimento, um dos benefícios mais populares do BIM seria por si só superestimado.

Tendo em vista o principal objetivo da busca por mudanças significativas e que impactem na produtividade da indústria da construção civil, o trabalho se justifica por buscar uma forma de análise da utilização do BIM como ferramenta de melhoria para os processos construtivos.

A metodologia utilizada é a apresentada por Won & Lee (2016) que defende que para analisar a utilização do BIM em um projeto, os objetivos a serem alcançados devem ser bem pré-definidos e claros. A metodologia é chamada Sucess Level Assesment Model - SLAM, e envolve cinco passos: Definição de objetivos; Identificação de usos do BIM; Seleção dos indicadores chave de desempenho, “KPI”; Desenvolvimento de unidades de medida; Definição de instrumentos de coleta.

1.2 Objetivos

Nesse subtópico serão apresentados os objetivos gerais e os objetivos específicos para esse trabalho.

1.3.1 Objetivo Geral

O trabalho tem como objetivo analisar a utilização do BIM em um contrato de um empreendimento de construção civil aplicando a metodologia de medição de sucesso do BIM SLAM BIM.

1.3.2 Objetivos Específicos

De forma a atingir o objetivo geral, esse trabalho tem como objetivos específicos:

- Identificar na literatura possíveis benefícios esperados por uma organização que adote o sistema BIM.
- Distinguir e classificar diferentes usos para o BIM.
- Identificar metodologias de análise da utilização do BIM na literatura.
- Aplicar e verificar o funcionamento da metodologia SLAM BIM, identificada na literatura.

1.3 Estruturação do trabalho

Esse trabalho está dividido em cinco capítulos, incluindo a introdução.

O capítulo 2 consiste no referencial teórico e na revisão da literatura. São apresentados, sobre o BIM e também sobre indicadores de desempenho, os principais conceitos teóricos sob os quais essa pesquisa é fundamentada e questões presentes na literatura atual.

O capítulo 3 apresenta os procedimentos metodológicos que foram adotados pela pesquisa. É apresentado como foram realizadas as etapas de revisão da literatura e a elaboração do estudo de caso, com a exploração dos procedimentos de campo; o relatório das visitas realizadas; e o como foi realizado o estudo dos dados obtidos.

O capítulo 4 exhibe o emprego do modelo de medição no estudo de caso proposto, iniciando pela descrição da obra estudada, do problema proposto, relatando a aplicação da metodologia adotada, os resultados e a discussão e considerações sobre os resultados.

Por fim, o capítulo 5 possui as considerações finais da pesquisa, indica as limitações por quais o trabalho é delineado, e expressa recomendações para novos trabalhos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO E REVISÃO DA LITERATURA

Nesse capítulo, primeiramente será apresentado o BIM de forma mais detalhada, apresentando seus principais conceitos (objetos paramétricos, dimensões conceituais do BIM, e alguns *softwares*). Serão apresentados os benefícios oferecidos pelo BIM ao longo do ciclo de vida do empreendimento; a situação atual do BIM e as tendências para o futuro; e por fim, as classificações encontradas a respeito das formas de utilização do BIM.

Logo em seguida é exposto um texto sobre indicadores e serão ainda detalhados alguns indicadores de desempenho relacionados à medição de benefícios do BIM que foram descobertos na revisão da literatura sobre o tema.

2.1 Building Information Modeling – BIM

Nesse tópico, serão apresentados em sequência de subtópicos: os principais conceitos do BIM (objetos paramétricos e dimensões); alguns *softwares* utilizados; quais os benefícios esperados com a utilização do BIM; o cenário atual da utilização do BIM no mundo e no Brasil; e ainda as principais formas de utilização do BIM.

2.1.1 Conceitos gerais

Ainda que o acrônimo BIM seja atribuído a Jerry Larassin desde os anos 2000, Turk (2016) faz uma reflexão sobre o processo que acontece desde 1970, descrito nas próximas linhas.

Turk (2016) traz o pensamento de Aristóteles para a reflexão sobre o ato de projetar e materializar o objetivo: “Primeiro tenha uma ideia definida e clara, uma meta, um objetivo. Depois tenha os meios de alcançar as metas: métodos, dinheiro, inteligência. Por último, ajuste seus meios para alcançar as metas.”

Esse pensamento também se aplica a construção de empreendimentos. Antes da materialização da obra, existem planos e projetos para a construção. A partir disso, é necessário visualizar nossos planos com as informações que projetamos.

No início, a materialização das ideias se deu através de desenhos em papel, levando as ideias do projeto para um meio físico. Segundo Turk (2016) esse movimento facilitou a comunicação entre os participantes da equipe, mas por outro lado incentivou a especialização e

a consequente fragmentação do grupo, problema até hoje enfrentado pela indústria da construção civil.

Esse processo acelerou-se com a introdução da tecnologia digital. A indústria de *software* criou várias ferramentas que facilitariam o desenho e planejamento dos profissionais, substituindo réguas, papéis e canetas por *softwares*.

Os *softwares* iniciaram sendo capazes de desenhar em duas dimensões, e logo após vieram os modelos 3D, com objetos geométricos espaciais. Finalmente, os modelos 3D se tornaram uma representação digital de um elemento, que carrega suas características e suas informações intrínsecas. São os chamados objetos paramétricos, base da estrutura BIM e de fundamental entendimento, que serão apresentados a seguir.

2.1.1.1 *Objetos paramétricos BIM*

A estrutura do BIM é feita por objetos orientados a um banco de dados. Turk (2016) apresenta os objetos paramétricos como representações de itens do mundo real que têm uma identidade. Podemos saber informações sobre os objetos paramétricos, e podemos modificar suas propriedades.

As informações que um objeto paramétrico BIM carrega não são apenas sobre a geometria do elemento, mas também sobre outros aspectos: código de cadastro, marca, modelo (inclusive famílias de produtos), preço, normas atendidas, materiais que compõem o elemento, logística de entrega e recebimento, e comportamentos do elemento como dados de emissão de gás carbônico (CATELANI, 2016a). Catelani (2016a) estima que 20% dos dados carregados pelos objetos paramétricos sejam geométricos, ou diretamente relacionados à aparência física do objeto, enquanto 80% das informações seriam não geométricas ou relacionadas a base de dados externas como manuais específicos para manutenção ou manuais de montagem.

Resumidamente, Catelani (2016a) classifica as categorias de informações incorporadas ao objeto paramétrico em quatro tipos: representações bidimensionais; especificações; informações geométricas; informações paramétricas;

As representações bidimensionais são formas de representação já consagradas no mercado, seguindo normas específicas e por vezes representações inclusive não realistas, como é o caso por exemplo das representações de pontos elétricos em uma planta de instalações elétricas. Essas representações são essenciais para a geração da documentação do projeto.

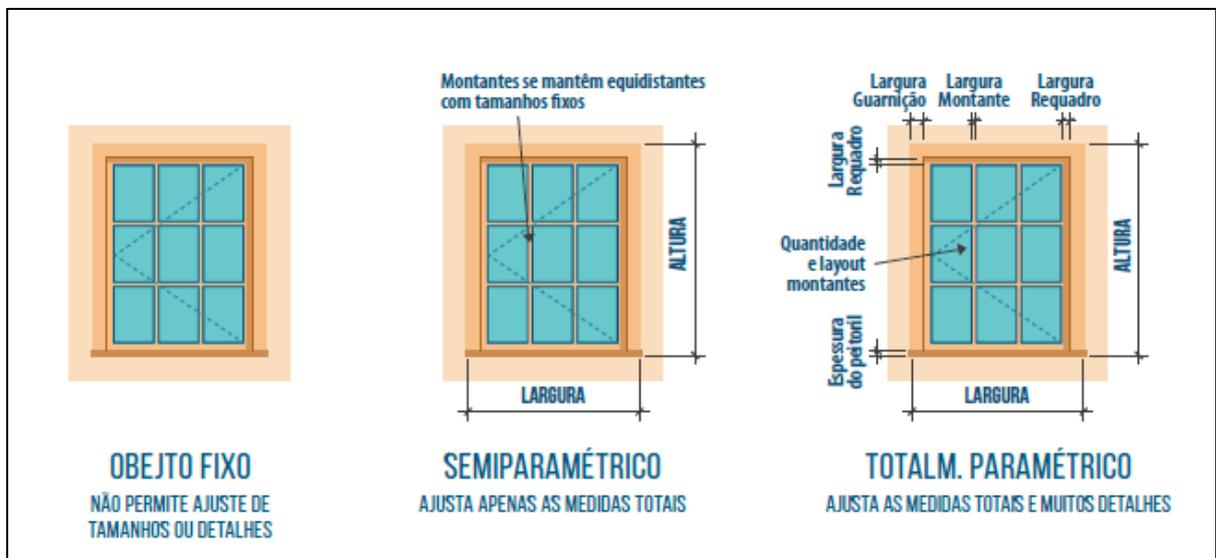
Outra categoria de informações classificada por Catelani (2016a) que o objeto paramétrico carrega são as especificações. Especificações técnicas, funcionais e semânticas são parâmetros essenciais para simulações e análises de engenharia, para orçamentação; normas técnicas e padrões atendidos.

Já as informações geométricas compreendem a unidade de medida, o volume ocupado, a renderização (cor, textura, brilho, nível de reflexo, etc) e entradas e saídas no caso de componentes funcionais, como uma válvula hidráulica.

Por fim, as informações paramétricas determinam o posicionamento da peça (que pode ser variável), e determinam ainda os vínculos e restrições geométricas entre as peças. Por isso os objetos paramétricos são chamados de objetos inteligentes. Eles possuem regras de adaptação ou reação a mudanças de outros objetos vinculados.

A Figura 2.2 ilustra a diferença entre um objeto fixo, um objeto semi-paramétrico e um objeto totalmente paramétrico. No exemplo em questão, a janela paramétrica poderia ser inserida em uma parede hospedeira, e compartilhar com ela vínculos e restrições.

Figura 2 – Diferenças entre um objeto fixo, um objeto semi-paramétrico e um objeto totalmente paramétrico.



Fonte: Catelani (2016a, p. 69)

A representação de todas essas informações é variável pelo nível de detalhamento que se pretende alcançar. A *Vicosoftware*, empresa de *software* da área, desenvolveu um conceito chamado “nível de detalhamento” - *Level of Detail (LOD)*.

Atualmente, segundo Catelani (2016a) o conceito evoluiu, e se fala em “nível de desenvolvimento” - *Level of Development* (LOD), que é o nível de confiança que os usuários do sistema BIM podem ter no objeto ou projeto que foi modelado.

Esse nível é relativo ao detalhamento da modelagem e Catelani (2016a) apresenta a explicação para seis diferentes níveis principais, afirmando que os níveis podem ser ainda mais subdivididos para casos especiais de acordo com as necessidades.

A Figura 2.3 apresenta um exemplo de cinco níveis LOD para uma cadeira:

LOD 100: Há o conceito de uma cadeira que pode ser representada por um símbolo, ou uma representação genérica do desenho de uma cadeira.

LOD 200: Há uma cadeira que tem necessidade de espaço nominal de 700x450x1100, informações não gráficas são inseridas nesse nível.

LOD 300: Há uma cadeira com apoios de braço e rodas, que é documentada em um sistema específico.

LOD 400: Há uma cadeira com fabricante e o número do modelo, podendo conter manuais de montagem e instalação provenientes de uma interface com um sistema externo.

LOD 500: Há uma cadeira cadastrada com especificações e dados de gestão, como data de compra e informações de logística.

Figura 3 – Representação dos diferentes “níveis de detalhes” para uma cadeira.

Nível de detalhe				
LOD 100	LOD 200	LOD 300	LOD 400	LOD 500
				
Conceituação	Desenvolvimento	Documentação	Construção	Gerenciamento
Descrição Cadeira de escritório	Descrição Cadeira de escritório	Descrição Cadeira de escritório, com braço e rodas	Descrição Cadeira de escritório, com braço e rodas	Descrição Cadeira de escritório, com braço e rodas
Altura	Altura 700	Altura 700	Altura 685	Altura 685
Largura	Largura 450	Largura 450	Largura 430	Largura 430
Profundidade	Profundidade 1100	Profundidade 1100	Profundidade 1085	Profundidade 1085
Produzido por:	Produzido por: Herrman Miller, Inc.	Produzido por: Herrman Miller, Inc.	Produzido por: Herrman Miller, Inc.	Produzido por: Herrman Miller, Inc.
Model:	Model: Myra	Model: Myra	Model: Myra	Model: Myra
LOD: 100	LOD: 200	LOD: 300	LOD: 400	LOD: 500

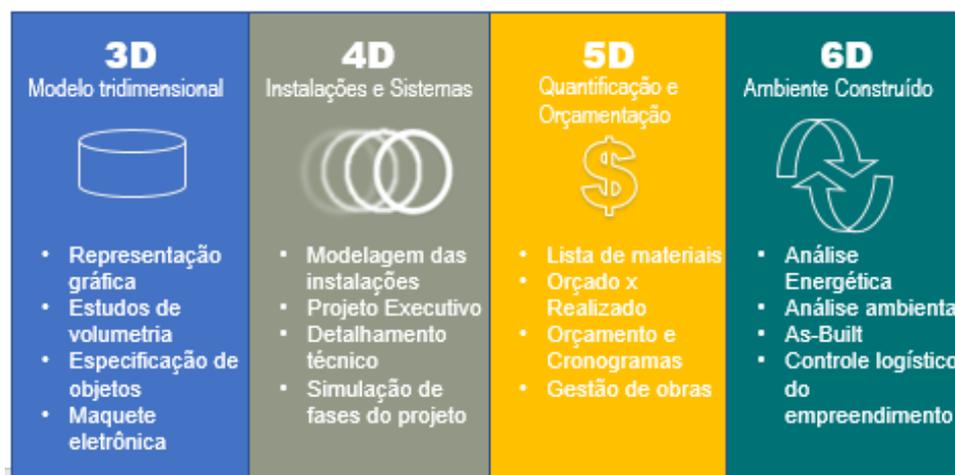
Fonte: Adaptado de McPhee (2013)

A utilização dessas informações depende de em que dimensão o BIM está sendo trabalhado. O conceito das dimensões BIM é explicado a seguir.

2.1.1.2 Dimensões BIM

Segundo Pärn, Edwards & Sing (2014), devido ao seu comportamento, o BIM envolve mais do que só modelagem 3D e é definido em outras dimensões como a 4D (tempo), 5D (custo) e até 6D (ambiente construído). A Figura 2.4 apresenta o resumo desses conceitos que serão discutidos a seguir.

Figura 4 – Dimensões BIM.



Fonte: Adaptado de BIM6D (2015)

i) Dimensão 3D

O processo de modelagem dos projetos em um ambiente 3D resulta em um modelo 3D. A esses modelos dá-se o nome de modelos autorais, pois são realizados pelos autores do projeto.

Catelani (2016a) indica que o propósito desses modelos é definir o objeto construído de forma inicial. Os modelos autorais são utilizados para a realização de análises de interferências e coordenação entre as disciplinas, até que se tenha um modelo suficientemente consistente para que possa iniciar a gerar também a documentação do empreendimento na utilização ds demais dimensões.

ii) Dimensão 4D

Pärn, Edwards & Sing (2014) apresenta a dimensão 4D como uma dimensão que agrega, além das informações do modelo 3D, a programação do projeto e previsão de datas, facilitando a simulação das atividades de construção.

No BIM 4D, a construção do modelo 3D pode ser relaciondo ao cronograma da obra. Isso permite um “ensaio da obra no computador” que é como Catelani (2016a) apresenta essa dimensão.

Com a possibilidade de acompanhar o avanço físico da obra com o cursor, essa dimensão auxilia o estudo das etapas construtivas (verificação de regras de precedência entra as atividades) e no dimensionamento das equipes. Isso é definido por Catelani (2016a) como planejamento 4D.

iii) Dimensão 5D

A 5D integra todas essas informações com outros dados como quantidades, previsões e preços para a composição de orçamento e para as análises de custos do empreendimento (SMITH, 2014).

Pärn, Edwards & Sing (2014) afirma que essa dimensão permite que as estimativas iniciais de custo para o levantamento de quantidades estejam todos diretamente ligados a um único arquivo que pode ser atualizado instantaneamente. Devido a isso, a dimensão 5D do BIM permite a avaliação de cenários e impactos das mudanças de projetos.

iv) Dimensão 6D

Apesar de Pärn, Edwards & Sing (2014) informarem que após 5D não foi alcançado um consenso geral sobre as dimensões na literatura, os autores afirmam que a dimensão 6D representa o modelo do ambiente construído que pode ser utilizado durante as fases operacionais do empreendimento.

Os autores classificam o BIM 6D como uma integração ao gerenciamento de instalações e de principal importância para o gerente de operações e para o proprietário do empreendimento, construindo informações sobre o ciclo de vida do empreendimento, uma vez que o BIM 6D está relacionado a informações de ativos úteis para gerenciamento de instalações e sua manutenção.

A dimensão 6D também compreende as análises de performance da edificação construída, como por exemplo análises energéticas e outras simulações que se queira realizar.

v) Outras dimensões

Smith (2014) fala ainda em outras dimensões para o BIM: 7D sustentabilidade, e 8D segurança. O autor cita que alguns ainda afirmam a capacidade do BIM como sendo nD, devido ao seu quase infinito números de dimensões aplicáveis.

Segundo Lee *et al.* (2005), um modelo nD é uma extensão do modelo de informação do edifício que pode agregar quaisquer outros aspectos necessários a cada estágio do ciclo de vida de uma instalação de construção. Os autores sugerem que a abordagem de modelagem nD é ideal, mas não alcançável a curto prazo, em grande medida devido à falta de vontade da indústria de trabalhar em conjunto maneira interdisciplinar.

A aplicação dos conceitos apresentados se faz através da utilização de softwares que serão apresentados abaixo de acordo com a etapa a ser desenvolvida para o modelo de informações.

2.1.1.3 Softwares BIM utilizados

Como já foi mencionado, o BIM não é apenas um conjunto de *softwares*, mas sem os *softwares* não se faz BIM. Abaixo serão apresentados, por ordem de utilização alguns dos muitos nomes de *softwares* mais utilizados atualmente no processo BIM e apresentados no terceiro volume das publicações de Catelani (2016c) e por Eastman *et al.* (2014).

i) Etapa 1: Pré-obra e projeto

A publicação de Catelani (2016c) apresenta *softwares* que trabalham para as seguintes fases que antecedem a realização da obra: desenvolvimento de modelos e visualização; coordenação e verificação de códigos; simulação; quantificação; orçamento; planejamento 4D e detalhamento.

Existem vários nomes de *softwares* para essa etapa de obra. O *handbook* escrito por Eastman *et al.* (2014) cita alguns que serão apresentados a seguir:

O ArchiCAD, desenvolvido pela *Graphisoft* (adquirida pelo grupo Nemetschek em 2016), é o programa BIM mais antigo disponível no mercado (desde 1980). Segundo Catelani (2016c) o ArchiCAD contempla as etapas de modelagem, quantificação e orçamento.

Eastman *et al.* (2014) consideram o ArchiCAD intuitivo e com uma base de usuários relativamente ampla, distribuída por todo o mundo, conseguindo ter compatibilidade com *softwares* de orçamentos bastante conhecidos, como o Volare.

Para essa etapa de pré-obra, Catelani (2016c) também apresenta o software *Tekla Structures*, que atende as fases de desenvolvimento de modelos, coordenação e verificação de códigos, simulação e quantificação e que segundo Eastman *et al.* (2014) foi um *software* que surgiu por demanda de projetos estruturais das indústrias de pré-moldados.

Mas sem dúvida, o *software* mais difundido mundialmente é o Revit, que tem desde 2002 tem investido fortemente na estratégia de vendas (EASTMAN *et al.*,2014). O Revit é um *software* da Autodesk, mesmo fabricante do AutoCad (*software* mais utilizado para elaboração de projetos atualmente). Segundo Catelani (2016c) o Revit atende todas as fases da etapa de pré-obra, menos a fase de orçamentação.

Catelani (2016c) cita ainda softwares como o Navisworks como um *software* que é utilizado nessa etapa. O Navisworks é um exemplo de *software* possibilita a importação de arquivos de outras disciplinas de projetos e a realização da análise de interferências chamada *Clash Detective*, que será melhor explicada no sub-tópico seguinte, por seu resultado ser um dos benefícios mais comentados que são oferecidos pelo BIM.

ii) Etapa 2: Obra

O segundo grupo de *softwares* apresentados por Catelani (2016c) apresentam soluções para as fases que acontecem durante a obra: fabricação, layout e verificação, execução no campo, administração da construção, e comissionamento e entrega.

Alguns nomes apresentados por Catelani (2016c) para essa etapa são: Sketchup, Navisworks, Tekla Structures e Vico Software, como *softwares* que podem ser utilizados nas fases de layout e verificação, comissionamento e entrega, e nas três últimas fases dessa etapa, respectivamente.

iii) Etapa 3: Pós-Obra

A etapa de pós-obra é apresentada por Catelani (2016c) com as fases de operação, gestão de ativos e gestão de manutenção.

Para essa etapa, o *software* mais citado é o Archibus, que integra as informações BIM com dados corporativos (financeiros, políticas internas, entre outros) e servem de embasamento para tomada de decisões sobre o ativo de forma bastante abrangente, segundo o autor.

2.1.2 Benefícios esperados com a utilização do BIM

Ao utilizar o BIM, e seus *softwares*, algumas expectativas serão geradas. Não é por acaso que outro entendimento dado por Turk (2016) para o acrônimo BIM é Building Information Marketing, que é toda a divulgação e publicidade que acontece em torno do tema.

Dentro de toda essa propaganda, existem promessas de grandes benefícios. Os sub-tópicos seguintes discorrem sobre esses benefícios.

Vários estudos são realizados a fim de listar os benefícios do BIM. Ahn *et al.* (2016) sumarizaram em sua revisão da literatura mais de 50 referências de estudos que listam esses benefícios.

Os autores resumem os benefícios mencionados pelos estudos em nove pontos:

- Melhorar o processo de decisão realizando simulações;

- Alternativas de projetos através de simulações;
- Realização de análises de desempenho;
- Redução do tempo e custo do projeto;
- Melhorar qualidade da construção com fabricação controlada por computador;
- Melhorar o processo construtivo e a eficiência com menos retrabalho e menos erros de projetos e omissões através da melhoria na comunicação;
- Melhorar segurança;
- Reduzir reclamações e processos contra o empreendimento;
- Melhorar a operação e manutenção do empreendimento.

A fim de saber quais benefícios aparecem mais comumente com a utilização do BIM, Bryde, Broquetas & Volm (2013) realizaram um estudo de caso com 35 empresas.

Das 35 empresas, a maioria (60%) indicaram benefícios em controle ou redução de custos. Em segundo lugar, 37% das empresas indicaram melhorias na comunicação e 35% empresas indicaram melhorias em algum controle ou redução de tempo.

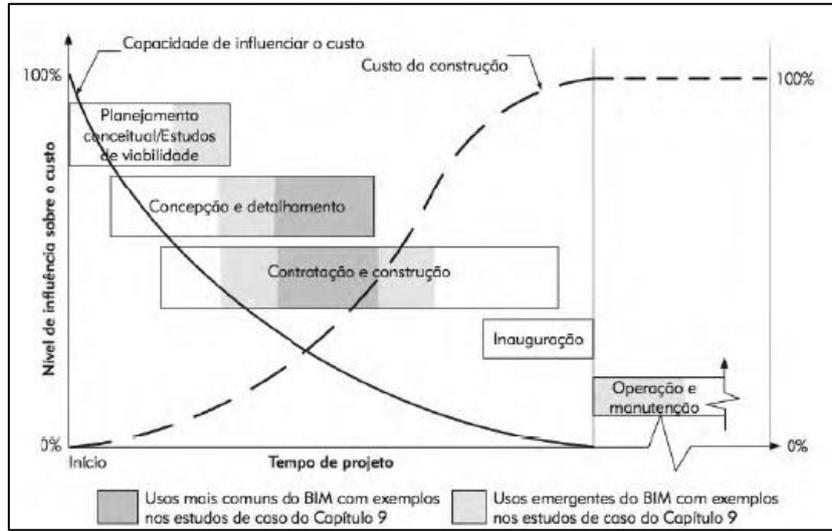
Além disso, Bryde, Broquetas & Volm (2013) afirmam que o BIM tem uso potencial para todas as partes interessadas do projeto durante o ciclo de vida: pode ser usado pelo proprietário para entender as necessidades do projeto; pela equipe de projetos para analisar, desenhar e desenvolver o projeto; pelo contratante para gerenciar a construção; e pelo gerente de operações para a manutenção durante a operação do empreendimento; e finalmente como apoio para a fase de encerramento e demolição.

Porém, dependendo da fase do ciclo de vida em que se encontra o projeto, podem-se relatar diferentes benefícios ao projeto e diferentes graus de influência sobre o projeto.

A Figura 2.5 apresenta as diferentes fases do ciclo de vida do projeto, e a capacidade do uso do BIM influenciar o custo total da construção como exemplo dessa variação.

Uma observação importante a ser feita é que como mostra a Figura 2.5 o uso do BIM é mais comum no final da fase de concepção e detalhamento e em meados da fase de contratação e construção, onde seu potencial de influenciar o custo já não é tão alto quanto se o BIM tivesse sido implementado desde a etapa de planejamento conceitual e estudos de viabilidade.

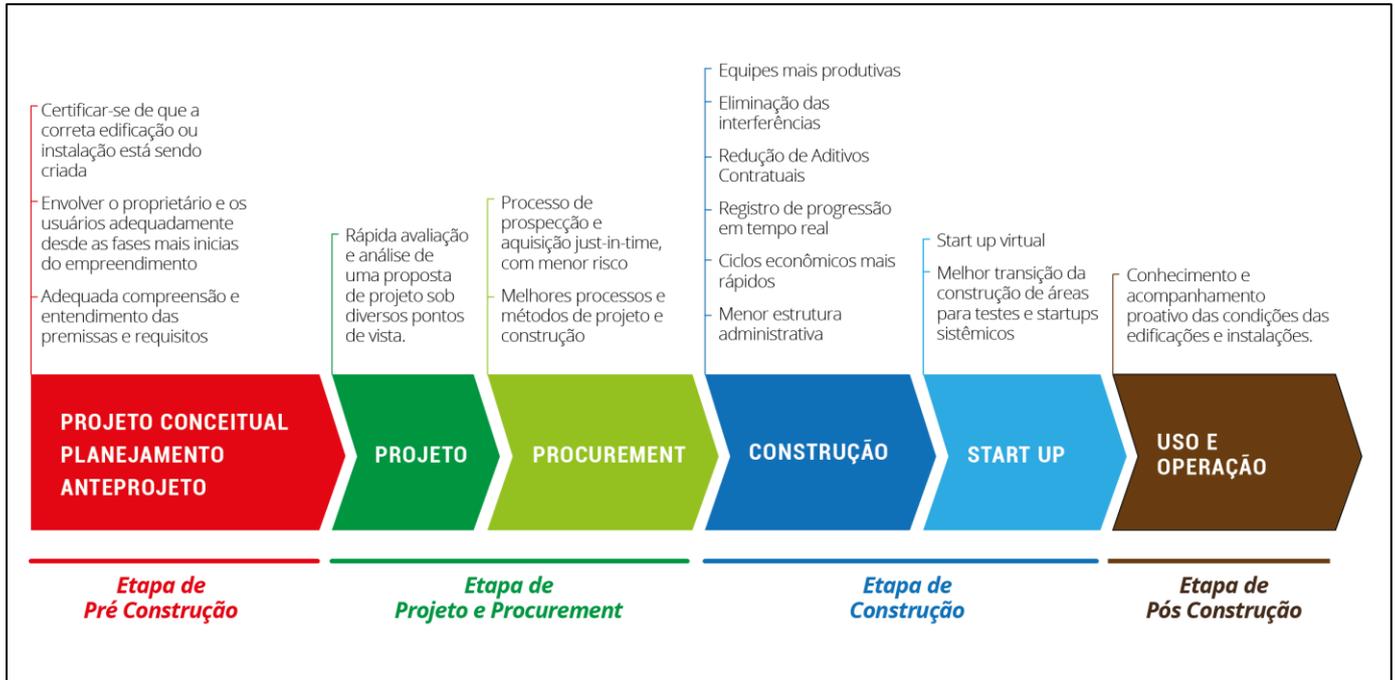
Figura 5 – Influência do BIM no custo total do empreendimento e marcação das etapas com usos mais comuns do BIM.



Fonte: Eastman et al. (2014, p. 99)

Catelani (2016a) apresenta na Figura 2.6 os principais benefícios de acordo com a etapa do ciclo de vida da organização:

Figura 6 – Principais benefícios do BIM de acordo com as etapas do ciclo de vida do projeto.



Fonte: Adaptado de Catelani (2016a, p. 51)

Para organizar os benefícios que o BIM pode trazer de acordo com a etapa cronológica a que se relacionam, Eastman *et al.* (2014) os dividem nas quatro etapas de obra que se relacionam com a classificação de Catelani (2016a) conforme aparece na figura 2.6 (Etapa de pré-construção; etapa de projeto e *procurement*; etapa de construção; etapa de *start up*). Os benefícios serão listados por etapa de obra a seguir.

2.1.2.1 Etapa de pré-construção:

De forma geral, pode-se afirmar que o BIM facilita a colaboração entre os participantes da equipe, levando a uma entrega de projeto mais confiável e eficiente (em termos de custo e tempo, por exemplo), devido à redução de erros e desperdícios (EASTMAN *et al.*, 2014). Isso por si só já é bastante atraente para os proprietários das obras antes mesmo de iniciarem qualquer projeto.

Eastman *et al.* (2014) citam que os proprietários que pensam em construir utilizando o BIM podem esperar:

- Valorização do empreendimento: valorizar o edifício a fim de aumentar o lucro;
- Controle sobre o tempo de lançamento: reduzir a duração de cronograma para ganhar vantagem competitiva e controle sobre o tempo de lançamento do empreendimento;
- Controle sobre o custo do empreendimento: obter estimativas de custos confiáveis e precisas que lhe situem no mercado imobiliário;
- Controle sobre o planejamento: garantir a conformidade do programa ao planejado;
- Atender as expectativas do mercado: produzir instalações exigidas pelo mercado através de simulações e revisões iterativas do modelo, bem como através da realização de análises energéticas que garantem a eficiência energética e a sustentabilidade do edifício;
- Gerenciar equipes de trabalho: otimizar o gerenciamento de obra evitando problemas com escassez de mão de obra, uma vez que além de auxiliar o adequado dimensionamento das equipes de trabalho, Catelani (2016a) defende que o BIM diminui a estrutura administrativa.
- Garantir uma boa vida útil do empreendimento: otimizar a manutenção das instalações.

2.1.2.2 Etapa de projeto e *procurement*:

A segunda etapa descrita por Eastman *et al.* (2014) lista alguns benefícios para arquitetos durante a etapa de projeto, são eles:

- Visualização: com a visualização total e mais precisa do projeto, o arquiteto garante que o projeto seja visível em qualquer ponto;
- Correções automáticas: uma vez que os objetos paramétricos são utilizados, correções automáticas de baixo nível podem ser possíveis quando mudanças são feitas no projeto, gerando um projeto mais confiável;
- Geração automática de projetos em 2D: geração rápida e automática de desenhos 2D precisos e consistentes em qualquer etapa do projeto que reduz consideravelmente o tempo de trabalho dos arquitetos na produção de detalhamentos e vistas dos projetos;
- Colaboração entre as disciplinas: com a colaboração antecipada entre múltiplas disciplinas do projeto os problemas e sugestões de melhorias podem ser discutidos antes que as decisões de projeto sejam tomadas;
- Verificação de dados do projeto: verificação facilitada das intenções do projeto, em relação aos quantitativos dos materiais e área dos espaços, por exemplo;
- Estimativas de custo atualizadas ao longo do processo: a extração de estimativas de custo durante a etapa de projeto permite aos arquitetos tomarem decisões cientes do custo agregado a essa decisões;
- Realizar análises de eficiência: a realização de análises de eficiência proporciona diversas oportunidades para a melhoria da sustentabilidade da construção.

Quase que simultaneamente, Catelani (2016e) apresenta a etapa *procurement* que é onde ocorrem as cotações, aquisições e contratações. O autor cita como benefícios para engenheiros nessa etapa:

- Melhoria no processo de aquisição: os processos aquisição se tornam mais rápidos, com maior nível de precisão e menor risco. Eastman *et al.* (2014) lembra que o modelo BIM completo informa quantidades, especificações e propriedades de cada objeto que podem ser utilizadas para adquirir materiais e produtos com maior segurança;
- Escolha correta de métodos construtivos: é possível realizar simulações que auxiliam na tomada de decisão em relação ao método construtivo ideal (CATELANI, 2016e).

2.1.2.3 Etapa de construção:

A terceira das quatro etapas aqui descritas é a etapa de construção. Nessa etapa, Eastman *et al.* (2014) citam como benefícios tanto para engenheiros quanto para arquitetos:

- Sincronização de projeto e planejamento da construção: a simulação mostra como a construção será realizada dia a dia e revela fontes de potenciais problemas e oportunidades para melhorias (canteiro, dimensionamento de pessoal e equipamentos, conflitos espaciais, problemas de segurança). Nesse ponto, Bryde, Broquetas & Volm (2013) lembram o BIM como a ferramenta que promete organizar o planejamento e o orçamento do projeto, auxiliando os gerentes de projeto.

Catelani (2016a) aponta também como benefício dessa simulação a possibilidade da visualização clara das atividades da obra, entendendo o inter-relacionamento entre as atividades e suas regras de precedência.

- Descoberta de erros de projeto e omissões antes da construção (detecção de interferências): os conflitos entre os projetos são identificados antes que sejam detectados na obra, uma vez que os projetos podem ser colocados juntos e comparados. Essa detecção de interferências é chamada de *clash detective*. Com essa ferramenta, a coordenação é melhorada, os erros são reduzidos e enfim é possível obter um empreendimento com uma redução de custo e com uma maior rapidez na etapa de construção. Isso é importante para gerentes de projeto que queiram trabalhar bem com a equipe de desenhistas do projeto (BRYDE, BROQUETAS & VOLM, 2013).

- Reação rápida a problemas de projeto ou do canteiro: quando algum problema surge no canteiro, modificações podem ser realizadas com maior rapidez em um modelo BIM. As atualizações ficam disponíveis para todos os participantes do projeto, evitando erros de revisões tão comuns em projetos impressos em papel.

- Melhor implementação e técnicas de construção enxuta: o BIM fornece um modelo preciso do projeto e dos recursos materiais requeridos para cada segmento de trabalho, logo proporciona uma melhoria no planejamento e ajuda a garantir a chegada dos recursos necessários em cada momento previsto. As técnicas de construção enxuta necessitam dessa previsibilidade para que o trabalho possa ser realizado.

- Melhorar a comunicação entre a equipe de trabalho: Devido ao trabalho colaborativo necessário ao funcionamento do BIM, os participantes do projeto estão ligados entre si e possuem a necessidade de trabalharem em conjunto.

2.1.2.4 Etapa de pós-construção:

Por fim, Catelani (2016a) e Eastman *et al.* (2014) defendem que na etapa pós-construção o BIM pode trazer como benefícios:

- Melhor gerenciamento e operação das edificações: o modelo BIM proporciona uma fonte de informações de todas as especificações, materiais e sistemas utilizados durante a construção (EASTMAN *et al.*, 2014).

- Menos desgaste na ocupação do empreendimento: por possuir todos os documentos necessários, o BIM pode trazer uma transição mais simples entre o final da construção e a fase de testes, assim como com o início efetivo do uso e da ocupação. (CATELANI, 2016a)

- Maior vida útil do empreendimento: uma vez que a manutenção é mais facilmente realizada, acontece a melhoria do desempenho da edificação, aumentando sua vida útil total (CATELANI, 2016a).

Mesmo com a difusão de tantos benefícios, no próximo tópico será retratada a situação atual do BIM.

2.1.3 Situação atual do BIM

Nesse tópico, inicialmente serão apresentados dados relativos à propagação do BIM no mundo e no Brasil. E por fim, alguns pontos serão discutidos sobre as expectativas para o futuro do BIM mediante sua situação atual.

2.1.3.1 Nível de propagação

Como os dados mostram nesse tópico, na maioria dos países em que o BIM foi adotado, o governo subsidiou ou impulsionou sua implantação.

Porém, Turk (2016) afirma que essa imposição pelo governo não é necessária, já que isso não aconteceu com outras tecnologias que foram amplamente difundidas, como por exemplo, a telefonia celular ou a internet. Segundo Turk (2016), o problema da difusão do BIM deve ser entendido de um ponto de vista mais econômico, para que quem invista no BIM também consiga perceber resultados.

De uma forma ou de outra, abaixo são apresentados alguns casos de países onde o BIM é utilizado.

i) Nível de propagação do BIM no mundo

Nos EUA, a utilização do BIM aumentou de 17% em 2007 para 71% em 2012. Um catalizador para esse aumento foi a implementação do programa nacional 3D-4D para prédios públicos. 8700 empreendimentos públicos sentiram influencia desse programa (SMITH, 2014). Mas Catelani (2016f) aponta que desde 2008 a adoção subiu consideravelmente, uma vez que o durante a crise do mercado imobiliário as empresas aproveitaram o momento de redução de atividades para inovarem e aprenderem, melhorando seus processos.

Segundo Smith (2014) na Dinamarca, Suécia e Noruega o BIM é utilizado em 30% da indústria, mas com previsões de que em breve esse número passe a ser 50%. O programa do governo exige que projetos maiores que 5,5 milhões de euros utilizem o BIM.

No Reino Unido todos os projetos deveriam utilizar o BIM até 2016, transformando a indústria. Kassem & Amorin (2015) informam que assim como no Reino Unido, na Holanda e na Finlândia já é exigido o uso do BIM para projetos financiados com recursos públicos.

E em Cingapura, o BIM foi implementado em projetos públicos até 2015.

A Figura 2.7 traz a marcação dos principais países onde o BIM tem uma difusão considerável.

Figura 7 – Países onde o BIM possui uma difusão considerável.



Fonte: Adaptado de Catelani (2016f, p. 24)

ii) Nível de propagação do BIM no Brasil

Segundo Kassem & Amorin (2015) a indústria da construção no Brasil está entre as maiores do mundo, sendo responsável por 2% da indústria global.

Em 2015, sob o patrocínio do programa “Diálogos Setoriais União Europeia - Brasil”, o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior e Serviços (MDIC) e o Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (MPOG) selecionaram um consultor de BIM da União Européia (Dr. Mohamad Kassem) e um consultor local (Prof. Sergio Leusin Amorin) que conduziram uma pesquisa estruturada do BIM na União Europeia e no Brasil e desenvolveram um conjunto de recomendações e conclusões para difusão do BIM no Brasil.

Os autores expressam suas opiniões acerca da atual difusão do BIM no país em diferentes âmbitos: na estrutura legal, avaliando quais as normas e regulações existentes; na academia, verificando a quantidade de publicações acerca do tema; na área pública; e nas empresas.

Em relação as normas técnicas, os autores consideraram que não existem normas suficientes para reger o trabalho do BIM no Brasil. De fato, a norma NBR 15965 elaborada pela Comissão de Estudo Especial (CEE) 134 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é a primeira norma técnica relativa ao BIM no Brasil, e foi publicada em 2017 pela ABNT.

Já em relação a difusão do BIM na academia, os autores realizaram um levantamento nas bases de dados acadêmicas a partir de 1996 (1ª referência ao tema) até 2013. Segundo os autores, não foram encontradas mais de 100 publicações brasileiras durante esses 17 anos.

É ainda constatado pelos autores que o currículo mínimo de engenharia e arquitetura não faz menção ao BIM e que são raras as instituições que oferecem alguma disciplina relacionada.

Os autores observam que cursos livres de aplicativos tem tido uma demanda constante, mas são voltados a operação destes aplicativos.

Em relação a difusão na área pública, os autores destacam o pioneirismo do exército brasileiros, que iniciou os estudos em BIM em 2006, e a ação estatal inicial que em 2010 contratou uma empresa para desenvolver uma versão inicial de Biblioteca BIM para a tipologia de edificação do Programa “Minha Casa Minha Vida”.

Por fim, para representar a difusão do BIM nas empresas brasileiras, após a realização de entrevistas, os autores apresentaram que a maioria (38% das empresas) utilizam o BIM com suas bibliotecas de produtos virtuais, seguido de 24% das empresas que tem relação com o BIM apenas em eventos e palestras, e 19% que participam de treinamentos.

Catelani (2016b) acredita que o momento de crise e indefinição do cenário imobiliário brasileiro tem inibido iniciativas de inovação nas empresas, ao contrário do que aconteceu nos EUA no período de crise do mercado imobiliário em 2008.

2.1.3.2 *Formas de implementação*

Eadie *et al.* (2013) indicam que a implementação do BIM durante o ciclo de vida do projeto deve ser normalmente baseada em um documento chamado Plano BIM de Execução do Projeto.

O Plano BIM de Execução do Projeto identifica os benefícios máximos que o BIM pode atingir durante a fase de planejamento, fase de projeto, fase de construção e operação do Projeto. Esse plano provê uma programação geral que irá garantir que todos do time de desenhistas e construtores estejam cientes de suas responsabilidades. Uma vez que o plano é criado, o progresso desse plano deve ser monitorado a fim de garantir os melhores resultados do BIM (EADIE *et al.*, 2013).

Won *et al.* (2013) detalham que a adoção do BIM pode ser categorizada em quatro etapas que diferem no nível de envolvimento da organização com o BIM.

Na primeira etapa existe apenas uma adoção pessoal, onde um único indivíduo produz e mantém o modelo BIM. Mesmo que outros usem os dados resultantes, não há nesse nível uma colaboração entre eles. Um exemplo é um arquiteto que produz seus projetos em algum *software* de desenho, mas que não troca informações nem dados com os outros desenhistas.

Na segunda etapa, a adoção é feita por um setor da organização. Algumas pessoas da organização colaboram em um projeto juntos usando o mesmo tipo de ferramenta BIM. Um modelo de arquitetura, por exemplo, pode ser desenvolvido pelos arquitetos da empresa.

Já na terceira etapa, acontece uma adoção por diferentes equipes da organização. A organização deve ter times trabalhando em diferentes papéis. Por exemplo, um modelo BIM de arquitetura pode ser enviado para um orçamentista da mesma empresa para realizar a previsão de orçamento.

A quarta etapa difere da terceira por incluir uma maior coordenação e colaboração, já que envolve outras empresas e diferentes conhecimentos de BIM (por exemplo: projetos de arquitetura, projetos de estrutura, projetos elétricos). Na quarta etapa, os diferentes modelos podem ser compartilhados para a detecção de problemas de compatibilização, por exemplo.

Em relação a quais os fatores importantes para uma implementação com sucesso do BIM, Won *et al.* (2013) chegam ao resultado que tanto fatores técnicos como fatores não técnicos são importantes para a adoção do BIM em uma empresa.

Os fatores técnicos são as limitações técnicas da ferramenta e a falta de confiança nos dados recebidos pelo BIM.

Para Mahalinga *et al.* (2015) os fatores não técnicos podem ser, por exemplo, a aversão à mudança e a necessidade de comprometimento das partes.

Won *et al.* (2013) indicam que essas questões não técnicas são mais importantes do que as questões técnicas, especialmente durante o período de adoção inicial. Isso indica que questões como a capacidade de compartilhar informação entre os participantes do projeto, ter uma estrutura organizacional que facilite a implementação do BIM, bem como a criação de procedimentos e técnicas devem estar bem fundamentados para a implementação técnica do BIM. Segundo Won *et al.* (2014) a adoção bem-sucedida do BIM é mais sobre o quão bem uma empresa alinha a tecnologia BIM com o processo de trabalho e vice-versa do que a disponibilidade tecnológica.

2.1.5.3 *Expectativas para o futuro*

Eastman *et al.* (2014) afirmam que os impactos e as tendências para o BIM são extrapolações dos cenários atuais aqui já apresentados.

Segundo Eastman *et al.* (2014) fatores econômicos, tecnológicos e sociais provavelmente irão impulsionar o desenvolvimento das ferramentas e fluxos de trabalho BIM. Por exemplo, dentre os fatores sociais, Eastman *et al.* (2014) citam a demanda por construções sustentáveis, que é a solicitação do mercado por construções mais eficientes em termos de energia da utilização de materiais recicláveis. Essa análise energética e estudo da utilização de materiais pode ser possível no ambiente BIM.

Outra indicação de Eastman *et al.* (2014) é que a construção enxuta, por ser um conceito bastante complementar ao BIM, deve progredir em conjunto com a plataforma o BIM vai se tornar uma ferramenta indispensável para a construção. A construção enxuta se refere a aplicação do sistema Toyota de produção na construção civil. O foco da construção enxuta é a redução de desperdício, aumento de valor para o cliente, e melhoria contínua (SACKS *et al.*, 2010). Mesmo sendo diferentes iniciativas, a construção enxuta e o BIM tem profundos impactos na indústria da construção. Uma análise mais rigorosa indica que uma sinergia existe

entre eles, e Mahalinga, Yadav, & Varaprasad (2015) chegaram à conclusão então que as práticas enxutas incentivam a adoção do BIM.

Há ainda no BIM a esperança que da integração entre todos os profissionais. Mas essa esperança pode estar errada se observarmos que o processo de fragmentação iniciou já com a chegada tecnologia da informação, quando foi promovida uma especialização em cada área de conhecimento. A especialização do trabalho é tida como a causa e a força da prosperidade. Por isso, o objetivo do BIM não deve ser dificultar ou inibir essa especialização, mas promove-la juntando todo o processo.

Turk (2016) defende que embora o desenvolvimento buscado para BIM seja a criação de um modelo cada vez mais completo, com informações mais gerais, esse sistema pode não ser tão útil. Apesar de que é possível sim, escrever tudo que se sabe sobre edifícios em um sistema (devido aos esforços e conhecimentos dos profissionais, que já conseguem descrever todas essas informações sem o uso do BIM), é necessário um esforço que não é nada prático. Enquanto pesquisadores acham esse esforço desejável para manter suas pesquisas, a prática estará buscando por soluções práticas com menores esforços.

Além disso, muitos profissionais e empresas são envolvidos durante todo o processo. a promessa de um sistema que unifique todas as informações do empreendimento bem como o nivelamento de toda a equipe envolvida pode não ser tão boa quanto parece. A maior contribuição do BIM não é ser, como se espera, uma ferramenta de automação ou integração, mas uma ferramenta de especialização (TURK, 2016).

Turk (2012) defende ainda que, em relação à funcionalidade, o BIM tem a ambição de expandir sua cobertura em largura e profundidade. A largura irá aumentar à medida que se aumente o número de aplicações verticais, mas é impraticável se ter todos os processos de todos os tipos de empreendimentos em um banco de dados.

Um cenário provável, é que o BIM será suficiente para cobrir praticamente todas as tarefas do ciclo de vida do projeto em um finito e limitado conjunto de tipos de empreendimentos.

Para finalizar a explanação sobre o BIM, serão apresentadas as classificações das formas de utilização para o BIM.

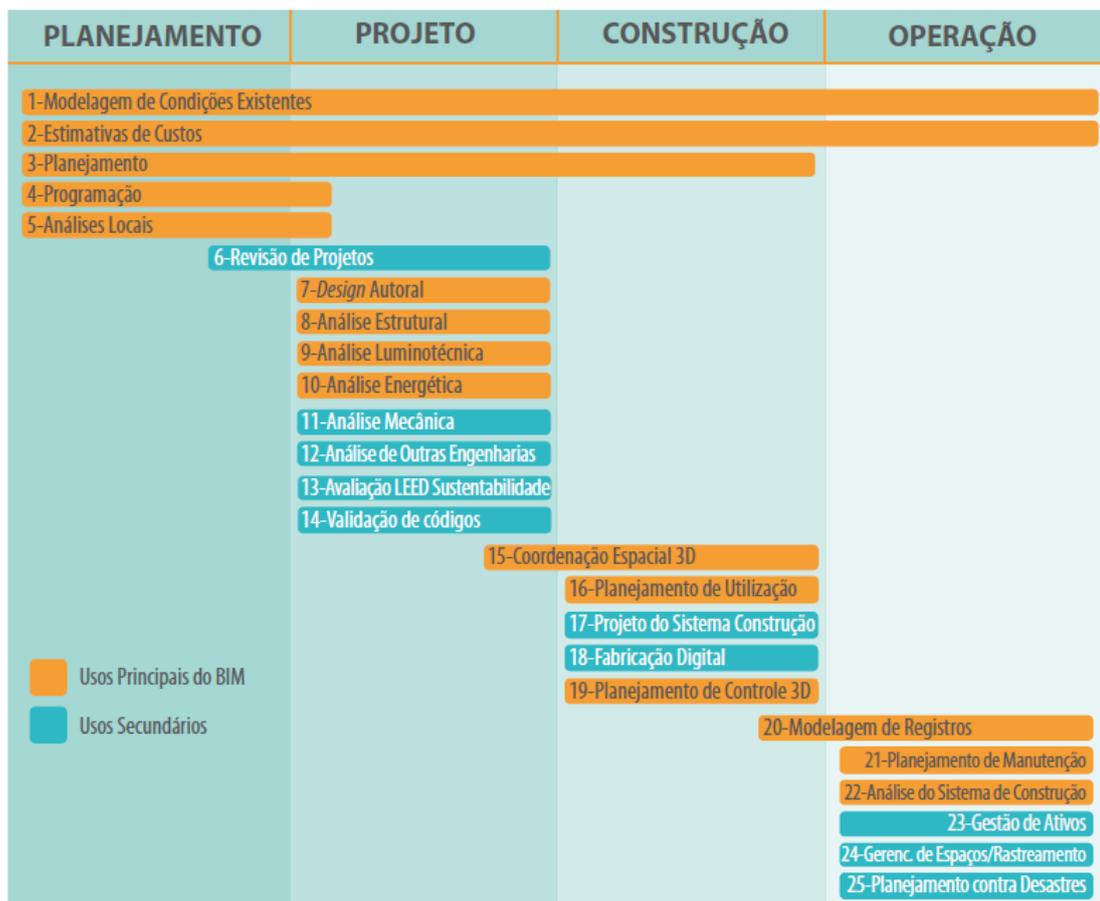
2.1.4 Classificações da utilização do BIM

Serão apresentadas nesse tópico as classificações dos usos BIM pela PennState University; pelo guia BIM escrito por Eastman *et al.* (2014); pela Comissão de Estudo Especial de Modelagem de Informação da Construção (órgão brasileiro); e por fim, apresentado uma classificação resumo realizada por esta pesquisa.

2.1.4.1 Classificação da PennState University

A PennState University define em seu guia de planejamento executivo 25 casos possíveis de usos para o BIM (CATELANI, 2016a). A Figura 2.8 ilustra a classificação desses usos em 15 usos principais e em 10 usos secundários, separados em colunas que significam as etapas em que o tipo de uso é mais comum.

Figura 8 – Casos possíveis de usos BIM segundo a PennState University.



Fonte: Catelani (2016d, p.25)

2.1.4.2 *Classificação por Eastman et al. (2014)*

Em um contexto mundial, Eastman *et al.* (2014) listam seis aplicações práticas provenientes do uso do BIM: detecção de interferências; levantamento de quantitativos e estimativa de custos; análise e planejamento da construção; integração com controle de custos e cronogramas; pré-fabricação externa; e verificação, direção e rastreamento de atividades de construção.

2.1.4.3 *Classificação pela Comissão de Estudo Especial de Modelagem de Informação da Construção*

No Brasil, de acordo com a publicação de Catelani (2016a), foi criada, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), uma Comissão de Estudo Especial de Modelagem de Informação da Construção (CEE-134) que além de ser responsável pelo desenvolvimento da primeira Norma Técnica sobre o BIM, estabelece como diretriz para seus estudos alguns casos de uso mais comuns no Brasil: desenvolvimento de projetos autorais de arquitetura, estruturas e instalações; gerenciamento e revisão de projetos, que inclui a coordenação, detecção automática de interferências (*clash detection*) e geração automática de documentação; visualização de projetos em ambiente 3D; estimativas de custos e orçamentação; análise estrutural; análise energética e planejamento 4D.

2.1.4.4 *Classificação apresentada por esta pesquisa*

Com a necessidade de utilizar uma classificação única no estudo de caso, esse trabalho resume as três classificações em uma classificação mais genérica, que abrange os principais usos e contempla o maior número de usos possíveis.

Encontrou-se então seis classes de utilização do BIM, que são apresentadas em seis grupos:

- Projetos - Planejamento, Autoria, Revisão e Compatibilização;
- Orçamento - Extração de quantitativos e Estimativa de custos;
- Planejamento e controle 4D (Tempo) e 5D (Custo);
- Análises comportamentais;
- Controle e Execução da obra;
- Pós Obra.

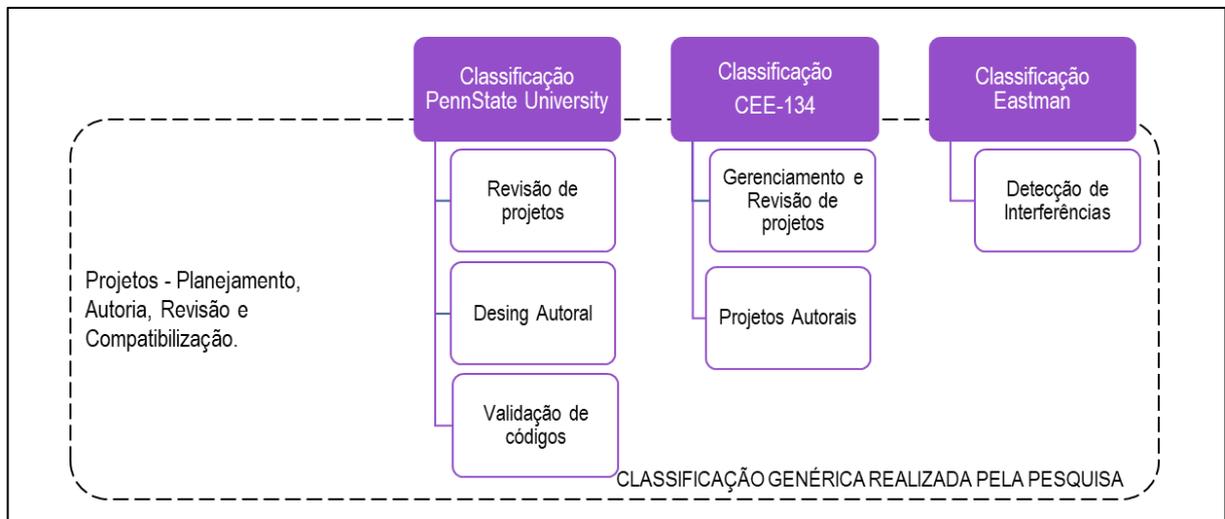
Serão explicados cada um dos seis tipos de utilização definidos:

i) Tipo de Utilização: Projetos - Planejamento, Autoria, Revisão e Compatibilização:

A Figura 2.9 apresenta a compilação da primeira classe de tipos de utilização para o BIM. As três classificações são apresentadas em três colunas. Os usos são apresentados nas linhas e relacionados a cada classificação.

O tipo de utilização Projetos - Planejamento, Autoria, Revisão e Compatibilização é referente as funções de relativas a projetos assumidas pelo BIM que são apresentadas nas três classificações da literatura: a elaboração de projetos; a revisão de projetos com detecção de interferências; e a validação de códigos em projetos.

Figura 9 – Classificação dos tipos de usos BIM: Grupo 1.



Fonte: A autora

A utilização do BIM para o planejamento do projeto possibilita aos arquitetos e engenheiros uma visão 3D do ambiente antes mesmo da concepção do produto.

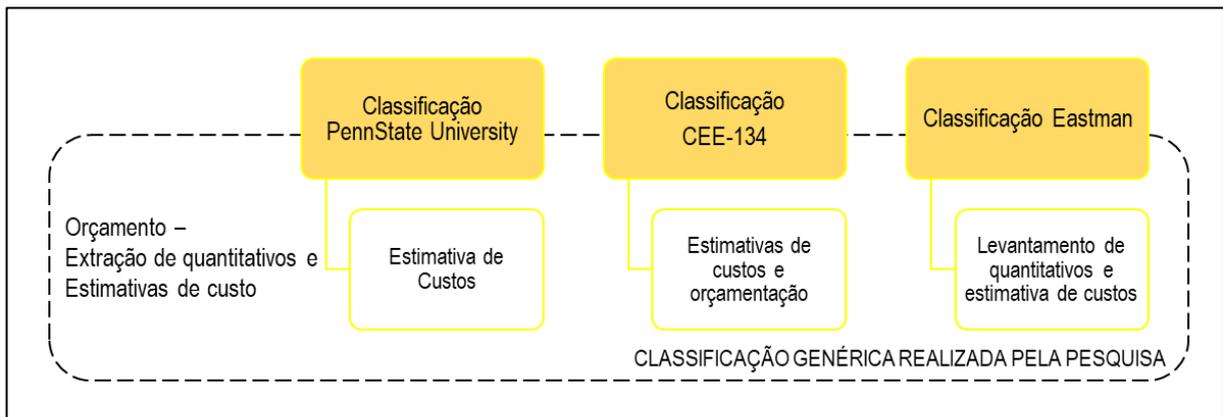
Após a concepção (planejamento do projeto) o projeto é modelado em *softwares* adequados e toda a informação é traduzida em objetos paramétricos.

A revisão e compatibilização dos projetos é realizada através de uma ferramenta com maior destaque e uso mais regular do sistema BIM: *Clash Detection*. A ferramenta promove a compatibilização automática entre as disciplinas de projetos e aponta as principais incompatibilidades.

ii) Tipo de Utilização: Orçamento - Extração de quantitativos e Estimativa de custos

A Figura 2.10 apresenta o BIM como nas três classificações da literatura: levantamento de quantitativo e estimativa de custos na orçamentação.

Figura 10 – Classificação dos tipos de usos BIM: Grupo 2.



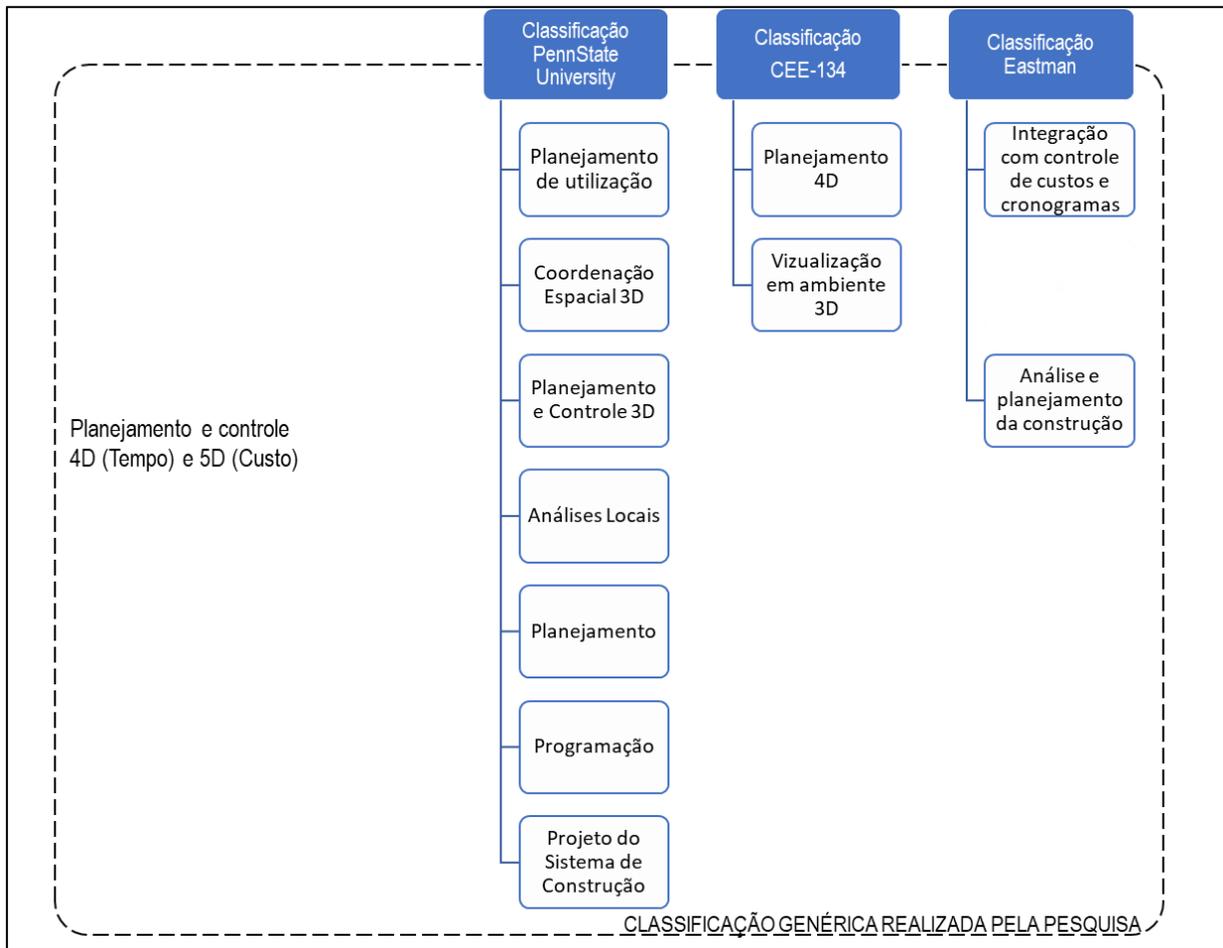
Fonte: A autora

Eastman *et al.* (2014) afirmam que as ferramentas BIM fornecem recursos que podem fornecer as quantidades referentes aos componentes, como áreas e volumes de espaços e quantidades de materiais. Esses quantitativos são mais que adequados para a produção de estimativas aproximadas de custos.

iii) Tipo de Utilização: Planejamento e controle 4D (Tempo) e 5D (Custo)

O terceiro resumo das três classificações busca compreender no mesmo grupo a utilização do BIM para: as análises locais iniciais; o planejamento inicial da construção; a visualização em ambiente 3D; o planejamento e controle da obra utilizando o BIM nas suas funções de tempo e custo (4D e 5D); e o projeto do sistema construtivo. A Figura 2.11 ilustra essa classificação.

Figura 11 – Classificação dos tipos de usos BIM: Grupo 3.



Fonte: A autora

Segundo Eastman *et al.* (2014), o BIM permite que planejadores criem, revisem e alterem modelos 4D e 5D com mais frequência.

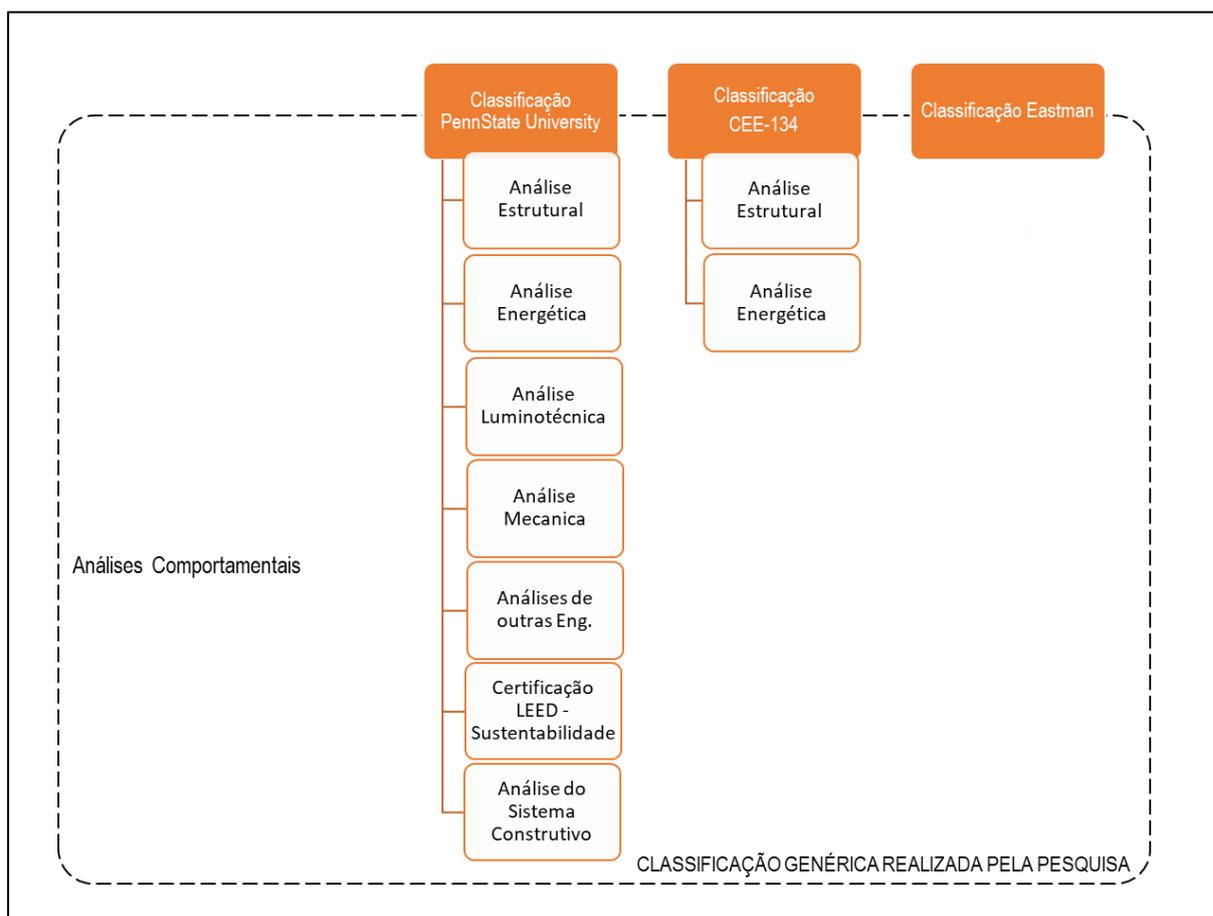
Desde o início do processo de planejamento até a etapa de controle durante todos os estágios da obra, os gerentes necessitam de várias ferramentas que organizem o gerenciamento da obra. Eastman *et al.* (2014) afirmam que o BIM pode dar um suporte a tarefas administrativas devido a integração entre as ferramentas. .

iv) Tipo de Utilização: Análises Comportamentais

Nesse grupo são inseridas as formas de análise comportamentais que o BIM pode realizar e que foram apresentadas por duas das três classificações da literatura: análise estrutural; análise

luminotécnica; análise energética; análise mecânica; análise para certificação LEED; análise de sustentabilidade e análise do sistema. A Figura 2.12 apresenta essa classificação.

Figura 12 – Classificação dos tipos de usos BIM: Grupo 4.



Fonte: A autora

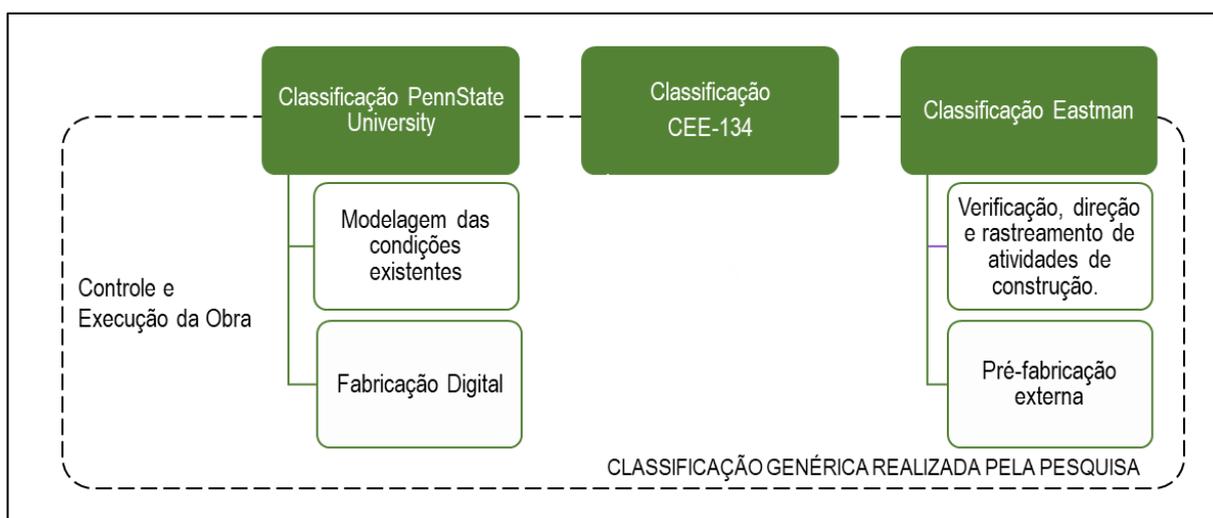
As análises comportamentais são possíveis graças as informações contidas nos objetos paramétricos. Ainda com pouca utilização no Brasil, o BIM torna possível estimar o consumo de energia elétrica em um empreendimento, ou simular cargas em um projeto estrutural. Mais ainda, determinando os parâmetros aceitáveis ou definidos em normas ou selos de certificações, pode-se ter a certeza que o empreendimento estará dentro desses padrões.

v) Tipo de Utilização: Controle e Execução da obra

Segundo Eastman *et al.* (2014), o modelo BIM do edifício pode ser usado para verificar se as circunstâncias reais da construção refletem o que está no projeto.

Nesse grupo, resumem-se as classificações da *PennState University* e de *Eastman et al.* (2014) de execução da obra: modelagem das condições existentes; pré-fabricação e rastreamento das atividades de construção. A Figura 2.13 apresenta esse resumo de forma gráfica.

Figura 13 – Classificação dos tipos de usos BIM: Grupo 5.



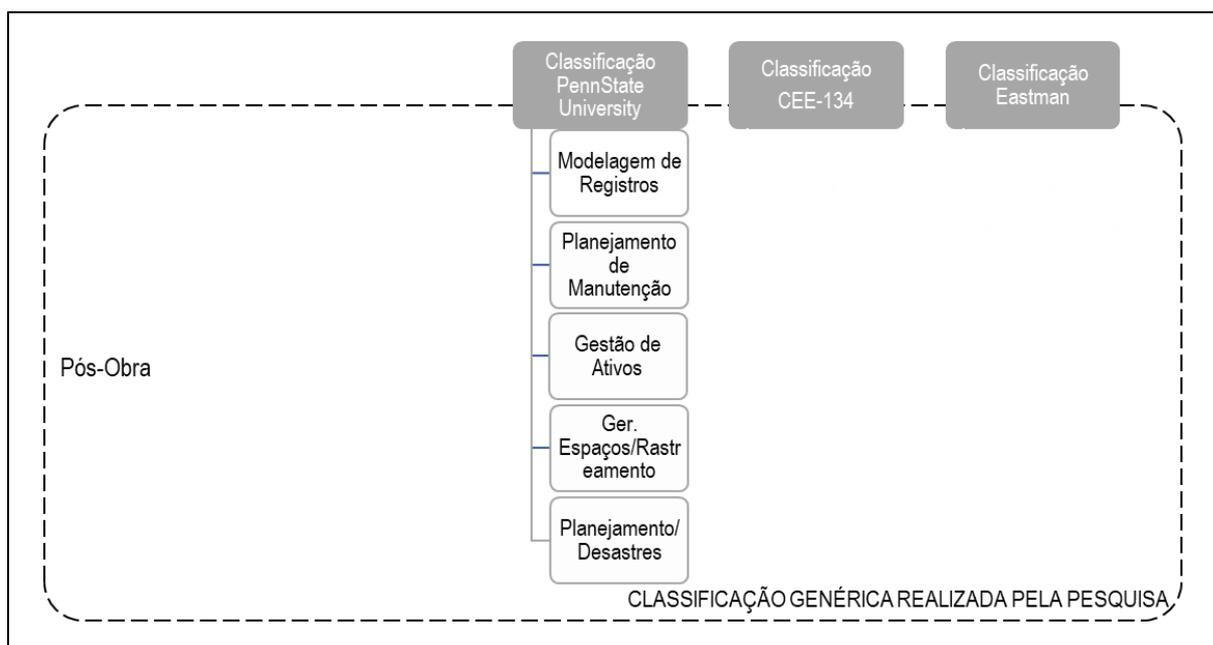
Fonte: A autora

vi) Tipo de Utilização: Pós Obra

Não citado pela classificação da CEE-134, o uso do BIM no ambiente construído facilita o processo de manutenção e gestão de ativos, uma vez que, com a utilização do BIM, toda a documentação do empreendimento pode ser facilmente arquivada de forma virtual e posteriormente acessada.

A Figura 2.14 apresenta que dentro desse grupo estão as classificações feitas pela *PennState University* de modelagem de registros; planejamento de manutenção; gestão de ativos; gerenciamento de espaços; e planejamento de prevenção de desastres.

Figura 14 – Classificação dos tipos de usos BIM: Grupo 6.



Fonte: A autora

O subitem que segue apresentará a segunda parte da revisão da literatura, tratando do tema indicadores de desempenho.

2.2 Indicadores de desempenho

Nesse trabalho, serão utilizados indicadores como instrumento de medição do sucesso da utilização o BIM. Portanto, faz-se necessário entender o que é um indicador e qual sua importância.

2.2.1 Definição do termo “Indicador”

Oliveira, Lantelme & Formoso (1995) definem que indicador é tudo aquilo que se quer medir. É a representação quantificada de uma informação.

Os indicadores reduzem a subjetividade das medidas representando informações racionais acerca de algum tema (COSTA, 2008). Para isso, o indicador de desempenho se utiliza de relações matemáticas que, comparadas a metas numéricas preestabelecidas, permitem identificar o estado de um processo ou o seu resultado.

O objetivo a longo prazo de utilização de indicadores é possibilitar o estabelecimento de desafios e de metas viáveis. (LANTELME, 1994).

2.2.2 Tipos de Indicadores

Existem várias classificações para os indicadores. As classificações diferem de autor para autor. Abaixo são apresentadas algumas definições divididas por autores a fim de que o leitor se familiarize com termos utilizados pelo trabalho, mais especificamente com o termo *Key Performance Indicators*, ou KPI.

Por Lantelme (1994), os indicadores são classificados em:

- Indicadores de desempenho específicos – Os indicadores de desempenho específicos são aqueles de uso individual de cada empresa, em relação aos seus processos. Estão relacionados às atividades específicas de cada empresa, gerando informações para controle, planejamento e melhoria contínua dos processos.
- Indicadores de desempenho globais – Relacionam a empresa ao ambiente externo que ela está inserida. É de caráter mais geral, a fim de conseguir essa comparação. Nessa classificação também estão indicadores que medem a variação entre setores.

Segundo Kaplan & Norton (1997), os indicadores podem ser classificados em:

- Indicadores de Resultado – São aqueles que indicam se as iniciativas de curto prazo estão gerando resultados esperados.
- Vetores de Desempenho – Analisam a estratégia fornecendo previsões e tendências.

Já para Oliveira, Lantelme & Formoso (1995), os indicadores podem ser classificados também em dois tipos:

- Indicadores estratégicos – Acompanham e impulsionam a estratégia.
- Indicadores operacionais – Dependendo os objetivos e tarefas desenvolvidos em cada processo, esses indicadores são desenvolvidos.

Por fim, Parmenter (2007), divide os indicadores em três tipos:

- “*Key Result Indicators*” (KRIs) ou Indicadores-Chave de Resultados – medem o sucesso avaliando o que foi feito;
- “*Performance Indicators*” (PI) ou Indicadores de Desempenho – esses indicadores informam diretrizes de melhorias para a empresa;
- “*Key Performance Indicators*” (KPIs) ou Indicadores-Chave de Desempenho – São Indicadores de Desempenho que contém informações consideradas imprescindíveis para o aumento da eficiência da produção.

2.2.3 Indicadores extraídos da revisão da literatura

Abaixo, são listados os principais indicadores extraídos da revisão da literatura elaborados com a finalidade avaliar a utilização do BIM em projetos de construção civil. Os indicadores que serão apresentados e suas fontes são resumidos na Tabela 2.1 abaixo:

Tabela 1 – Indicadores de medição do sucesso BIM

Indicador	Título do artigo	Autores	Ano
Custo do m ² pela Curva de tempo-esforço de MacLeamy	Cost-benefit analysis of Building Information Modeling implementation in building projects through demystification of time-effort distribution curves	LU, W.; FUNG, A.; PENG, Y.; LIANG, C; ROWLINSON, S.	2014
Valor agregado pela Curva de aprendizado	Generic Model for Measuring Benefits of BIM as a Learning Tool in Construction Tasks	LU, W; PENG, Y; SHE, Q; LI, H.	2013
Indicadores gerados pela Metodologia SLAM BIM	How to tell if a BIM project is successful: A goal-driven approach	WON, J.; LEE, G.	2016
Métricas de desempenho integradas	Measuring BIM performance: Five metrics	SUCCAR, B.; SHER, W.; WILLIAMS, A.	2012
Métricas de Retorno e Investimentos	How to measure the benefits of BIM — A case study approach	BARLISH, K.; SULLIVAN, K.	2012

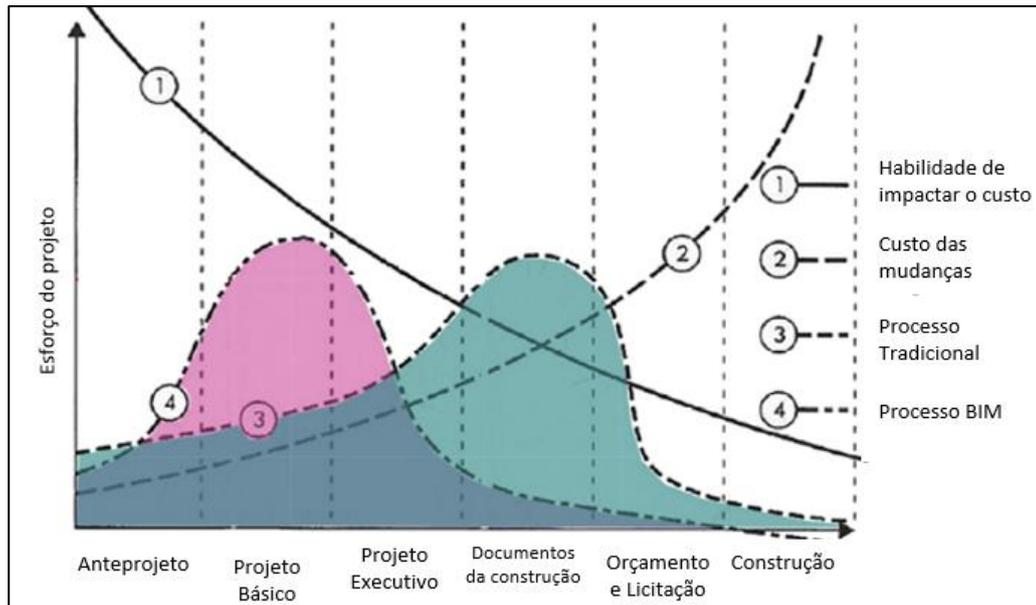
Fonte: Esta pesquisa

2.2.3.1 Avaliação pela curva de tempo-esforço de MacLeamy

Lu *et al.* (2014) sugerem adotar a curva de MacLeamy como um modelo analítico para medir os benefícios do BIM. A curva de MacLeamy representada na Figura 2.15 contém quatro componentes: uma curva que indica o custo de impacto e a capacidade funcional (1), uma curva mostrando o custo da mudança do projeto (2), uma curva mostrando a distribuição do esforço num processo tradicional (3), e outra no processo habilitado ao BIM (4).

As áreas delimitadas pelas curvas 3 e 4 e pelos seus eixos indicam, respectivamente a medição do esforço em projetos que utilizam o BIM e projetos que não o utilizam. Tudo isso em função das etapas do projeto: Anteprojeto, Projeto Básico, Projeto Executivo, Licitação e Construção.

Figura 15 – Representação da distribuição tempo-esforço em processos BIM e em processos de construção tradicionais.



Fonte: Adaptado de Lu et al. (2014, p. 320)

Matematicamente, a expressão que indica a diferença das áreas hachuradas na Figura 3.1 como sendo os benefícios na adoção do BIM é dada por: $\int f(x_4)dx - \int f(x_3)dx = \text{Benefícios do BIM}$

O primeiro passo sugerido por Lu *et al.* (2014) é capturar os dados de um projeto com a utilização do BIM e outro sem a utilização do BIM para a montagem das duas curvas de tempo-esforço. A fim de quantificar os esforços, os autores propõem coletar os desembolsos realizados em determinado período de tempo de clientes, projetistas, engenheiros, consultores e contratados para a construção, desenhando um gráfico de barras com os dados.

Depois disso, os valores devem ser normalizados dividindo-os pela área total construída do empreendimento, e pelo índice de inflação dos períodos observados.

Por último, o indicador é encontrado indicando a porcentagem de esforço normalizado economizado com a utilização do BIM. Isso é feito dividindo a diferença entre o somatório dos esforços sem a utilização do BIM e com a utilização do BIM pelo somatório dos esforços sem a utilização do BIM, e multiplicando o resultado por 100%.

Lu *et al.* (2014) compararam dois projetos em Honk Kong coletando três tipos de dados: séries de pagamentos para os profissionais da equipe, gráficos de Gantt indicando os estágios

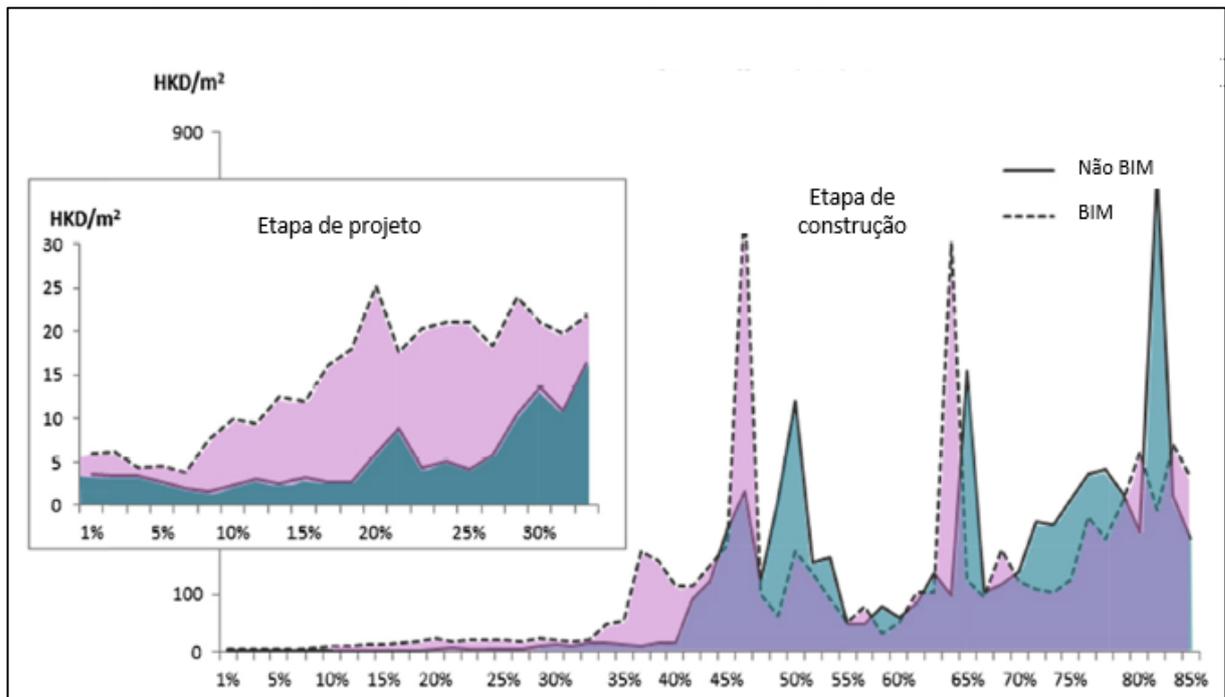
de construção e uma série de quadro de horários com os esforços do cliente (um órgão do governo que gerencia o programa público de moradia).

Tendo normalizado os dados de custo por m², foi dito que durante a fase de projeto, o custo utilizando o BIM por metro quadrado de área construída aumenta 49% se comparado ao projeto sem a utilização do BIM. Já na fase de construção, o custo diminui 8,6% com a utilização do BIM, até os 85% de projeto concluído. Tendo em mente que na fase de construção o esforço físico gasto é bem maior, os autores concluem que 8% podem significar mais do que os 49%.

De forma ampla, a utilização do BIM economizou 6,92%, o que quer dizer 490.86 HKD (moeda local) por metro quadrado nesse projeto.

O gráfico da Figura 2.16 mostra a comparação geral. Os gráficos apresentados representam o valor gasto por metro quadrado em função da evolução percentual dos projetos. A curva tracejada é a representação da variação do esforço realizado com o uso do BIM, e a curva contínua é a representação do esforço sem o uso do BIM. Pelos gráficos, na etapa de projeto o custo aumenta com o uso do BIM, mas na etapa de construção existe uma variação durante a evolução do projeto, de forma que numericamente, chegou-se ao resultado geral de economia de 6,92%.

Figura 16 – Comparação geral das curvas de tempo-esforço dos projetos com e sem o uso do BIM.



Fonte: Adaptado de Lu et al. (2014, p. 324)

2.2.3.2 Avaliação usando a curva de aprendizado

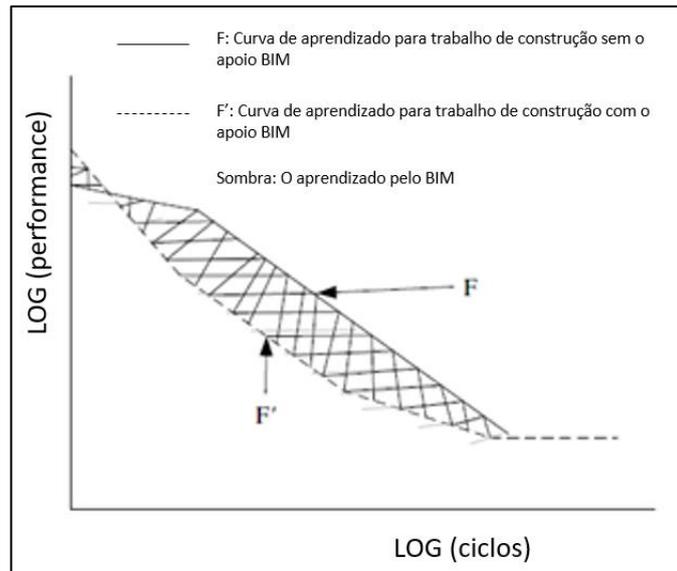
Lu *et al.* (2013) apresentam como outra solução para medir empiricamente os benefícios do BIM na construção civil a utilização de uma ferramenta chamada curva de aprendizado.

A teoria sobre a curva de aprendizado é que um trabalhador ou uma equipe aprende cada vez que realiza a tarefa. Então quanto mais eles fazem a operação, mais eficiente a equipe ou trabalhador se torna. A vantagem da curva de aprendizado é a interação de vários fatores integrados: os trabalhos diretos e os indiretos, o pessoal técnico, gerencial, as ações para melhorar a tecnologia, os equipamentos, os processos, e o capital humano investido.

A teoria da curva de aprendizado define que sempre que a produção dobra, a unidade do custo de produção (em horas ou dólares, por exemplo) vai declinar certa porcentagem. Essa porcentagem indica o ganho em termos de aprendizado. Os autores informam que a curva de aprendizado já tem sido utilizada para investigar o setor de construção civil em campos de controle de custos e planejamento estratégico. Estudos também têm sido conduzidos para prever desempenho futuro através de curvas de aprendizado.

Lu *et al.* então utilizam da ferramenta para comparar duas evoluções de aprendizado: uma com o uso do BIM, e outra sem o uso do BIM. A diferença entre as curvas seria, então, definida como o efeito de aprendizado que foi obtido com o uso do BIM, como representa a Figura 2.17.

Figura 17 – Comparação da curva de aprendizado para trabalhos de construção sem o uso do BIM (curva F) e com o uso do BIM (curva F')



Fonte: Adaptado de Lu et al. (2013, p. 199)

Utilizando um estudo de caso hipotético de um empreendimento de 66 andares, os autores escolheram uma atividade da produção do empreendimento: a atividade de concretagem. Segundo a metodologia proposta pelos autores, o valor da produtividade em homem-hora por metro quadrado deve ser desenhado gerando as duas curvas de aprendizado para as duas situações, e assim, a área desejada pode ser obtida.

O valor encontrado como o valor agregado de aprendizado é de 6,99 homem-hora/m² como, o que em termos monetários para o projeto hipotético equivaleria a 55.920 dólares, o que justificaria o investimento do BIM nesse projeto.

2.2.3.3 Avaliação do nível de sucesso orientada aos objetivos

Won & Lee (2016) investigaram a aplicabilidade de um método chamado SLAM BIM (*Success Level Assessment Model BIM*, ou Modelo de Avaliação do Nível de Sucesso de BIM) para avaliar o sucesso dos projetos BIM. O modelo tem como premissa que para medir o sucesso de um projeto, os objetivos devem estar bem definidos. Além disso, Won & Lee (2016)

afirmam que os objetivos dos projetos com o uso do BIM não são fixos, mas variam de acordo com as características de cada projeto.

Os autores defendem que uma vez que o sucesso do projeto depende de que um objetivo seja ou não atingido, só podemos medir o sucesso do projeto se os objetivos estiverem bem definidos. Logo, o primeiro passo é definir os objetivos específicos do projeto. O segundo passo da metodologia é determinar qual é o uso apropriado da ferramenta BIM, já que a forma de utilização pode ajudar a atingir ou não os objetivos. O terceiro passo é identificar os indicadores de performance. Os indicadores de performance devem ser mensuráveis, coletáveis e comparáveis. Em seguida, para mensurar os indicadores, é necessário especificar as unidades de medida que serão utilizadas. Por último, devem-se desenvolver processos para a coleta de dados.

A metodologia SLAM envolve cinco passos: Definição de objetivos; Determinação do uso do BIM (que é determinado em função do objetivo que se pretende alcançar); Identificação dos indicadores chave de desempenho (KPI – *Key performance indicators*); Desenvolvimento de unidades de medida; e Desenvolvimentos de instrumentos de coleta (WON & LEE, 2016). Os passos serão descritos a seguir.

i) Definição de objetivos

Uma vez que o sucesso se refere a um objetivo alcançado ou não, só podemos medir o sucesso quando os objetivos são claramente definidos. Portanto, o primeiro passo para avaliar o sucesso do BIM em um projeto é definir as metas para o projeto específico. Esses objetivos devem estar claros entre todos os participantes do projeto.

ii) Identificação do uso do BIM

Como já citado na revisão da literatura, a PennState University define em seu guia de planejamento executivo 25 casos possíveis de usos para o BIM (CATELANI, 2016a). No Brasil, existem seis casos de usos mais comuns (CATELANI, 2016a), e o *handbook* BIM indica cinco usos mais frequentes no cenários mundial (EASTMAN *et al.*, 2014).

O uso BIM é uma tarefa ou procedimento exclusivo em um projeto onde o BIM é utilizado para apoiar o planejamento, projeto, construção e operação dos processos do projeto. O segundo passo é determinar os usos BIM apropriados considerando os objetivos definidos no primeiro passo. O uso BIM pode ajudar a alcançar os objetivos predefinidos. Dependendo dos

participantes do projeto e características do projeto, algumas utilizações do BIM são necessárias para cada projeto, enquanto outros usos são opcionais. Para alcançar um objetivo, mais de um uso do BIM pode ser empregado.

iii) Seleção dos indicadores chave de desempenho

Para identificar os indicadores de desempenho apropriados (KPIs) para avaliar o sucesso de um projeto, duas etapas são requeridas.

Um conjunto de KPIs pode variar de acordo com os objetivos do BIM e uso do BIM determinado nas duas etapas anteriores. Portanto, um conjunto de KPIs deve ser capaz de determinar se os objetivos foram ou não alcançados e de medir os efeitos derivados quando usos específicos do BIM são implementados.

No entanto, uma vez que uma lista de KPIs pode ser alterada de acordo com as características de cada projeto, os candidatos a indicadores de desempenho devem ser subsequentemente revisados para verificar se o SLAM BIM inclui indicadores de desempenho quantitativos e sustentáveis que possam medir o sucesso do BIM no projeto.

Assim sendo, é determinado um conjunto de KPIs finais, levando em consideração a medição, capacidade de coleta e comparabilidade de cada indicador de desempenho identificado no primeiro processo de filtragem através de uma série de pesquisas com participantes do projeto.

Os KPIs finais incluem os KPIs que possuem as três propriedades:

a) Medição: cada KPI deve ser mensurável usando critérios de avaliação quantitativos.

b) Capacidade de coleta: enquanto os participantes do projeto conduzem diariamente trabalho, eles devem ser capazes de coletar dados para medir cada KPI com entrada mínima de dados adicionais.

c) Comparabilidade: isto se refere que os participantes do projeto podem obter uma posição relativa de desempenho através da comparação com um conjunto de dados acumulados de casos comparados ou seus projetos não-BIM usando um critério de avaliação específico.

iv) Desenvolvimento de unidades de medida

Para medir os KPIs identificados, é necessário desenvolver as unidades de medida. Alguns KPIs exigem mais de uma informação para os medir. Por exemplo, a data do relatório e resolução de problemas pode incluir um conjunto de medidas da unidade para calcular o tempo

de resposta, e os custos e os horários reais e planejados podem ser incluídos na unidade de medida para o excesso de custos e atrasos no cronograma, respectivamente.

v) Definição de instrumentos de coleta

O último passo da metodologia, a definição de processos e formulários para coleta das medidas unidades deve procurar instrumentos que não sejam invasivos e que se possível sejam integrados nos processos de trabalho existentes de modo a reduzir cargas de trabalho adicionais e o tempo que os participantes gastam com a coleta de dados.

No estudo dos autores, os passos do SLAM BIM foram aplicados em dois projetos com diferentes usos do BIM na Coreia do Sul a fim de verificar sua aplicabilidade e identificar problemas relacionados na medição do sucesso de projetos BIM. O primeiro caso, por exemplo, tinha como objetivos: melhoria da comunicação, melhoria da eficiência e melhoria da capacidade tecnológica. Os usos relacionados a esses objetivos foram: Revisão de projetos; Coordenação 3D e Levantamento de quantitativos. Os indicadores utilizados foram: número de mudanças de ordens, duração do projeto, número de retrabalhos, tempo de resposta entre outros.

2.2.3.4 Avaliação por métricas de desempenho

Sem medidas desempenho para avaliação do uso do BIM, setores e organizações não são capazes de medir seu próprio sucesso ou fracasso (SUCCAR, SHER & WILLIAMS, 2012). Com o objetivo de permitir a avaliação de desempenho, Succar, Sher & Williams (2012) identificam e desenvolvem cinco componentes para realizar uma métrica de desempenho: Estágios de “capabilidade” do BIM; Níveis de maturidade; Competências do BIM; Escalas organizacionais; e Níveis de granularidade que permitem análises de desempenho.

Os estágios de capacidade BIM definem os requisitos mínimos necessários para cada pertencer a cada estágio.

Capabilidade em BIM é definida como a habilidade básica para realizar uma tarefa ou entregar um serviço ou produto BIM. O estágio um é alcançado com a realização de um modelo BIM baseado em objetos; o estágio dois alcançado quando existe uma colaboração baseada no modelo BIM; e o estágio três é quando a integração da equipe é baseada no seu próprio network.

Já em relação aos níveis de maturidade, os cinco níveis apresentados são: inicial (ad-hoc); definido; gerenciado; integrado e otimizado. O termo Maturidade do BIM refere-se a qualidade,

replicabilidade e grau de excelência da capacidade do BIM. É a extensão da habilidade de desenvolver um produto ou serviço BIM.

A terceira métrica de desempenho desenvolvida por Succar, Sher & Williams (2012) é a representação da progressão das melhoras nos estágios do BIM. Um conjunto de competências do BIM é um conjunto hierárquico de competências individuais identificadas para efeitos de implementação e avaliação do BIM. Nesse contexto, o termo competência reflete um conjunto genérico de habilidades adequadas para implementar e avaliar a capacidade e maturidade do BIM. As competências podem ser de ordem tecnologia, de processos, ou política. As competências irão variar de acordo com o estágio BIM.

Em relação às escalas organizacionais, Succar, Sher & Williams (2012) indicam que elas existem para permitir que as avaliações de desempenho do BIM respeitem a diversidade de mercados, disciplinas e tamanhos de empresas.

Por fim, os níveis de granularidade são como um "filtro" com quatro níveis, que indicam a avaliação das próprias métricas de desempenho. A progressão de níveis de granularidade inferiores para níveis maiores indicam crescimento em amplitude da avaliação; detalhamento da pontuação; formalidade da avaliação; e especialização do avaliador.

Succar, Sher & Williams (2012) afirmam que os cinco componentes da métrica de desempenho propostos na metodologia complementam-se mutuamente e permitem análises de desempenho altamente direcionadas, porém flexíveis.

2.2.3.5 Avaliação por métricas de retorno e métricas de investimento

Enquanto ainda não for estabelecida uma abordagem relevante e aceitável de metodologia de cálculo para avaliar adequadamente os benefícios do BIM, haverá perspectivas diferentes resultando em opiniões confusas sobre os benefícios do BIM (BARLISH & SULLIVAN, 2012).

Em sua revisão da literatura Barlish & Sullivan (2012) encontraram bastante trabalhos que se utilizaram de KPI para medir o desempenho dos projetos que utilizam o BIM. Mas na opinião dos autores, KPI são comumente não uniformes com o projeto e os resultados podem trazer alguma confusão em alguns pontos: o que deve realmente ser medido, como deve ser medido, quais as fontes da mudança e como avaliar o sucesso ou fracasso do projeto.

Barlish & Sullivan (2012) citam que os KPI qualitativos sugeridos na literatura são: segurança, quadro de demissões e motivação. E os KPI quantitativos são: unidades de homem-

hora, dolares por unidade, custo, gerenciamento de recursos, controle de qualidade, percentual de projeto completo. Mas para os autores, os KPIs confiáveis são: cronograma, solicitações de mudança, solicitações de informações e o custo do projeto. Esses foram os indicadores utilizados em seu estudo de caso.

O estudo de caso foi realizado comparando a utilização do BIM em duas indústrias em termos de retorno, e de investimentos. Os dados foram coletados sem a utilização do BIM e com a utilização do BIM, e posteriormente comparados.

As métricas de retorno utilizadas foram: solicitações de informações, solicitação de mudanças, e cronograma. Assim foi observada a quantidade de solicitações de informações; o percentual representativo do custo das mudanças em relação ao custo total do projeto; e o percentual de conclusão do cronograma.

As métricas de investimento foram: custos de projeto, custo de construção, e custo total de projeto mais construção. A primeira métrica representa o quanto dos custos de arquitetura e engenharia, na etapa de projeto, são devidos aos custos incorridos como resultado da conclusão dos pacotes de design não-BIM e BIM. A segunda métrica, o custo da etapa de construção, avalia o gasto com contratos e representa o custo de áreas que não usaram BIM comparado ao custo se essas áreas usassem o BIM, e revela que os contratados proporcionariam economias se utilizassem o BIM. A última métrica representa a adição dos custos na etapa de projetos e economias na etapa de construção nessas áreas, utilizando o BIM.

Apesar de entender que o sucesso do BIM depende de vários fatores como o tamanho do projeto, a proficiência da equipe que trabalha com o BIM, a comunicação entre a equipe do projeto, e ainda de fatores externos, Barlish & Sullivan (2012) acreditam que a metodologia proposta apresenta uma linha de base que determinará para um projeto se o BIM irá beneficiá-lo.

2.3 Considerações finais

Após entender que o BIM pode ser utilizado com diferentes objetivos, e que cada objetivo determina especificamente para cada projeto um tipo de uso ou uma combinação de utilizações, foi escolhido o método SLAM BIM para ser aplicado em um estudo de caso, como apresentarão os capítulos seguintes. O método foi escolhido dentre outros por apresentar indicadores que medem o desempenho da utilização do BIM sendo orientado aos objetivos de utilização de cada organização.

3 METODOLOGIA

Esse capítulo apresentará a metodologia adotada pela pesquisa. Serão apresentadas com detalhes a formulação das duas principais etapas desenvolvidas: revisão da literatura e a realização do estudo de caso. Será apresentada a aplicação da metodologia desde a apresentação dos procedimentos de campo; a descrição dos relatórios das visitas exploratórias; e a explanação do estudo realizado com dados obtidos.

3.1 Apresentação das etapas desenvolvidas

Gil (2010) define pesquisa como “o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos.” A pesquisa deve desenvolver uma estratégia a fim de que sua evolução, desde a formulação inicial do problema até a apresentação dos resultados, seja corretamente sistematizada.

A seguir são apresentadas as duas principais etapas pelas quais esta pesquisa percorreu: Revisão da literatura e Realização do Estudo de caso.

3.1.1 Revisão da Literatura

Em primeira etapa, esta pesquisa é exploratória em seu objetivo a fim de que se permita uma maior familiaridade com o tema pesquisado. Nessa etapa, segundo Gil (2010), acontece uma coleta de dados para aprimorar ideias, descobrir intuições para que posteriormente seja possível construir hipóteses.

A revisão da literatura já apresentada no capítulo anterior é fruto do levantamento bibliográfico realizado na primeira fase da pesquisa. A revisão bibliográfica estimulou a compreensão do tema e juntou dados para que fosse possível definir vantagens e transformações aguardadas por uma organização que decida adotar o sistema BIM, foram ainda elencados indicadores apresentados pela literatura que se propõem a medir de diferentes formas a usabilidade do sistema BIM.

Dentre os indicadores listados no tópico anterior, um foi escolhido para ser testado nessa pesquisa: Avaliação do nível de sucesso orientada aos objetivos, ou método SLAM BIM. O método foi escolhido por ser orientado à objetivos. Ou seja, os autores entendem que primeiramente deve-se entender os objetivos da utilização do BIM na organização, hipótese a ser estudada no trabalho.

3.1.2 Realização do Estudo de Caso

A tendência dos estudos de caso é permitir uma investigação para se compreender fenômenos sociais complexos. Nesse tipo de estudo, é possível preservar as características significativas da vida real, ao mesmo tempo em que se procura esclarecer o motivo pelo qual uma decisão ou um conjunto de decisões foram tomadas ou quais os resultados alcançados com essa tomada de decisão (CAUCHIK, 2007; Yin, 2005).

Segundo Yin (2005) o estudo de caso exemplar deve ser significativo, completo, considerar perspectivas alternativas e apresentar evidências suficientes e convincentes para que o leitor possa fazer um julgamento independente em relação a análise apresentada.

A aplicação do estudo de caso no trabalho se dá no âmbito da pesquisa de avaliação, onde a estratégia é utilizada para explorar situações nas quais a intervenção que está sendo avaliada não apresenta um conjunto simples e claro de resultados (Yin, 2005).

No caso em questão, que é a interposição do sistema BIM no processo construtivo, procura-se avaliar os resultados encontrados quando acontece a medição dos benefícios para quais o BIM está sendo utilizado, ou seja, analisar a utilização do BIM.

Entendendo que o BIM pode representar vários tipos de inovações ao processo construtivo tradicional, cada forma de uso do sistema deve ter indicadores específicos para medir o sucesso da utilização do BIM. É isso que defendem Won & Lee (2016), quando apresentam como premissa que para medir o sucesso de um projeto, os objetivos devem estar bem definidos, já que cada projeto possui objetivos diferentes, demandando diferentes solicitações à plataforma BIM. O BIM deve trabalhar em função do objetivo a ser alcançado, e para medição da eficiência desse trabalho, os indicadores devem estar em conformidade com os propósitos de utilização inicialmente propostos.

Como parte da preparação para a realização do estudo de caso, Yin (2005) defende o desenvolvimento de um protocolo para investigação, afim de aumentar a confiabilidade do estudo de caso. O autor divide a elaboração do protocolo em quatro seções: Visão geral do projeto do Estudo de Caso; Procedimentos de Campo; Questões para o estudo de caso; e Relatório do estudo de caso. O protocolo foi entregue, em partes, para os participantes do estudo de caso, a fim de uma melhor aproximação e ambientação com a pesquisa. O material entregue está disponível no apêndice da pesquisa (Apêndice 1).

Os procedimentos de campo com a apresentação das questões realizadas nas visitas, e o relatório das visitas exploratórias serão apresentados a seguir no tópico seguinte correspondente a aplicação da metodologia.

3.2 Aplicação da metodologia

A aplicação da metodologia da etapa de estudo de caso será apresentada em três partes. A primeira parte apresenta os procedimentos de campo. A segunda parte do relatório é dedicada a apresentar a narração dos acontecimentos durante as visitas exploratórias. Por fim, a terceira parte é a aplicação da metodologia SLAM BIM no caso escolhido.

3.2.1 Apresentação dos procedimentos de campo

Para compor os dados da pesquisa, sete empresas que foram relatadas como tendo alguma experiência expressiva com o uso do BIM dentro do cenário pernambucano, foram contatadas a fim de receberem uma visita inicial de averiguação. O objetivo foi escolher entre as empresas contatadas, algum empreendimento que possuam registro de dados que gerem resultados de mensuração da eficiência do uso do BIM. Esses resultados serão expostos no relatório elaborado a fim de serem estudados e os indicadores utilizados, analisados.

As empresas receberam um *e-mail* com uma parte do Protocolo de estudo de caso para contextualização da entrevista que se sucederia. Das sete, cinco responderam à solicitação e foram então visitadas.

As visitas iniciais foram planejadas para durarem em torno de uma hora, buscando múltiplas fontes de evidências. As entrevistas buscam entender o universo em que o entrevistado teve contato com o BIM, e analisar a empresa em relação às fontes de dados e possíveis casos a serem estudados.

A interação com os entrevistados se deu através de algumas questões que seguindo o definido por Yin (2005), não foram feitas diretamente ao entrevistado e nem foram entregues junto com o restante do protocolo no primeiro contato. São apenas lembretes e orientações seguidas pelo pesquisador a fim de manter uma linha de raciocínio durante a entrevista. As questões são apresentadas agrupadas em cinco níveis que são descritos com as suas respectivas questões a seguir:

1. Questões específicas sobre entrevistados: Há quanto tempo o entrevistado trabalha com o BIM? Qual a percepção do entrevistado sobre o BIM? Qual a participação do entrevistado no processo do BIM na empresa?
2. Sobre casos individuais: Qual o objetivo maior da utilização do BIM na empresa? Qual o uso teórico do BIM está relacionado a esse objetivo? Qual a meta a ser alcançada com o uso do BIM? Quais os indicadores que mediriam o alcance dessa meta? Qual a forma de mensuração desses indicadores? Existem dados mensuráveis, coletáveis e comparáveis para esses indicadores? Quais os dados que preenchem essa mensuração?
3. Sobre o padrão de descobertas ao longo dos casos: Existem outros usos do BIM no caso em estudo? As mesmas metas dos outros estudos são buscadas por essa empresa? (Outras perguntas poderão ser adicionadas quando os dados colhidos das perguntas do nível 1 e 2 forem processados).
4. Questões sobre o próprio estudo: A empresa conhece ou já utilizou algum indicador para medir os benefícios do BIM ou da sua implantação? Se sim, qual indicador? A empresa conhece ou já utilizou algum dos indicadores listados pelo estudo para medir os benefícios do BIM?
5. Questões além dos objetivos do estudo de caso: A empresa busca treinamento para os funcionários? Existe a perspectiva de ampliar o universo do uso do BIM na empresa? Quais os passos pretendidos pela empresa para o aperfeiçoamento e melhoramento do uso do BIM? Qual é a maior dificuldade da utilização do BIM na empresa? Que mudanças foram mais significativas com a utilização do BIM? Qual o incentivo para a utilização do BIM na organização?

Esperava-se que cada empresa visitada gerasse resultados de mensuração da eficiência do uso do BIM, e por isso, as mesmas perguntas foram realizadas em cada uma das cinco visitas iniciais.

Buscou-se perceber, dentre as empresas, em quais seria possível apanhar informações relativas a projetos que fossem a base do estudo de caso; ou quais empresas teriam dados que comprovem a mensuração dos indicadores que serão utilizados. As informações buscadas foram cronograma, custos, a horas de trabalho, dentre outras.

Mas, principalmente, as visitas buscaram distinguir empresas com objetivos claros a serem alcançados, e com isso identificar o uso BIM correspondente para que seja possível aplicar a metodologia SLAM BIM.

Tendo analisado os relatórios das visitas, uma nova visita foi realizada a empresa escolhida em um segundo momento, a fim de recolher os dados mensuráveis para estudo e explorar as informações obtidas no primeiro encontro.

Nessa segunda visita, boa parte do tempo foi reservada para entrevista com os profissionais, seguido de momentos de observação e de coleta de dados buscando documentos da empresa que comprovem os dados observados. Foram buscadas documentações, registros em arquivos virtuais ou *e-mails*.

3.2.2 Relatório das visitas exploratórias

A seguir será apresentado o relatório das visitas exploratórias, que aconteceram no primeiro momento. Nomes de empresas e informações pessoais foram retiradas e substituídas por expressões genéricas. Os dados recolhidos na segunda visita serão apresentados e explorados no próximo capítulo.

3.2.2.1 Primeira visita: Empresa A

A primeira visita ocorreu em outubro de 2017, com a participação de duas pessoas. Os dois fazem parte, junto com um projetista de arquitetura, um projetista de instalações e um profissional de acompanhamento técnico, da equipe de projetos da Empresa A.

A Empresa A tem mais de 50 anos no mercado e trabalha atualmente com cerca de 80 contratos. Desde 2014 tem inserido o BIM na sua cultura organizacional. Nesse tempo, um dos entrevistados trouxe a ideia para o diretor da empresa, como uma solução para inovar e ser um diferencial nas licitações menor preço e melhor técnica. Em quase 3 anos de estudos em BIM, 7 projetos foram realizados com o auxílio do BIM.

Atualmente, 2 contratos utilizam o BIM. O primeiro contrato define o campo de utilização do BIM entre a modelagem 3D e levantamento de quantitativos e o segundo contrato acrescenta a isso a utilização do ambiente 5D, com o controle de cronograma.

O objeto do segundo contrato é a construção de um sistema prisional, onde a Empresa A foi contratada como empresa de fiscalização da construção, prestando relatórios sobre o andamento da obra.

Os principais objetivos da utilização do BIM nesse contrato são: a parametrização para que seja possível uma maior velocidade nas modificações solicitadas pelo cliente final; e a redução de retrabalho. Nesse contrato, a partir da modelagem 3D e do uso da ferramenta de *clash detection*, a empresa gera um relatório denominado de Relatório de Análise Crítica – RAC, que reporta os erros técnicos observados nos projetos. De acordo com o teor do relato, o relatório é encaminhado aos projetistas ou a própria obra, que terá a oportunidade de antever erros no processo construtivo.

Para o entrevistado, as maiores dificuldades na utilização do BIM são a falta de conhecimento do que é o BIM, e a ruptura da metodologia tradicional adotada pelos seus colegas nos processos de trabalho da engenharia civil.

Em relação a utilização de indicadores para medir benefícios do BIM, a empresa, em seu primeiro projeto com o BIM, registrou diferenças nas formas de visualização do projeto em relação aos desenhos elaborados em ferramenta 2D. Foram feitos cortes em locais estratégicos da planta que puderam comprovar a riqueza de detalhes de um projeto modelado em detrimento de um projeto desenhado em uma prancha 2D. Além disso, nesse mesmo projeto, foi realizado um comparativo de levantamento de quantitativos automatizado pelo BIM e realizado de maneira tradicional.

A empresa tem objetivos com o BIM que poderiam ser traduzidos em metas e indicadores poderiam ser buscados a fim de atingir esses objetivos. Os dados do contrato apresentado parecem ser tangíveis, e poderiam ser utilizados como métrica para os possíveis indicadores.

3.2.2.2 Segunda visita: Empresa B

A segunda visita aconteceu também em outubro no escritório da Empresa B, com o arquiteto responsável.

Desde 2005 o entrevistado tem trabalhado com o BIM, utilizando o *software* Revit. Em 2011, aconteceu seu primeiro projeto que realmente necessitava de uma solução proveniente do sistema BIM. Com uma topografia bastante irregular, o terreno foi mapeado e o projeto arquitetônico foi definido a partir das representações gráficas geradas pelo BIM.

Atualmente, a Empresa B está desenvolvendo o projeto de um empreendimento em João Pessoa, capital do estado da Paraíba. Está em fase de planejamento de projeto, mas o objetivo é que o BIM seja utilizado até na fase de obra, que também será de responsabilidade da empresa.

O entrevistado entende que a principal utilização do BIM na empresa é para o auxílio das tomadas de decisões em tempo real, e a segunda utilização é para o auxílio do detalhamento dos projetos, em visualização e quantitativos.

A principal dificuldade apontada pelo arquiteto é a falta de conhecimento dos usuários do BIM do processo construtivo, que gera por vezes a má construção de um modelo BIM.

3.2.2.3 Terceira visita: Empresa C

Ainda no mês de outubro, aconteceu o contato com a Empresa C. A Empresa C é uma empresa de consultoria que também realiza treinamentos e palestras. O entrevistado é sócio da empresa desde 2013, e antes disso atuou na construção de um *shopping center* em Paulista, cidade pernambucana, onde participou ativamente da utilização do BIM na construção do empreendimento.

Durante a construção, eram realizados relatórios de interferências utilizando a ferramenta de *clash detection* e levantamento de quantitativos para fechamento de contratos. Foram ainda documentadas informações para realização do *as-built* do empreendimento.

3.2.2.4 Quarta visita: Empresa D

No mesmo mês de outubro, outra visita foi realizada no prédio anexo ao Porto Digital, para conhecer a Empresa D. A Empresa D é uma *startup* fundada pelo entrevistado, e incentivada pelo Porto Digital. Desde 2009 o entrevistado tem trabalhado com o universo BIM e atualmente a Empresa D funciona com objetivos de: modelagem; treinamentos; consultoria e desenvolvimentos de soluções em BIM.

Por modelagem, a empresa entrega como produto o levantamento de quantitativo, o orçamento gerado com auxílio de outros *softwares* (*Dynamo*), e o relatório de falta de informação – RFI, que é gerado após a utilização da ferramenta de *clash detection*. Dessa forma, a empresa se enquadra no uso do BIM para o planejamento 3D e 4D.

A Empresa D vem desenvolvendo como principal produto na área de soluções em BIM a adequação do sistema BIM às normas construtivas exigidas pela Prefeitura da Cidade do Recife, de forma a adequar o projeto automaticamente as exigências das licitações.

O entrevistado acredita que o principal problema na disseminação do BIM é falta de conhecimento não só dos processos construtivos, ou da utilização das ferramentas, mas da falta de conhecimento de programação para adequar o BIM à realidade de mercado atual.

A Empresa D não possui projetos com dados acessíveis ou registrados. Entretanto, o próximo contrato da empresa iniciará em dezembro e durará seis meses, implantando o processo BIM em uma empresa de projetos. O principal diferencial desse contrato é que para a implementação do sistema BIM não será utilizado o principal *software* disseminado como ferramenta BIM (Revit), e sim o tradicional programa de elaboração e visualização de projetos AutoCad.

3.2.2.5 Quinta visita: Empresa E

Já no final do mês de outubro, foi realizada por vídeo conferência a quinta entrevista, com o sócio da Empresa E.

O entrevistado começou a implementar o BIM na Empresa E no final de 2013, por solicitação do grupo financiador dos projetos de um *shopping center* em Fortaleza, capital do estado do Ceará. A empresa vinha de um contrato de compatibilização desde o último projeto do grupo, a construção de um *shopping center* em Recife.

No caso de Fortaleza, os projetos do grupo de disciplinas de instalações foram modelados para serem compatibilizados em 3D. No segundo projeto do grupo em Fortaleza, a construção de um segundo *shopping center*, houve uma maior interação com as demais disciplinas, pois dessa vez, os projetos de arquitetura e de estrutura também foram modelados.

Atualmente a Empresa E presta seus serviços para a obra do mesmo grupo em Aracaju, capital do estado de Sergipe, mas continua entregando projetos paralelamente em CAD 2D, por decisão da empresa.

A Empresa E tem a perspectiva de ampliar seus horizontes em BIM levando seus contratos de fiscalização de obra para o nível BIM, com um acompanhamento 3D do empreendimento. Para isso, tem investido em treinamentos não só de *softwares*, mas também de mudanças de processos, que no entendimento do entrevistado são essenciais para que a implementação do BIM aconteça com sucesso. Fazem parte da equipe que trabalha com o BIM pessoas de cada uma das quatro áreas em que a empresa se divide: projetos de elétrica, SPDA e incêndio, instalações sanitárias, e CFTV.

O entrevistado entende ainda que as principais limitações do uso do BIM na Empresa E estão fora da empresa, e não dentro dela. E essa é a justificativa para continuar gerando projetos em CAD 2D. O entrevistado entende que o mercado ainda não está pronto para absorver as mudanças e ainda não entende os benefícios que o BIM oferece. Segundo ele, isso alinhado ao

alto custo inicial de investimento cria uma barreira para a utilização do BIM. Por fim, as principais mudanças com o uso do BIM citadas pelo entrevistado são: a visibilidade do projeto, e a assertividade das informações.

3.2.3 Estudo dos dados obtidos

Com a análise dos relatórios das visitas exploratórias, ficou evidente que a empresa com maior disponibilidade de dados sobre um projeto específico que possivelmente se adequaria a aplicação do método de medição do sucesso do uso do BIM orientado a objetivos seria a Empresa A.

Decidiu-se então aplicar o método SLAM BIM para um único projeto da empresa. Foi-se aí realizada uma nova visita, onde poderiam ser coletadas informações contidas em cronogramas do projeto, como duração do projeto, duração das maiores atividades, número de atividades no projeto, número de atividades em atraso, entre outras. Poderiam ser solicitadas ainda informações relativas ao orçamento do projeto, tais como custos de investimento com BIM, custo total planejado do projeto, custo realizado do projeto, custo planejado das maiores atividades, custo realizado das maiores atividades, custo de retrabalhos, custo de mudanças de projeto, e outros. Todas as informações visariam o atendimento da metodologia SLAM BIM.

No capítulo seguinte, serão apresentados os resultados da aplicação da metodologia em um empreendimento da construção civil gerenciado pela Empresa A.

4 ESTUDO DE CASO

Este capítulo apresenta um estudo de caso em uma empresa gerenciadora de construção de obras civis, denominada nesse trabalho por Empresa A. Na aplicação da metodologia SLAM BIM em um contrato específico da Empresa A, foram resultantes quatro indicadores de medição de desempenho do sucesso na utilização do BIM. A forma de aplicação da metodologia e os valores decorrentes serão apresentados nesse capítulo, bem como a análise dos resultados.

Contudo, inicialmente será descrita de forma geral a obra que foi o objeto de estudo do trabalho, em seguida será exposto o problema percebido, a aplicação prática da metodologia, e por último os resultados alcançados.

4.1 Descrição da obra e particularidades do contrato

O objeto de estudo faz parte de um complexo prisional que está sendo construído por uma outra empresa construtora. A Empresa A é uma empresa que realiza a fiscalização dessa obra, sendo contratada pelo órgão público responsável pelo empreendimento.

As obras do Complexo Prisional, composto por 7 unidades prisionais, encontram-se subdivididas em três lotes, cada um com um contrato específico, conforme especificado a seguir:

- Lote 01 – Unidades Penitenciárias Femininas 01 e 02
- Lote 02 – Unidades Penitenciárias Masculinas 01 e 02
- Lote 03 – Unidades Penitenciárias Masculinas 03, 04 e 05

O projeto escolhido foi o lote feminino do complexo prisional.

Cada unidade é composta por 2 pavimentos, sendo o primeiro andar composto pela passarela que interliga os ambientes existentes na unidade prisional, de forma a permitir o deslocamento dos agentes penitenciários sem a necessidade de contato com os detentos.

O pavimento térreo é composto pelos módulos vivência coletiva, polivalente, saúde, tratamento químico, tratamento penal, educacional, serviços, triagem, administração, guarda externa, subestação, lixeira, guaritas, castelo d'água, reservatório inferior e estação de tratamento de água.

As unidades contam ainda com alambrado de 5 metros de altura, cuja fundação é de concreto armado, bem como muralha com passadiço de 6 metros de altura em concreto armado. O muro externo, que separa a área administrativa de cada unidade da área externa do presídio, é constituído de blocos de concreto com 3 metros de altura.

Nas unidades prisionais destinadas às detentas, unidades escolhidas para a observação de dados, a edificação é composta apenas de pavimento térreo, contando, além dos módulos citadas, com o ambiente de berçário.

4.2 Descrição do problema

A empresa utiliza o BIM desde 2014, a fim de inovar no mercado e ser um diferencial nas licitações menor preço e melhor técnica. Em três anos de utilização, sete projetos foram realizados com o auxílio do BIM.

Os objetivos com a utilização do BIM são bem explícitos na Empresa A uma vez que, já na primeira reunião, foi exibida uma apresentação de justificativa para a adoção do BIM com benefícios claros e bem definidos que o BIM poderia trazer. E isso definiu as metas a serem alcançadas pela organização com a utilização da ferramenta.

Contudo, a empresa mede a satisfação com a utilização do BIM pelo *feedback* dos seus clientes. A empresa relata que os clientes têm opinado positivamente sobre a utilização do BIM como ferramenta de gerenciamento dos contratos, e esse tem sido seu instrumento de medição de satisfação com a utilização do BIM.

Observa-se então que a Empresa A tem a necessidade da aplicação de uma metodologia científica que busque comprovar se o BIM está realmente atingindo os objetivos que foram propostos inicialmente com sua utilização.

Atualmente, existem dois contratos na Empresa A que utilizam o BIM. O primeiro contrato utiliza o BIM para realização da modelagem 3D dos projetos e para levantamento de quantitativos. O segundo contrato acrescenta a esses usos a visualização dos ambientes 4D (Tempo) e 5D (Custo), com os controles de cronograma e de custos.

O entendimento é então, que atualmente a Empresa A tem investido na maioria das áreas atendidas pelo BIM, sem distinção clara se essas formas de utilização buscam atender aos objetivos propostos com a utilização do BIM, gerando os benefícios procurados pela organização.

Com isso, é confirmado o problema percebido, que é auxiliar a empresa a medir, através da aplicação de uma metodologia científica, a conformidade da utilização do BIM em relação aos objetivos propostos anteriormente.

A importância disso se dá pelo argumento de que para saber onde investir recursos, tempo e treinamentos, é necessário que se entenda primeiramente qual a o uso do BIM deve ser

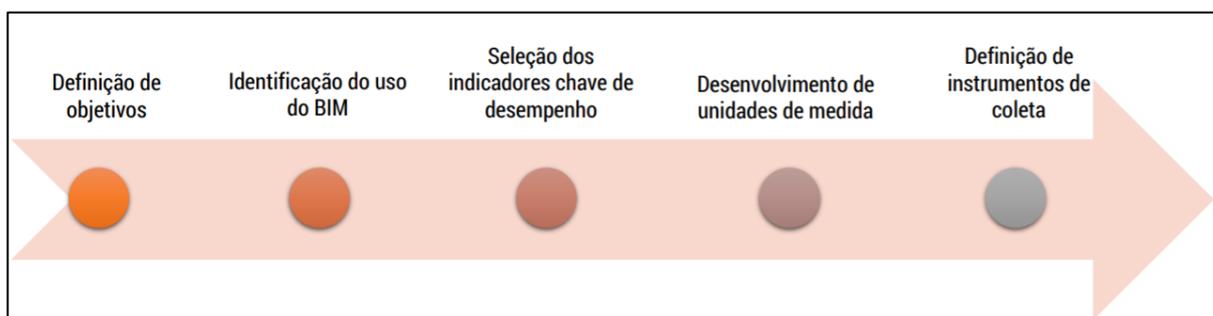
aplicado, pois esse é uma função direta na busca de atingir as metas traçadas pela organização devido à utilização do BIM.

Em linhas claras, o problema proposto é verificar, através da aplicação da metodologia, se os objetivos buscados pela empresa estão sendo atingidos com a utilização do BIM.

4.3 Aplicação da metodologia

Com o problema definido, foi-se aplicada a metodologia SLAM BIM em um objeto de estudo segundo os passos propostos pelos autores Won & Lee (2016). Essa metodologia foi escolhida para avaliar a utilização do BIM na Empresa A, uma vez que a metodologia é orientada à objetivos, ou seja, busca primeiramente entender quais os objetivos com a utilização do BIM para que esses sejam medidos. Os objetivos definidos são os benefícios buscados com cada uso BIM pela organização. A metodologia SLAM envolve cinco passos, que já foram apresentados na revisão da literatura e são lembrados na Figura 4.1.: Definição de objetivos; Identificação do uso BIM; Seleção dos indicadores chave de desempenho; Desenvolvimento de unidades de medida; e definição de instrumentos de coleta.

Figura 18 – Etapas da metodologia SLAM BIM.



Fonte: A autora

A seguir são apresentados, seguindo a ordem de aplicação da metodologia, os dados recolhidos da Empresa A.

i) Definição de objetivos

O sucesso da utilização do BIM, do alcance dos benefícios prometidos, depende dos objetivos que foram definidos com a utilização do BIM. A metodologia SLAM BIM defende

que o primeiro e mais importante passo para avaliar o sucesso do BIM em um projeto é definir as metas, ou os objetivos, para o projeto específico.

A empresa apresentou um documento que estabelecia oito objetivos principais com o uso do BIM, e a partir disso, as informações da empresa foram estudadas e classificadas.

Os objetivos principais da empresa com a utilização do BIM são: redução de custos; atender a prazos cada vez menores; resolução de complexidade dos novos projetos; gerenciar grande volume de informação e comunicação; maior assertividade no planejamento, acompanhamento e replanejamento; coordenação de novas disciplinas e tecnologias; assertividade na elaboração dos projetos; e navegação nos projetos, pré-visualização das obras em simulação.

Esses objetivos foram relacionados aos benefícios citados na revisão da literatura.

Os objetivos de reduzir os custos e de atender a prazos cada vez menores foram citados na revisão da literatura como benefícios sob a ótica do proprietário, que busca a valorização da própria construção.

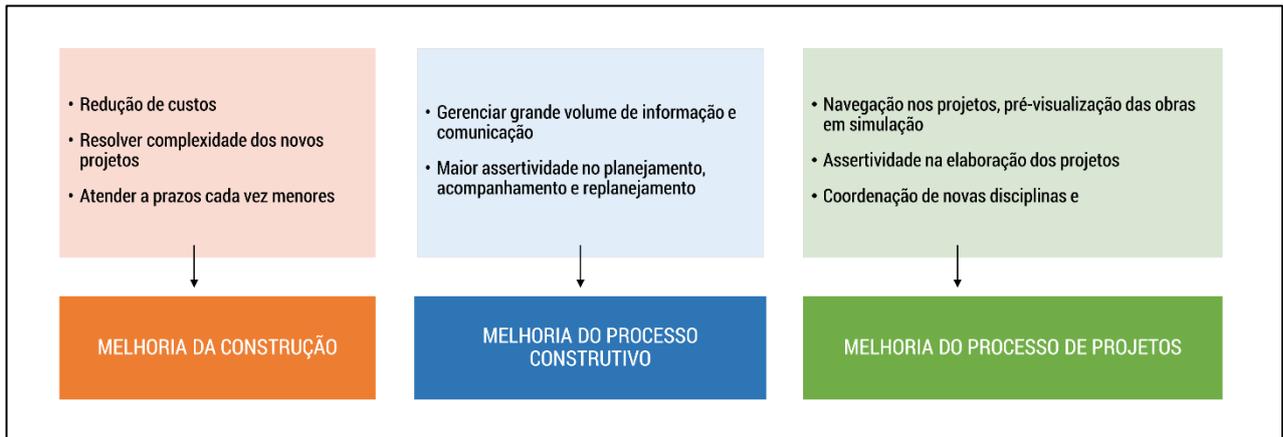
O objetivo buscado pela empresa de gerenciar grande volume de informação e comunicação é possível pelo benefício do BIM de melhorar a comunicação.

O objetivo de ter maior assertividade no planejamento, acompanhamento e replanejamento também foram citados na literatura e se relacionam com a sincronização do projeto com o planejamento e com a execução.

Os objetivos relacionados a etapa de projetos que se beneficiam do BIM pela colaboração entre as disciplinas e pelas possíveis correções automáticas do projeto são os últimos: coordenação de novas disciplinas e tecnologias; assertividade na elaboração dos projetos; e navegação nos projetos, pré-visualização das obras em simulação.

Logo, podem se observar a formação de três grupos que representam os objetivos buscados pela empresa, descritos na Figura 4.2: Objetivos que buscam a melhoria da eficiência da própria construção; Objetivos que buscam a melhoria do processo construtivo; e Objetivos que buscam a melhoria dos processos de projetos.

Figura 19 – Definição de objetivos da Empresa A.



Fonte: A autora

ii) Identificação do uso do BIM

A Figura 2.9 apresentada no capítulo 2 resume essas classificações de usos BIM em seis classes de utilização do BIM: Projetos - Planejamento, Autoria, Revisão e Compatibilização; Orçamento - Extração de quantitativos e Estimativa de custos; Planejamento e controle 4D (Tempo) e 5D (Custo); Análises comportamentais; Planejamento, Controle e Execução da obra; e Pós Obra.

Dentre essas, e reconhecendo que o uso BIM é determinado em função dos grupos de objetivos já definidos, entendeu-se inicialmente que a empresa tem participação em 4 principais usos BIM: Orçamento - Extração de quantitativos e Estimativa de custos; Planejamento e controle 4D (Tempo) e 5D (Custo); Controle de execução da obra; e Projetos - Planejamento, Autoria, Revisão e Compatibilização.

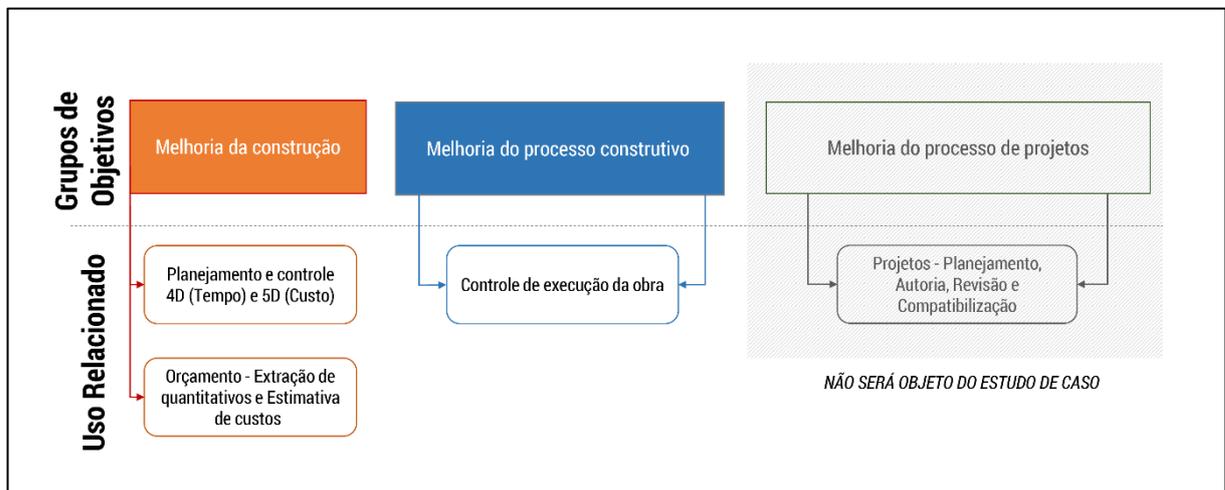
Contudo, após discussão em reunião com a empresa, entendeu-se que o uso “Projetos - Planejamento, Autoria, Revisão e Compatibilização”, especificamente para o contrato estudado, possui ressalvas. Os projetos não são de autoria da Empresa A, apesar de terem sido modelados pela empresa na busca de interferências entre os projetos. Para esse contrato, não é realizado o nem o planejamento dos projetos, e nem sua efetiva elaboração. Entretanto, a Empresa A utiliza o BIM para a revisão e compatibilização dos projetos em um processo que compreende a modelagem dos projetos recebidos por outras empresas.

A partir dessas informações, foi entendido que esse uso não seria objeto do estudo de caso e conseqüente a isso, o estudo dos objetivos que buscam a melhoria dos processos de projetos foram descartados.

A Figura 4.3 retrata a identificação dos usos BIM relacionados aos três grupos com o resumo dos objetivos da empresa.

Os objetivos que buscam a melhoria da eficiência da própria construção serão considerados relacionados aos usos de “Planejamento e controle 4D (Tempo) e 5D (Custo)” e “Orçamento - Extração de quantitativos e Estimativa de custos”. Os objetivos que buscam a melhoria do processo construtivo foram relacionados ao uso de “Controle de execução da obra”. E finalmente, os objetivos que buscam a melhoria dos processos de projetos foram relacionados ao uso de “Projetos - Planejamento, Autoria, Revisão e Compatibilização” que foi retirado por não ser utilizado em totalidade no contrato estudado.

Figura 20 – Identificação de usos BIM relacionados aos objetivos.



Fonte: A autora

iii) Seleção dos indicadores chave de desempenho

O método SLAM BIM busca determinar um conjunto de KPIs que levem em consideração a forma de medição, a capacidade de coleta e comparabilidade de cada indicador de desempenho. Esses indicadores serão relacionados tanto a cada uso BIM encontrado, quanto aos objetivos definidos.

Da aplicação do método no estudo de caso realizado pelos autores Won & Lee (2016), foram extraídos indicadores que correlacionavam aos usos também mencionados por esse estudo de caso. Assim, foram definidos quatro indicadores que preenchem os requisitos e estão

relacionados aos usos BIM e aos objetivos definidos pela empresa: Retorno sobre investimento; Conformidade ao cronograma; Solicitações de mudança em obra; Tempo de resposta.

Cada indicador é relacionado a medição de um, ou mais de um, uso BIM como apresenta a Figura 4.4.

O primeiro uso, Planejamento e controle 4D (Tempo) e 5D (Custo) será medido pelo indicador Conformidade ao cronograma quando relacionado ao tempo e pelo indicador Retorno sobre investimento quando relacionado ao custo.

O segundo uso, Orçamento - Extração de quantitativos e Estimativa de custos, será medido pelo indicador Retorno sobre investimento.

Finalmente, o terceiro uso, Controle de execução da obra será medido pelos indicadores Solicitações de mudanças em obra e Tempo de Resposta.

Os indicadores serão particularmente explicados no subtópico 4.4, que apresentará os indicadores chave de desempenho encontrados como resultado.

Figura 21 – Indicadores chave de desempenho por uso BIM.



Fonte: A autora

iv) Desenvolvimento de unidades de medida

Para cada KPI selecionado, foram desenvolvidas as unidades de medidas correspondentes.

Para o KPI “Retorno sobre investimento”:

- Custos de investimento com o BIM: medido pela soma do investimento em *hardware* e em *software* mais o custo dos profissionais alocados no projeto durante o período observado de 24 meses;
- Custo planejado do projeto: foram considerados apenas o custo de gerenciamento e o custo de execução da obra (Lote 01 do complexo prisional), não sendo considerados os custos com projetistas ou outros custos;
- Custo realizado do projeto: soma do valor gasto com a execução da obra até o mês considerado (13º mês) e valor pago à gerenciadora pelos 13 meses de trabalho;
- Custo planejado das maiores atividades: custo total das atividades que representam a maior parte do orçamento da obra.
- Custo realizado das maiores atividades: valor gasto até o mês considerado (13º mês) com as atividades que representam a maior parte do orçamento da obra.

Para o KPI “Conformidade ao cronograma”:

- Duração total do projeto: tempo total desde o início dos trabalhos até a previsão de término da obra, sem considerar a etapa inicial de terraplanagem;
- Duração planejada das maiores atividades: tempo total planejado para realizar as atividades que representam a maior parte do orçamento;
- Duração real das maiores atividades: percentual de obra concluída das atividades que representam a maior parte do orçamento;
- Número total de atividades: foram contados os agrupamentos de itens de obra presentes no escopo do projeto;
- Número de atividades em atraso: foi observado o boletim de medição enviado pela empresa que compara a situação de obra planejada para as atividades com a situação de obra realizada até o mês observado (13º mês).

Para o KPI “Solicitações de mudança em obra”:

- Número de solicitações de mudanças: números de anexos nos Relatórios de Análises Críticas elaborados pela empresa;
- Horas de trabalho em campo por solicitação de mudanças: quantidade de horas despendidas na elaboração do Relatório de Análise Crítica. Não foi medido a quantidade de horas necessárias pela a resolução das solicitações de mudanças por isso não fazer parte do escopo de trabalho da Empresa A;

- Custo adicional das mudanças de projeto: Estimativa semanal dos custos com os profissionais que elaboraram o Relatório de Análise Crítica.

E finalmente, para o KPI “Tempo de resposta”:

- Números de RFI: quantidade de cartas de notificações enviadas ao órgão responsável pela obra;
- Data de envio da RFI: data em que a carta de notificação foi enviada;
- Data de resposta da RFI: data em que a carta de notificação foi recebida pelo órgão responsável pela obra.

v) Definição de instrumentos de coleta

O último passo da metodologia, a definição de processos e formulários para coleta das medidas unidades deve procurar instrumentos que não sejam invasivos e que se possível sejam integrados nos processos de trabalho existentes de modo a reduzir cargas de trabalho adicionais e o tempo que os participantes gastam com a coleta de dados.

Portanto, foram solicitadas informações corriqueiras sobre o projeto, como Orçamento do projeto; Cronograma do projeto; Relatórios de análise crítica de interferências; e alguns E-mails ou registros de cartas.

4.4 Indicadores Chave de Desempenho encontrados

O terceiro passo da metodologia seleciona indicadores que medirão o sucesso da utilização do BIM. Abaixo são apresentados os quatro indicadores selecionados, suas mensurações e conclusões: Retorno sobre investimento; Conformidade ao cronograma; Solicitações de mudança e Tempo de Resposta.

4.4.1 Retorno sobre investimento

Entre os objetivos da empresa com a utilização o BIM está a Redução de custos, esse objetivo é diretamente ligado ao uso de “Orçamento - Extração de quantitativos e Estimativa de custos” e ao uso “Planejamento e controle 4D (Tempo) e 5D (Custo)”, classificados por essa pesquisa.

Para medir o sucesso desse uso, o indicador chave de desempenho selecionado foi o Retorno sobre investimento. As informações solicitadas foram:

i) Custos de investimento com o BIM:

O investimento com o BIM foi apontado pela empresa como o custo dos colaboradores alocados no projeto mais o custo com *hardwares* e *softwares* necessários.

O valor total é de R\$ 661.081,54 para o gerenciamento do total do complexo prisional, que corresponde ao gerenciamento das sete unidades prisionais. A Tabela 4.1 detalha esse investimento. Foram contabilizados 6 colaboradores e um valor mensal de investimento em *hardware* e *softwares* pelo período total de 24 meses.

O valor global BIM apresentado na tabela é a soma desses valores mensais, e para o Lote em questão com duas unidades prisionais, é apresentado o valor proporcional de R\$ 188.880,44, o que corresponde a 0,6% do custo total do Lote em estudo. Esse valor é comparado à literatura na discussão dos resultados.

Tabela 2 – Investimentos com o BIM.

COLABORADOR	PERÍODO DE ALOCAÇÃO NO CONTRATO (meses)	VALOR GLOBAL BIM NO CONTRATO DA EMPRESA A
Colaborador 1	24	Equipe - R\$ 630.097,26
Colaborador 2	24	
Colaborador 3	24	
Colaborador 4	24	
Colaborador 5	24	
Colaborador 6	24	
Hardwares/Softwares	24	Hardware/Software - R\$ 30.984,28
TOTAL 7 Unidades Prisionais		R\$ 661.081,54
Lote 01 – 2 Unidades Prisionais		R\$ 188.880,44

Fonte: A autora

ii) Custo planejado total do projeto:

A empresa estudada é contratada como gerenciadora da execução da obra. Portanto, ainda que se saiba que existem outros custos inerentes ao projeto, como custo com projetistas e taxas construção, os custos considerados serão apenas o custo de execução da obra e o custo de gerenciamento da obra. O contrato de terraplenagem também não será considerado, visto que não faz parte do escopo de trabalho da construtora que executa a obra.

O custo de execução do lote 01, lote que está sendo estudado, é R\$ 32.528.624,76, sendo 16.283.320,23 da unidade 01 e 16.245.304,53 da unidade 02. O custo com o BIM para as duas unidades prisionais é o valor citado acima (R\$ 188.880,44), totalizando um valor total planejado para o projeto do Lote 01 de R\$ 32.717.505,20.

iii) Custo realizado do projeto

Segundo o último Boletim de medição enviado pela empresa, do mês de julho de 2017; o valor total medido com os custos de construção do Lote 01 foi de R\$8.529.407,34 e o medido de gerenciamento com o BIM foi R\$ 102.310,24 (valor proporcional aos 13 meses trabalhados). Totalizando um valor realizado até julho de 2017 de R\$ 8.631.717,58, o que corresponde a aproximadamente 26% do custo total planejado.

iv) Custo planejado das maiores atividades

As atividades das duas unidades do Lote 01 são praticamente idênticas. Por tanto, as maiores atividades nas duas unidades são: Muralha e Passadiço; Módulo Vivência Coletiva e Módulo Saúde, Tratamento Químico e Penal. Essas três atividades correspondem a praticamente 40% do total da obra, R\$6.459.567,58 na unidade 01 e R\$6.437.748,94 na unidade 02.

v) Custo realizado das maiores atividades

Na unidade 01, foi realizado até julho de 2017 nas maiores atividades, a soma de R\$3.063.073,09 o que corresponde a 47% do total planejado para as maiores atividades. Sendo 76,9% da Muralha e Passadiço; 24,8% do Módulo Vivência Coletiva e 49,2% do Módulo Saúde, Tratamento Químico e Penal.

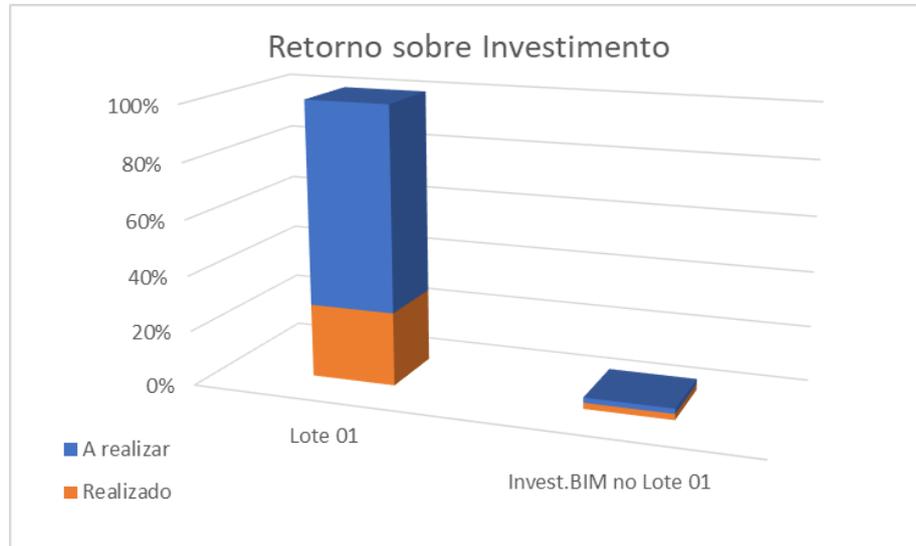
Já na unidade 02, foi realizado nessas atividades a soma de R\$2.468.231,81, que é 38,3% do previsto para as três maiores atividades. Nesse caso, foram 23,2% no Módulo Vivência Coletiva e 78,8% na Muralha e Passadiço.

Com esses valores, foram elaborados dois gráficos a fim de melhor representação do resultado do indicador sugerido. Os gráficos são apresentados na Figura 4.5 e 4.6, e a discussão dos resultados é apresentada no sub-tópico 4.5.

O gráfico da Figura 4.5 apresenta o comparativo entre o custo de construção realizado no Lote 01 e o investimento BIM realizado. Na primeira coluna é apresentada a comparação entre o percentual de custo realizado do projeto (aproximadamente 26%) em relação ao total do

projeto. Na segunda coluna, é apresentado o investimento com o BIM, que é cerca de 0,6% do total do custo do projeto.

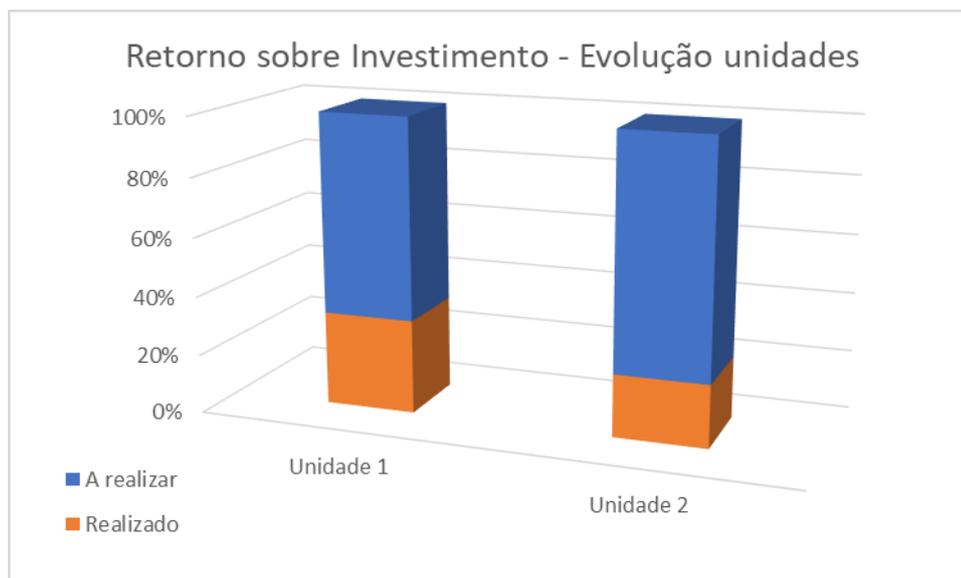
Figura 22 – Retorno sobre Investimento.



Fonte: A autora

O gráfico da Figura 4.6 detalha em duas colunas a comparação do custo realizado em cada uma das duas unidades que compõem o Lote 01.

Figura 23 – Evolução do realizado nas unidades.



Fonte: A autora

Para o indicador “Retorno sobre investimento”, a medida “Custos de investimentos com o BIM” traz o resultado percentual de 0,6% de investimento com o BIM sobre o custo total do lote em estudo. Isso é possível dividindo o valor “Custos de investimento com o BIM” pelo valor “Custo planejado total do projeto”. Para fins comparativos, apresenta-se a medida “Custo planejado das maiores atividades”, que é aproximadamente 40% do total do custo do lote em estudo.

No estado em que foi medida, a obra possuía, segundo a medida “Custo realizado do projeto” um percentual financeiro executado de 26%. Dos 26%, apenas 0,3% representam os custos realizados de investimento com o BIM. Por outro lado, 54% do total apresentado em “Custos de investimentos com o BIM” já foram executados.

O indicador “Retorno sobre investimento” retrata a situação financeira da obra, e se propõe a verificar o uso do BIM como ferramenta para estimativa (relacionado ao uso BIM para estimativas de orçamentos) e controle de custos (relacionado ao uso do BIM no planejamento e controle na dimensão denominada 5D, relativa ao custo do projeto), alertando a Empresa A sobre o objetivo buscado de reduzir os custos.

A seguir é apresentado o segundo indicador estudado: “Conformidade ao cronograma”.

4.4.2 Conformidade ao cronograma

Os objetivos enviados pela empresa “Resolver complexidade dos novos projetos” e “Atender a prazos cada vez menores” foram relacionados ao uso “Planejamento e controle 4D (Tempo) e 5D (Custo)”.

Para medir o sucesso desse uso BIM, foi selecionado o indicador Conformidade ao cronograma que é realizado através da medição de algumas unidades de medida: Duração real das maiores atividades; Duração planejada das maiores atividades; Duração total do projeto; Número de atividades em atraso; e Número total de atividades. As medições serão apresentadas a seguir.

i) Duração total do projeto

A construção do Complexo Prisional iniciou-se em março de 2015, contudo houve um termo de paralisação das obras de construção. Essa paralisação se deu para que fossem realizados serviços de terraplanagem, que não havia sido prevista, nos terrenos em que seriam construídas as edificações, e perdurou até fevereiro de 2016. Como os serviços de

terraplenagem não estão incluídos nos contratos de execução dos presídios, consideraremos o início do projeto em fevereiro de 2016 e a previsão de término inicial era em julho de 2017, contabilizando 18 meses de duração total.

Todavia, houveram replanejamentos. No cronograma utilizado para acompanhamento da obra, o término da unidade 01 é planejado para julho de 2018, e o término da unidade 02, setembro de 2018. Isso contabiliza um total de 31 meses de obra para o Lote 01, sem considerar o período entre março de 2015 até fevereiro de 2016, que não faz parte do escopo desse contrato.

ii) Duração planejada das maiores atividades

A fim de comparar a duração da linha de base com a duração real das atividades, será considerado o cronograma de verificação semanal, que atesta a realidade da obra.

As atividades com maiores durações na linha de base são a execução da Muralha e Passadiço; a execução do Módulo Vivência Coletiva e a execução do Módulo Saúde, Tratamento Químico e Penal.

A execução da Muralha e Passadiço tem uma duração total de 384 dias para a unidade 01 e 356 dias para a unidade 02; a execução do Módulo Vivência Coletiva tem duração total de 518 dias na unidade 01 e 478 dias na unidade 02 e a execução do Módulo Saúde, Tratamento Químico e Penal tem duração total de 378 dias na unidade 01 e 160 dias na unidade 02.

iii) Duração real das maiores atividades

Até o mês de junho de 2017, na unidade 01 a execução das atividades da muralha e passadiço estava em 77%; o Módulo Vivência com 24% de obra planejada para o período, sendo concluída e medida; e o Módulo Saúde, Tratamento Químico e Penal tem 48% concluído.

Para unidade 02 no mesmo período, a execução da muralha e passadiço está em 79%; o Módulo Vivência coletiva em 24%; e o Módulo Saúde, Tratamento Químico e Penal ainda não iniciou.

iv) Número total de atividades

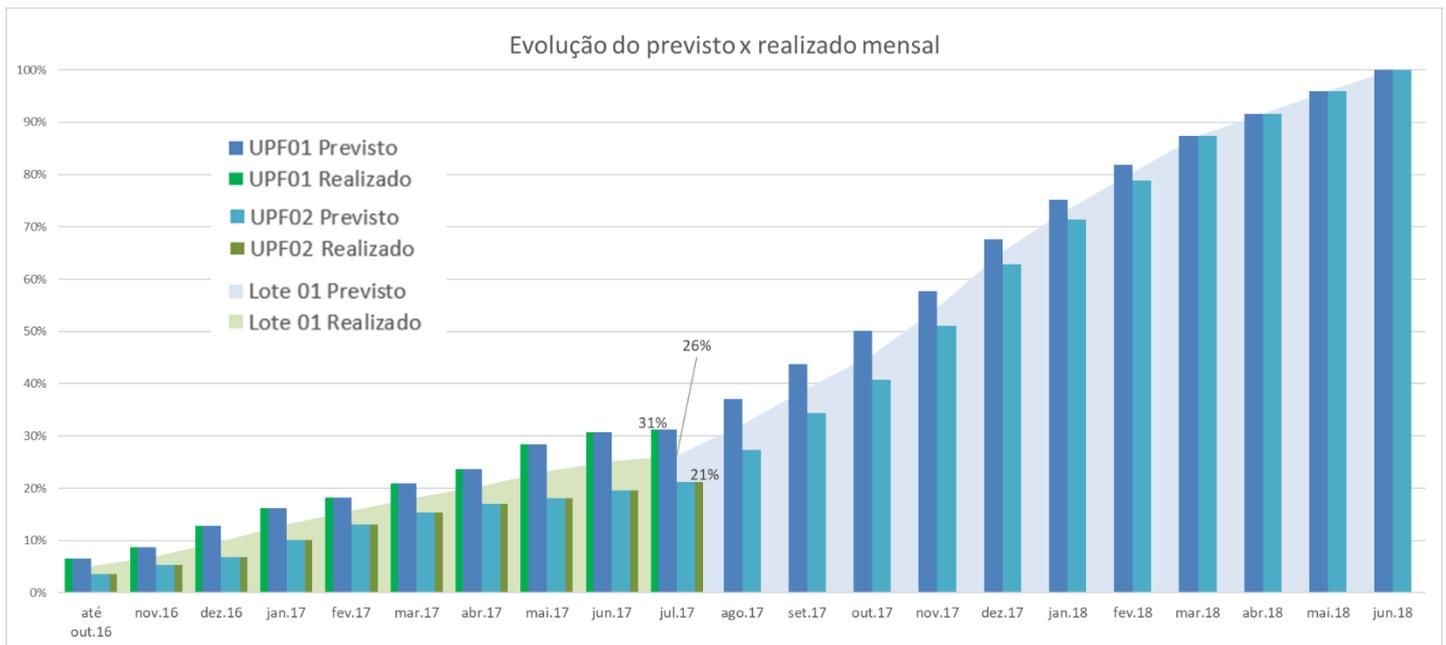
Existem 24 agrupamentos de itens de obras civis a serem executados com diversas atividades em cada agrupamento.

v) Número de atividades em atraso

Não existem atividades em atraso, visto que foi realizado um replanejamento da obra no período estudado, o que dificulta a verificação da aderência ao planejamento para a resposta ao indicador de conformidade ao cronograma. Não foram apresentados dados da situação da obra antes do replanejamento.

A fim de apresentar os resultados, a Figura 4.7 exibe um gráfico evolução mensal dos percentuais planejados e realizados para o projeto de execução do lote 01 do complexo prisional. O gráfico apresenta que em julho de 2017 a Unidade Prisional Feminina 01 estava com 31% de obra realizada até a medição, e a Unidade Prisional Feminina 02 estava com 21% de obra realizada. Os percentuais previstos são os mesmos, devido ao replanejamento feito na data. De forma geral para o Lote 01, o percentual de obra concluído é de 26%.

Figura 24 – Evolução do previsto x realizado mensal.



Fonte: A autora

O indicador “Conformidade ao cronograma” busca, através de apresentar a situação atual da obra, analisar o sucesso da utilização do BIM como planejamento e controle na chamada dimensão 4D, que é relativa ao tempo de obra. Esse adequado planejamento e controle é necessário para atingir o objetivo da Empresa A de atender prazos cada vez menores de obra, e para resolver possíveis complexidades do algum projeto.

No item seguinte, é apresentado o terceiro dos quatro indicadores estudados: “Solicitações de mudanças em obra”.

4.4.3 Solicitações de mudanças em obra

O grupo de objetivos relacionados a melhoria do processo construtivo foram relacionados a função de “Controle e Execução da obra”. O indicador “Solicitações de mudanças em obra” foi selecionado para medir o sucesso desse uso.

A elaboração do documento de Relatório de Análise Crítica – RAC corresponde a notificação de mudanças necessárias para execução da obra. Logo esse documento foi levantado como principal objeto de estudo desse indicador.

Foram solicitadas a quantidade de notificações desenvolvidas, estimadas horas de trabalho devido a essas modificações, e presumido ainda um possível custo adicional devido a essas mudanças.

i) Número de solicitações de mudanças

O Relatório é elaborado de forma global para a obra do complexo prisional, não sendo classificado ou subdividido entre as partes presentes no contrato.

Foi recebido o Relatório n.09 que corresponde a Análise Crítica de projetos realizada em 2016. Esse relatório contém 12 anexos. Cada anexo apresenta um Relatório de Análise Crítica com *clashes* detectados entre duas disciplinas de projetos.

Foi recebido ainda o Relatório n.04, presente na carta n.016, que corresponde a Análises Críticas realizadas em 2017. Esse relatório contém 4 anexos com 4 RACs distintas.

Pode-se concluir um total de 16 anexos com solicitações de mudanças distintas.

ii) Horas trabalhadas por solicitações de mudanças

A quantidade de horas trabalhadas devido a essas mudanças que foram solicitadas nos RACs, equivale a soma de horas trabalhadas para a elaboração do RAC mais a quantidade de horas trabalhadas para efetivamente solucionar o problema apontado.

Em relação ao processo de elaboração do RAC, responsabilidade da Empresa A, inicia-se desde o processo de modelagem, que possui grande quantidade de horas, mas que não foi registrado pela empresa. Após o processo de modelagem, acontece a análise de interferências, que foi relatada com duração média de 1 semana, e a elaboração do próprio documento, com duração média de 0,5 semana.

Já em relação às horas trabalhadas em campo ou em projeto para solucionar o problema apontado, não é parte participante do escopo de trabalho da Empresa A, uma vez que a empresa não elabora os projetos e nem executa a obra.

iii) Custo adicional das mudanças

O custo adicional estimado corresponde, assim como o item anterior, ao custo devido a elaboração do RAC e ao custo devido a correção das discordâncias apontadas pelo documento.

Em relação a elaboração do RAC para o Lote 01, pode se estimar valor de R\$ 1.967,50 por semana trabalhada, considerando os valores expressos na Tabela 4.1 já apresentada.

Não foi levantado o custo relativo à correção dos *clashes* detectados.

O indicador “solicitações de mudanças em obra” traz como resultado a quantidade de solicitações de mudanças emitidas pela Empresa A.

Para cada uma das 16 solicitações de mudanças elaboradas, foram gastas, além das horas de modelagem, em média 1,5 semanas para a elaboração do documento, somando o valor estimado de R\$ 2.951,25 para cada solicitação de mudança. Esse é um custo adicional realizado com o BIM pela Empresa A buscando melhorar a eficiência do processo construtivo.

Finalmente, a seguir é apresentado o último indicador estudado: Tempo de resposta.

4.4.4 Tempo de resposta

Para o indicador “Tempo de resposta”, que assim como o indicador anterior, corresponde a medição do sucesso do uso BIM como “Controle e execução da obra”, foram utilizados registros de cartas enviadas pela Empresa A aos dirigentes do projeto. Essas cartas contém informações de incompatibilidades que devem ser repassadas aos projetistas responsáveis.

Esse documento foi utilizado uma vez que não existem registros de solicitações de informações da construtora à Empresa A, gerenciadora do projeto. As solicitações de informações provenientes da própria obra, ocorrem diretamente aos projetistas. Logo a Empresa A não faz parte desse fluxo de informações.

O principal produto da Empresa A é o envio prévio das incompatibilidades para o órgão público responsável pela obra, para que elas sejam tratadas na etapa de projetos, e não na etapa de obras.

Foi recebida uma amostra de sete cartas enviadas ao órgão responsável pela obra, e o que se considera um retorno já é o próprio recebimento do documento, uma vez que o papel da

empresa é, nesse caso, alertá-los dos possíveis entraves que poderão ocorrer na obra devido a incompatibilidade de projetos.

E em relação ao retorno de solução por parte dos projetistas das incompatibilidades apontadas pela Empresa A, até a recolha dos documentos em dezembro de 2017, não houve nenhum retorno.

Abaixo na Figura 4.8 são apresentados os objetos, e as datas de envio e recebimento das sete cartas.

Figura 25 – Informações sobre cartas de notificações.

Carta	Objeto	Data de envio	Data de recebimento
004	Acionamentos Hidráulicos	19/01/2017	19/01/2017
007	Questionamentos de segurança	24/01/2017	24/01/2017
008	Não conformidades nos projetos hidráulicos	26/01/2017	26/01/2017
017	Não conformidades no projeto sistema final de esgoto	13/02/2017	13/02/2017
019	Adequações de projeto	29/08/2016	29/08/2016
039	Projetos de fundações	03/10/2016	03/10/2016
063	Projetos hidrossanitários	11/11/2016	11/11/2016

Fonte: A autora

O resultado do indicador Tempo de resposta, as sete cartas apresentadas que foram enviadas pela Empresa A e recebidas pelo órgão responsável pela obra, é a representação da busca da Empresa A por melhorar a comunicação entre as partes.

4.5 Discussões sobre os resultados

Para melhor discussão sobre os resultados, esse sub-tópico será dividido em cinco partes que primeiramente irão expor questões relativas aos indicadores chave de desempenho encontrados e a comparação com os resultados da literatura, e em seguida apresentarão pontos de resultados práticos para a Empresa A.

4.5.1 Indicadores chave de desempenho

Os quatro indicadores chave de desempenho encontrados tem como objetivo proposto pela metodologia medir a utilização do BIM no contrato.

Contudo, deve-se observar que a metodologia leva a indicadores que em sua maioria avaliam o desempenho do projeto ou do gerenciamento do projeto, e não da utilização do BIM. Mesmo sabendo que o desempenho do projeto e do gerenciamento do projeto é influenciada

diretamente com a utilização do BIM, vários outros fatores influenciam positivamente ou negativamente o sucesso do projeto e de seu gerenciamento.

i) Retorno sobre investimento

O primeiro objetivo a ser atingido, a redução de custos, foi medido pelo indicador de Retorno sobre investimento. Foram apresentados os custos de investimento com BIM, o custo realizado total do projeto e o custo realizado das maiores atividades, bem como os respectivos custos totais planejados. O investimento com o BIM objetivando a redução de custos foi analisado então observando os valores em reais planejados e realizados pelo projeto.

As considerações em relação ao andamento financeiro da obra refletem primeiramente o ponto já discutido sobre a influência de outros fatores, além da utilização do BIM, sobre o sucesso do controle financeiro do empreendimento. Além disso, não foi possível realizar uma análise real de situação financeira da obra, uma vez que o valor planejado para ser gasto até a data da última medição foi recalculado devido a um replanejamento. Esse replanejamento iguala os valores realizados aos planejados para que seja possível realizar uma nova projeção.

Já em relação ao investimento realizado para a utilização do BIM, comparando o resultado obtido com o referencial teórico, o valor de 0,6% está muito maior do que o percentual estimado por Eastman *et al.* (2014) de 0,1%.

Outro ponto a ser observado é a comparação do andamento da obra (26% de realizado financeiro) com o realizado do total previsto para investimento com o BIM (54%). Esses percentuais diferem em grande quantidade devido a forma como são calculados. O realizado financeiro foi retirado do boletim de medição, mas o realizado com o investimento BIM é um valor proporcional aos meses contratados. Contudo, o tempo previsto para a realização do investimento com o BIM é de 24 meses e o tempo total de obra é de mais de 30 meses.

É comum que se pergunte quanto de fato foi economizado com a utilização do BIM, ou qual foi o retorno sobre o investimento. Mas esse valor não foi mensurado por esse indicador. O valor de economia com a utilização do BIM é muito mais complexo de ser mensurado, uma vez que seriam necessárias duas obras idênticas com influências dos mesmos fatores externos, e que diferissem apenas pela utilização do BIM para que se possa realizar a diferença entre os custos das duas obras. Isso é praticamente impossível uma vez que cada obra é um projeto, um esforço temporário e único, com um resultado exclusivo. E ainda que, se mesmo assim, fosse possível realizar a comparação de duas obras bastante semelhantes, ou de atividades

relacionadas obra, o registro de dados de produtividade necessário para essas comparações não é comum no universo da construção civil. De uma forma ou de outra, esse não foi o objetivo desse indicador. O objetivo do indicador retorno sobre investimento apresentado por essa metodologia é apresentar o valor investido com o BIM e retratar a situação financeira de uma obra que utiliza o BIM.

ii) Conformidade ao cronograma

Em relação ao segundo grupo de objetivos delimitados pela empresa, chamado de objetivos que buscam a melhoria do processo construtivo, e que é representado pelo uso de “Planejamento e controle 4D (Tempo) e 5D (Custo)”, o indicador utilizado foi de Conformidade ao cronograma. Esse indicador se relaciona mais diretamente com o objetivo da busca pelo atendimento a prazos cada vez menores. Os dados apresentados retratam a situação atual da obra, informando a duração total planejada para o projeto, a duração planejada das maiores atividades, e a situação atual de aderência de cronograma, informada pelo número das atividades em atraso.

O objetivo desse indicador, de forma análoga ao anterior, é apresentar a situação de uma obra que utilize o BIM, verificando sua conformidade ao cronograma.

É necessário entender que mesmo que a situação da obra em relação a conformidade ao cronograma seja influenciada por outros fatores além da utilização ou não do BIM, o indicador busca apresentar os resultados de uma obra com a utilização da ferramenta.

E ainda, não há uma avaliação sobre a aderência do percentual de obra realizado ao percentual de obra planejado até a data do último boletim de medição. Isso é devido ao mesmo fato que impossibilitou a avaliação da situação financeira da obra, o replanejamento que equiparou os percentuais previstos e realizados para o estabelecimento de novas metas.

Portanto, o resultado possível de ser apresentado é o percentual de obra concluída, 31% na UPF01 e 21% na UPF02, dando um percentual de obra concluída para o lote 01 de 26%.

Finalmente, a empresa busca gerenciar grande volume de informação e comunicação; e ter maior assertividade no planejamento, acompanhamento e replanejamento do projeto. A esses objetivos, diretamente ligados ao uso de “Controle de execução da obra”, foram selecionados dois indicadores ligados ao sucesso do gerenciamento da obra: Solicitações de mudanças em obra e Tempo de resposta.

iii) Solicitações de mudanças

Para o indicador solicitações de mudanças, a análise é feita pela estimativa de despendimento de horas de trabalho e de custo relacionado as mudanças solicitadas pelo Relatório de Análise Crítica elaborado. Esse indicador busca medir a eficiência dos processos construtivos apresentando resultados de investimentos de horas de trabalho e recursos financeiros na elaboração de um documento que faz parte de um processo de utilização do BIM como controle de obra.

Existe uma análise de custos interessante que poderia ser feita, mas que não foi realizada devido à falta de dados de outros universos que não são escopo da Empresa A. A comparação do custo com a elaboração do RAC mais custo com a revisão do projeto por parte das empresas projetistas seria o custo da solução. Esse custo da solução poderia ser comparado ao custo do erro do projeto. O custo do erro do projeto pode ser estimado pela empresa construtora como o custo da execução do projeto com erro, da demolição do que foi executado, e da nova construção com a solução correta. Além de somado, é claro, ao custo da realização de um novo projeto com a solução correta.

Para fins comparativos, o custo do erro do projeto deveria, em termos teóricos, ser menor do que o custo da solução, a fim de justificar o investimento com a solicitação de mudanças antes da execução.

iv) Tempo de resposta

Já para o segundo indicador do uso Controle e Execução de obra, o indicador Tempo de resposta, foi evidenciado o envio e recebimento do documento com o Relatório de Análise Crítica pelo órgão responsável. Esse indicador apresenta um item do processo de controle da obra que busca melhorar a comunicação entre as partes.

É interessante notar que a empresa informou não receber retorno por parte dos projetistas que desenham a solução dos *clashes* detectados. No estudo de caso original aplicado por Won & Lee (2016), os autores relatam que a obra que apresentou um maior tempo de resposta, também apresentou o maior atraso de obra.

4.5.2 Comparação com os resultados da literatura

Como apresentado na revisão da literatura, o SLAM BIM foi aplicado a dois projetos BIM na Coreia do Sul. As metas e usos BIM que foram utilizados nos dois projetos foram considerados para identificar uma lista de KPI que mediram o sucesso do BIM.

Os projetos tinham como objetivos a Melhoria da comunicação, Melhoria da eficiência da construção e Melhoria da capacidade tecnológica. Esses objetivos também estão presentes no estudo de caso do trabalho. Os usos identificados no projeto apresentado pela literatura foram a Revisão de projetos, a coordenação 3D e o levantamento de quantitativos.

Para o primeiro projeto estudado pelos autores Won & Lee (2016), os indicadores estudados foram Conformidade ao Cronograma, Tempo de Resposta, e Erros de projeto. Ao segundo projetos estudado, acrescentou-se a isso o indicador de Solicitação de mudanças.

A fim de comparar resultados, os indicadores que foram utilizados também por esse estudo foram: Conformidade ao cronograma, Solicitações de mudança e Tempo de Resposta.

Em relação à Conformidade ao cronograma, o caso 1 foi concluído a tempo, de acordo com o cronograma previsto. No entanto, foram detectados problemas inesperados durante a construção que independem da aplicação do BIM. Em relação a esse estudo de caso, não foi possível mensurar o indicador de conformidade ao cronograma, devido a ausência de dados históricos anteriores ao replanejamento. Contudo, fica o registro do KPI utilizado para a medição com dados futuros, como foi sugerido pelos autores referenciados que também sentiram dificuldade na recolha de dados históricos para a pesquisa.

No indicador Solicitações de mudanças, Os KPI analisados foram o número de solicitações de mudança e a variação medida como custo da solicitação de mudança em relação ao custo total do contrato. Para aplicação deste estudo de caso, foi contabilizado a quantidade de solicitações de mudanças por parte da Empresa A, e os custos relacionados foram os custos relativos a elaboração da solicitação de mudança (custo de horas de trabalho).

Por fim, o indicador de Tempo de Resposta foi retratado nessa pesquisa de duas formas: como o recebimento das solicitações por parte do órgão responsável pela obra e pelo retorno das empresas executoras. O órgão responsável confirma o recebimento dos documentos no mesmo dia do envio, em contrapartida as empresas executoras, que não enviaram nenhuma resposta às solicitações. Para o estudo da literatura, no Caso 1 os problemas foram respondidos

dentro de uma semana, porém algumas questões no caso 2 não receberam uma resposta por mais de 15 semanas.

4.5.3 Resultados para a empresa

Depois de observar seus resultados, a Empresa A entendeu que dentro do contexto regional, atender mais de 50% dos usos propostos para o BIM é satisfatório. Até pelas peculiaridades e dificuldades do trabalho com órgão público.

Com a intenção de saber onde investir os recursos necessários para atingir os objetivos com a utilização do BIM, a empresa pôde, com o estudo, perceber melhor quais os usos BIM potenciais do contrato estudado.

Esses usos foram explicitados devido aos passos iniciais da metodologia aplicada, que solicitou a definição dos objetivos a serem atingidos pela empresa e a identificação dos usos relacionados a esses objetivos.

Cada uso é relacionado aos seus exclusivos indicadores chave de desempenho a fim de avaliar a performance do uso em estudo, e conseqüentemente, o atingimento dos objetivos colocados como meta.

Esse foi o principal benefício identificado por parte da empresa: perceber melhor quais os usos potenciais do BIM no contrato estudado sob a ótica da metodologia aplicada.

Esse benefício percebido atinge as expectativas da Empresa A em participar do estudo. A Empresa A, por ter um corpo técnico formado por colaboradores ávidos por novos conhecimentos e de grande relação com estudos acadêmicos, sentiu-se motivada em entender, em busca de melhoria contínua no âmbito do BIM, a metodologia apresentada.

Contudo, sobre a metodologia em si, a Empresa A não a percebeu como aplicável em plenitude. A delimitação do campo de estudo não pode ser ampliada dada a natureza da Empresa A, uma empresa gerenciadora contratada pelo cliente para a fiscalização do andamento da obra. Não faz parte do escopo de trabalho da Empresa A o controle da elaboração dos projetos, por isso diversos dados que são de responsabilidade dos projetistas não puderam ser acessados.

4.5.4 Relação entre usos BIM e os objetivos da empresa

O primeiro uso apresentado é “Orçamento – Extração de quantitativos e estimativa de custos”. A esse uso foi associado o objetivo da empresa de reduzir os custos. Essa relação é coerente, pois uma vez que se tenha um orçamento bem delimitado, inclusive na determinação

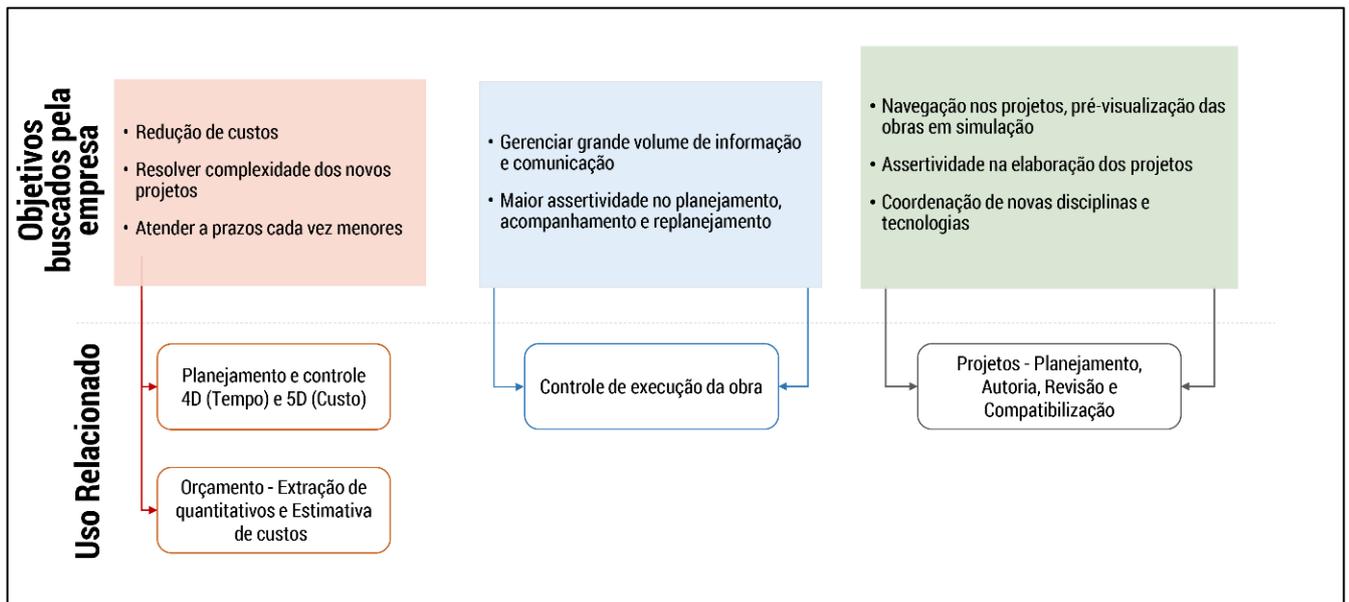
do método construtivo adotado, e com menor quantidade de erros, o custo associado a problemas de orçamentação e de construção tendem a diminuir.

Outro uso apresentado é “Planejamento e controle 4D (Tempo) e 5D (Custo)” o que envolve tanto a parte de definição de cronogramas e planilhas de previsão de desembolso financeiro quanto o controle desses instrumentos. Dos objetivos que a empresa listou, aqui foram relacionados resolver complexidade dos novos projetos e o atendimento a prazos cada vez menores.

Por fim, o uso de “Controle de execução da obra” foi relacionado as metas empresariais de gerenciar grande volume de informação e comunicação; e ter maior assertividade no planejamento, acompanhamento e replanejamento.

A Figura 4.9 ilustra essas relações entre os usos BIM e os objetivos buscados pela empresa.

Figura 26 – Relação entre os objetivos da empresa e os usos BIM.



Fonte: A autora

4.5.5 Utilização do BIM na empresa

É interessante perceber ainda que, para o contrato estudado, das seis classes de utilização do BIM apresentadas por esse trabalho na revisão da literatura, três usos foram explorados pela Empresa A, com ressalvas para um quarto uso, o de “Projetos – Planejamento, Autoria, Revisão

e Compatibilização”, que não foi estudado por não utilizado em sua totalidade no caso específico do contrato estudado.

A Figura 4.10 reitera essa afirmação, lembrando a classificação adotada e destacando os usos BIM para o contrato estudado na Empresa A.

Figura 27 – Utilização do BIM na Empresa A.

Uso BIM	Utilização na Empresa A
Projetos - Planejamento, Autoria, Revisão e Compatibilização	
Orçamento - Extração de quantitativos e Estimativa de custos	✓
Planejamento e controle 3D (Tempo) e 4D (Custo)	✓
Análises comportamentais	
Planejamento, Controle e Execução da obra	✓
Pós Obra.	

Fonte: A autora

De forma geral, a análise do sucesso da utilização do BIM pela metodologia SLAM BIM colheu dados que retratam a situação pontual do contrato.

Como sugestão para uma melhor verificação do sucesso da utilização do BIM em cada um dos três casos de uso do BIM observados, observa-se primeiramente a necessidade de registro dos indicadores de desempenho para que possa ser realizada uma análise comparativa com novos resultados em outro momento ou contrato.

Um segunda sugestão é a realização de uma avaliação de satisfação do cliente em relação a utilização do BIM, para que seja percebido como o BIM afeta o grau de satisfação do cliente.

Por fim, é sugerido a empresa que registre dados de produtividade de suas atividades, para que possam, por exemplo, ser realizadas análises comparativas com outros projetos que não estejam utilizando o BIM.

4.6 Considerações finais do capítulo

Esse capítulo apresentou a aplicação da metodologia SLAM BIM no estudo de caso realizado na Empresa A. Para isso, apresentou a obra a ser estudada e as particularidades do contrato em questão.

Na aplicação do passo a passo orientado por Won & Lee (2016), as cinco etapas foram seguidas e sua apresentação foi detalhada.

A fim de evidenciar os resultados encontrados com a metodologia, cada indicadores foi apresentado com o seu resultado como conclusão.

Por fim, os resultados foram analisados e discutidos em relação aos parametros encontrados na literatura. Em relação à Empresa A, os resultados puderam apresentar as formas de utilização do BIM na empresa e suas relações com os objetivos buscados pela organização.

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

5.1 Considerações Finais

O tema do trabalho é: “Análise da Utilização do BIM: Aplicação da Metodologia SLAM BIM no Gerenciamento de uma Obra de Construção Civil.”

A utilização do BIM em geral necessita ser melhor compreendida para que haja uma maior adoção da ferramenta em contrapartida à utilização de técnicas consagradas e tradicionais da construção civil. E para melhorar esse entendimento, é necessário que os benefícios gerados pelo BIM sejam além de difundidos, comprovados (MAHALINGA *et al.*, 2015).

Por isso diversos autores têm se esforçado para gerar indicadores que consigam mensurar as melhorias provenientes pelo BIM (BARLISH & SULLIVAN, 2012). O que não é uma tarefa fácil, visto que cada obra acompanha uma infinidade de particularidades que a torna praticamente incomparável. Sem falar na escassez de registro de dados, realidade bem comum, uma vez que cada projeto é um esforço temporário e não rotineiro.

A pesquisa teve como objetivo principal avaliar a medição do desempenho da utilização do BIM. Para isso, aplicou-se a metodologia SLAM BIM em um estudo de caso de uma empresa gerenciadora de obras de construção civil.

Primeiramente foi realizada uma revisão da literatura que conseguiu elencar os principais conceitos sobre o BIM e como resultado, registrar benefícios e mudanças esperadas que a literatura apresenta como provenientes da ação do BIM.

Ainda na etapa de revisão da literatura, a pesquisa distinguiu diferentes tipos de utilização do BIM, classificando-os de acordo com as principais referências teóricas. Esses usos foram observados e validados nas entrevistas que aconteceram com cinco empresas recifenses que utilizam o BIM de diferentes formas como ferramenta de trabalho.

E para medir o sucesso da utilização do BIM, foram identificadas diferentes metodologias literatura e, tendo escolhido uma metodologia, essa foi aplicada a fim de verificar o seu funcionamento.

A metodologia foi escolhida dentre outras metodologias de análise de desempenho encontrados na revisão da literatura por se adequar a orientação prática de estabelecer objetivos bem definidos com a utilização do BIM, e a partir disso buscar medir se os benefícios esperados conseguem ser alcançados com a utilização do uso BIM identificado.

A aplicação da metodologia se deu logo após a visita em cinco empresas comerciais que utilizam o BIM, a fim de escolher a que teria um projeto que pudesse ter o máximo de dados de fácil acesso. Não houve dificuldade na maioria das entrevistas. Os participantes se apresentaram dispostos a colaborar e incentivaram a pesquisa como forma de promoção a utilização do BIM. Contudo, foi escolhida a Empresa A e nela foi aplicada a metodologia SLAM BIM em um de seus contratos que utilizam o BIM.

Para a aplicação da metodologia, nas reuniões com a empresa, os participantes eram estimulados a participarem dando suas opiniões sobre a própria metodologia e sobre os dados que poderiam compor os indicadores buscados.

Com a aplicação da metodologia foram encontrados resultados que retrataram a situação de cada um dos quatro indicadores definidos: Retorno sobre Investimento; Conformidade ao cronograma; Solicitações de mudanças e Tempo de Resposta.

Não houve dificuldade na interação com a Empresa e na busca por dados. Entretanto, alguns dados não foram suficientes para a adequada análise dos indicadores. Isso aconteceu com a duração planejada do projeto, que compôs o indicador de Conformidade ao cronograma, e que por causa de uma replanejamento, não apresentou divergências entre as durações reais e planejadas.

Foi observado que os indicadores Conformidade ao Cronograma e Retorno sobre Investimento mostraram a situação projeto ou do gerenciamento do projeto, não conseguindo avaliar exclusivamente a utilização do BIM, uma vez que o desempenho do projeto depende de vários outros fatores além da utilização de uma ferramenta de gerenciamento.

Os indicadores Solicitações de mudanças e Tempo de resposta foram apresentados como uma exibição de parte dos processos que o BIM trouxe para a empresa. Só depois da análise dos projetos com a ferramenta BIM *clash detection* é que é possível elaborar os Relatórios de Análises Críticas contendo os conflitos ou erros de projeto. Esses relatórios foram considerados pela pesquisa como solicitações de mudanças.

Foi percebida ainda uma dificuldade em relação a aplicação da metodologia à realidade da empresa. O contrato escolhido possui características peculiares que o deixaram fragmentado, tendo algumas lacunas que poderiam ser preenchidas com informações de outras entidades, como as construtoras que executam a obra, os projetistas que executam os projetos, e o órgão responsável pela obra.

Contudo, a pesquisa se limitou a estudar a aplicação apenas no universo da Empresa A, não expandido além disso. O que faz os resultados serem específicos para caso estudado, e não generalizados para todos que utilizem o BIM.

Mesmo assim, a recomendação dos autores Won & Lee (2016) é que os indicadores sejam constantemente considerados para fins comparativos, ou seja, que outros empreendimentos e obras utilizem esses indicadores e comparem os resultados entre si para que as empresas possam perceber melhor quais os usos BIM são relacionados aos benefícios procurados pela organização.

Como exemplo na Empresa A, foi percebido que das seis classificações determinadas por esse estudo, a empresa utiliza, no contrato estudado, três usos para o BIM, não sendo necessário o investimento de tempo ou esforços em outros tipos de uso BIM para o contrato estudado.

5.2 Sugestões para futuros trabalhos

Segue como recomendações para futuros trabalhos:

- Analisar a aplicação da metodologia em outros empreendimentos com contratos semelhantes e que utilizem o BIM, a fim de comparar os resultados encontrados pelos indicadores.
- Aplicar a metodologia em uma amostra de empresas para observar quais as formas de uso BIM são mais comumente percebidas na amostra.
- Por fim, é sugestão para futuros trabalhos a aplicação, em um mesmo projeto, de outras metodologias que avaliem a utilização do BIM e a comparação dos resultados obtidos por essas diferentes metodologias.

REFERÊNCIAS

- AHN, Y.; KWAK, Y. H.; SUK, S. J. Contractors' Transformation Strategies for Adopting Building Information Modeling. *Journal of Management in Engineering*, 32(1), 2016.
- BARLISH, K.; SULLIVAN, K. How to measure the benefits of BIM — A case study approach, *Automation on Construction*, 24: 149–159, 2012.
- BIM6D. BIM Dimensions. [2015] Disponível em: <<http://data.bim6d.es/bim-dimensions>>. Acesso em: 10 jun. 2017.
- BRYDE, D.; BROQUETAS, M.; VOLM, J. The project benefits of Building Information Modelling (BIM), *Int. Journal of Project Management*, 31: 971–980, 2013.
- CATELANI, W. S. *Fundamentos BIM - Parte 1: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras/ Câmara Brasileira da Indústria da Construção*. Brasília, 2016a.
- CATELANI, W. S. *Implementação BIM - Parte 2: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras/ Câmara Brasileira da Indústria da Construção*. Brasília, 2016b.
- CATELANI, W. S. *Colaboração e integração BIM - Parte 3: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras/Câmara Brasileira da Indústria da Construção*. Brasília, 2016c.
- CATELANI, W. S. *Fluxos de trabalho BIM - Parte 4: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras/Câmara Brasileira da Indústria da Construção*. Brasília, 2016d.
- CATELANI, W. S. *Formas de contratação BIM - Parte 5: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras/Câmara Brasileira da Indústria da Construção*. Brasília, 2016e.
- CATELANI, W. S. *10 Motivos para evoluir com o BIM*. Brasília, 2016f.
- CAUCHIK, P. A.; Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução, *Produção*, 17: 216-229, 2007.
- COSTA, J. M. A. M. *Avaliação do Desempenho na Construção Civil*. Lisboa, 2008.144p. (Mestrado – Instituto Superior Técnico / Universidade de Lisboa)
- EADIE, R.; BROWNE, M.; ODEYINKA, H.; MCKEONW, C.; MCNIFF, S.; BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: An analysis, *Automation on Construction*, 36: 145–151, 2013.
- EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. *BIM handbook: a guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. 2.ed. New Jersey, John Wiley and Sons Inc., 2014.
- GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 5.ed. São Paulo, Atlas, 2010.

HOWARD, R.; RESTREPO, L.; CHANG, C. Addressing individual perceptions: An application of the unified theory of acceptance and use of technology to building information modelling. *International Journal of Project Management*, 35: 107-120, 2016.

KAPLAN, R.S.; NORTON, D.P. *A estratégia em ação: balanced scorecard*. 10.ed. São Paulo, Campus, 1997.

KASSEM, M.; AMORIN, S. *BIM. Building Information Modeling no Brasil e na União Europeia*. Brasília, 2015.

LANTELME, E.M.V. Proposta de um Sistema de Indicadores de Qualidade e Produtividade para a Construção Civil, Porto Alegre. 1994. (Mestrado - Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil / Universidade Federal do Rio Grande do Sul)

LEE, A.; AOUAD, GF; COOPER R; FU, C; MARSHALL-PONTING, AJ; TAH, J; WU, S. nD modelling - a driver or enabler for construction improvement?, *RICS Research Paper Series*, 5: 1-16, 2005.

LU, W.; FUNG, A.; PENG, Y.; LIANG, C; ROWLINSON, S. Cost-benefit analysis of *Building Information Modeling* implementation in building projects through demystification of time-effort distribution curves. *Building and Environment*, 82: 317-327, 2014.

LU, W; PENG, Y; SHE, Q; LI, H. Generic Model for Measuring Benefits of BIM as a Learning Tool in Construction Tasks, *Journal of Construction Engineering and Management*, 139(2): 195-203, 2013.

MAHALINGA, A; YADAV, A.K.; VARAPRASAD, J; Investigating the Role of Lean Practices in Enabling BIM Adoption: Evidence from Two Indian Cases. *Journal of Construction Engineering and Management*, 141(7), 2015.

MCPHEE, A. Level of development. [2013] Disponível em: <<http://practicalbim.blogspot.com.br/2013/03/what-is-this-thing-called-lod.html>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

NARDELLI, E. S.; TONSO, L. G. XVII CONGRESO DE LA SOCIEDAD IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL In: SIGRADI, 18, 2014. BIM – Barreiras institucionais para a sua implantação no Brasil. Volume 1.

NASCIMENTO, L. A.; SANTOS, E. T.; A indústria da construção na era da informação. *Ambiente Construído*, 3(1): 69-81, 2003.

OLIVEIRA, M.; LANTELME, E.M.V.; FORMOSO, C.T. *Sistema de indicadores de qualidade e produtividade na construção civil: manual de utilização*. Porto Alegre, 1995.

PARMENTER, D. *Key Performance Indicators: developing, implementing and using winning KPIs*. New Jersey, John Wiley & Sons, 2007.

RICHARD, H. A survey on the impact of information technology in the Canadian architecture, engineering and construction industry, *ITCom*, 2000.

SACKS, R; KOSKELA, L; DAVE, B; OWEN, R. Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(9): 968-980, 2010.

SMITH, P. BIM & the 5D Project Cost Manager, *Procedia social and behavioral sciences*, 119: 475-484, 2014.

SCHEER, S.; AMORIM, S.R.L.; SANTOS, E.T.; FERREIRA, R.C.; The scenario and trends in the Brazilian IT construction applications experience. *Journal of Information Technology in Construction*, 12: 193-206, 2007.

SUCCAR, B.; SHER, W.; WILLIAMS, A.; Measuring BIM performance: Five metrics. *Architectural Engineering and Design Management*, 8(2): 120-142, 2012.

TEICHOLZ, P. Labor-productivity declines in the construction industry: causes and remedies, *Architecture Engineering Construction*, 2013.

TURK, Z. Ten questions concerning building information modelling. *Building and Environment*, 107: 274-284, 2016.

YIN, R. K. *Estudo de Caso. Planejamento e Métodos*. 5.ed. Bookman, 2015

WON, J.; LEE, G.; DOSSIK, C.; MESSNER, J. Where to Focus for Successful Adoption of Building Information Modeling within Organization. *Journal of Construction Engineering and Management*, 139(11), 2013.

WON, J.; LEE, G.; How to tell if a BIM project is successful: A goal-driven approach, *Automation in Construction*, 69: 34-43, 2016.

APÊNDICE A

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

DEFINIÇÃO DO PROTOCOLO DO ESTUDO DE CASO

ISSARA DE BRITO
ORIENTADOR: PROFA. DRA. LUCIANA HAZIN ALENCAR

RECIFE,
SETEMBRO/2017

1. Definição do Protocolo do Estudo de Caso:

1.1 Visão Geral do projeto do Estudo de Caso

A construção civil adota como modelo de sistema de contratação o “Projeto-Licitação-Construção”, que segundo Lu *et al.* (2014) erroneamente tem dividido o projeto em três subgrupos distintos e afastados de arquitetos, contratantes e engenheiros. Essa divisão, segundo o autor, favorece o trabalho individual de cada grupo de profissionais, gerando por vezes até interesses conflitantes entre as partes participantes do projeto. Essa fragmentação é um dos problemas mais citados pelos autores sobre a indústria da construção civil. Muitos profissionais e empresas são envolvidos durante todo o processo, e a falta de comunicação entre eles geram mal-entendidos e erros ao longo do processo construtivo.

A fim de tratar esse problema, a construção civil necessita de uma melhor comunicação, colaboração e integração. O *Building Information Modeling* (BIM) aparece com soluções potenciais para todas as etapas do ciclo de vida do projeto.

Contudo, sua propagação anda estagnada. Para Howard, Restrepo & Chan (2016) os fatores que impedem a difusão do BIM são: a fragmentação da indústria; as dificuldades de mudar os processos tradicionais; as responsabilidades e papéis nebulosos na implantação do BIM dentro das organizações; os problemas de interoperabilidade do BIM; a falta de treinamento; e principalmente, a baixa consciência sobre os benefícios do BIM. Em seu estudo, Howard, Restrepo & Chan (2016) chegam a conclusão que talvez os usuários não enxerguem o BIM como um instrumento de melhora de seu desempenho no trabalho, por não conseguirem entender seus benefícios.

Estudos têm sido feitos a fim de comprovar os benefícios do BIM, mas existem alguns obstáculos nesses estudos. Lu *et al.* (2014) falam três principais dificuldades dos estudos que buscam medir os benefícios do BIM: os dados de construção normalmente não estão disponíveis prontamente; os pesquisadores percebem dificuldades em desassociar as contribuições do BIM umas das outras; e o motivo da implementação do BIM por vezes não é claro.

Won & Lee (2016) defendem que para medir o sucesso da utilização do BIM em um projeto, os objetivos a serem alcançados devem ser pré-definidos em cada iniciativa, já que os objetivos não são fixos, mas variam de acordo com as características do projeto. Os autores

apresentam a metodologia (Success Level Assessment Model, ou Modelo de Avaliação do Nível de Sucesso), ou SLAM BIM, que evolve cinco passos:

1. Definição de objetivos;
2. Determinação de usos do BIM;
3. Identificação dos indicadores chave de desempenho, “KPI”;
4. Desenvolvimento de unidades de medida;
5. Desenvolvimentos de instrumentos de coleta.

A metodologia é baseada no pressuposto de que só podemos medir o sucesso do projeto se os objetivos estiverem bem definidos, já que o sucesso se refere se um objetivo foi ou não atingido. Por isso o primeiro passo é definir os objetivos específicos do projeto, e depois então é determinar qual é o uso apropriado da ferramenta BIM. A forma de utilização do BIM é uma função que trabalha diretamente para atingir os objetivos.

Associando cada uso do BIM a um determinado objetivo, com metas para esse objetivo, a medição das metas específicas para o uso do BIM que está sendo trabalhado na empresa deve ser feita por indicadores chave específicos para o caso, que terão suas unidades de medida e seus instrumentos de coleta.

O trabalho tem como objetivo direto analisar a medição de desempenho do BIM em diferentes casos de obras de construção civil, utilizando a metodologia SLAM BIM. Com isso, espera-se ter a ampla contribuição para os responsáveis e gestores de projetos que buscam justificativas claras para a utilização da ferramenta.

Para isso, o trabalho pretende coletar dados de empresas de construção civil que tenham utilizado o BIM com diferentes objetivos.

A pesquisa é financiada pela Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior - CAPES e apoiado pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco.

A proposição que está sendo pesquisada no estudo de caso é que a medição dos benefícios do sistema BIM é possível através do método SLAM BIM, devido à predefinição das metas a serem alcançadas com o uso do BIM.

O trabalho parte da hipótese de que cada indicador que mede o sucesso do uso do BIM no projeto, é relacionado exclusivamente à um único e determinado uso do BIM.

1.2 Procedimentos de Campo

As visitas são planejadas para durarem em torno de uma hora, buscando múltiplas fontes de evidências. São buscadas documentações, registros em arquivos, entrevistas, observações diretas ou até mesmo participantes, e artefatos físicos. Uma parte do tempo é reservada para entrevista com os profissionais, seguido de momentos de observação e de coleta de dados buscando documentos da empresa que comprovem os dados observados.

As entrevistas buscam entender o principal uso do BIM no caso estudado, e apanhar informações relativas ao projeto, ao seu cronograma, a custos, a horas de trabalho, dentre outras.

Os documentos que a pesquisa pretende coletar são dados que comprovem a mensuração dos possíveis indicadores que serão utilizados. De acordo com cada caso, poderão ser coletadas informações contidas em cronogramas do projeto, como duração do projeto, duração das maiores atividades, número de atividades no projeto, número de atividades em atraso, entre outras. Poderão ser solicitadas ainda informações relativas ao orçamento do projeto, tais como custos de investimento com BIM, custo total planejado do projeto, custo realizado do projeto, custo planejado das maiores atividades, custo realizado das maiores atividades, custo de retrabalhos, custo de mudanças de projeto, e outros.