



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ESTRUTURAL E CONSTRUÇÃO CIVIL**  
**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**RODRIGO MAGALHÃES SIQUEIRA BORGES**

**IMPACTO DAS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL:  
UMA ABORDAGEM BIM EM UM ESTUDO DE CASO DE OBRA EM  
FORTALEZA-CE**

**FORTALEZA**

**2017**

RODRIGO MAGALHÃES SIQUEIRA BORGES

IMPACTO DAS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL:  
UMA ABORDAGEM BIM EM UM ESTUDO DE CASO DE OBRA EM FORTALEZA–CE

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil no Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. José de Paula Barros Neto

FORTALEZA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

B734i Borges, Rodrigo Magalhães Siqueira.  
Impacto das Tecnologias da Informação na Construção Civil: uma abordagem BIM em um estudo de caso de obra em Fortaleza–CE / Rodrigo Magalhães Siqueira Borges. – 2017.  
139 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, 2017.  
Orientação: Prof. Dr. José de Paula Barros Neto.

1. Construção civil. 2. BIM. 3. Estudo de caso. I. Título.

CDD 620

---

RODRIGO MAGALHÃES SIQUEIRA BORGES

IMPACTO DAS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL:  
UMA ABORDAGEM BIM EM UM ESTUDO DE CASO DE OBRA EM FORTALEZA-CE

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil no Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. D.Sc. José de Paula Barros Neto (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. D.Sc. Rodrigo Amaral de Codes (Examinador Interno)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

M.Sc. Raimundo Calixto de Melo Neto (Examinador Externo)  
RCM Estruturas Metálicas S/S - EPP

A Deus, por seu infinito amor, e por permitir  
o início de uma nova etapa em minha vida.

Aos meus pais, por todo o apoio, sempre.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, pelo discernimento em minhas escolhas, e por toda força que foi concedida a mim ao longo desses 5 árduos anos de muito estudo, mas também muito gratificantes, em minha formação. Agradecimentos esses também feitos a Nossa Senhora, por toda proteção e amparo nos momentos difíceis.

Aos meus exímios pais, Kátia e Lacerda, pelo amor e cuidados diários, por serem exemplos de empenho e dedicação ao encarar desafios, por toda educação oferecida, pela abdicção muitas vezes de vontades próprias para oferecer sempre o que há de melhor aos seus filhos, e por todos os valores humanos a mim ensinados e que jamais serão esquecidos.

À minha irmã e ao meu cunhado, Amanda e Filipe, pelo amor, pela companhia, pelo incentivo na busca da realização de meus sonhos, e por todos os seus cuidados.

Aos meus primos, em especial, André, Bruno, Caio, Diêgo e Eduardo, pelo incentivo, pela companhia nos momentos de lazer, e por serem verdadeiros exemplos de amizade.

Ao meu grande orientador Prof. José de Paula Barros Neto, exemplo de excelência profissional, pela amizade, pelos cuidados, pelos conselhos e por todas as oportunidades de aprendizado a mim concedidas desde o tempo de bolsista PIBIC no GERCON.

Ao prof. Rodrigo Amaral de Codes, orientador da disciplina de estágio, por quem tenho grande amizade e respeito. Por sempre ter estado presente ao longo de minha vida acadêmica, incentivando-me, ensinando-me valores, e buscando sempre me orientar para atingir a excelência profissional.

A todos do escritório RCM Estruturas Metálicas, em especial ao Eng<sup>o</sup> Raimundo Calixto de Melo Neto, pela amizade, pelos cuidados, pelo exemplo de caráter e de profissionalismo, proporcionando-me a cada encontro grandes oportunidades de aprendizado profissional e pessoal. Meus agradecimentos também aos amigos de escritório, entre eles Polliany Braga, Ingrid Vieira, Régis Barroso, Cindy Girão e Gabriel Ferreira, sobretudo pela amizade.

À todas as Empresas entrevistadas que contribuíram para a elaboração desta Monografia, em especial à SIPPRO. Meus agradecimentos a Eng<sup>a</sup> Paula Mota, pela atenção e

pelo tempo empregado ao me receber no escritório, e por materiais disponibilizados para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos de UFC, em especial Amós Guerrato, Felipe Oscar, Iarley Loan, Luiz Carlos, Natalia Carnicelli, Pedro Ignácio, Victor Jucá e Vitor Werton, aos amigos de UNIFOR, Lucas Menezes, Marcus Flávio, Paulo Mateus, Raul Cavalcante, Vitória Moreira e Yuri Lavor, e aos amigos setembrinos, Helísia, Fernanda e Caique, pelo companheirismo ao longo dos anos e pelo incentivo para concluir meu curso de graduação.

Ao amigo Jeferson Böes, o “gaúcho”, pela convivência e aprendizagem, pelas valiosas dicas de pesquisa e indicações de materiais importantes de consulta para o desenvolver deste trabalho.

Enfim, a todos aqueles que contribuíram direta e indiretamente para a materialização deste trabalho. Que Deus os abençoe e lhes recompense abundantemente!

“Porque o SENHOR dá a sabedoria; da sua boca é que vem o conhecimento e o entendimento.” (Provérbios 2:6)

## RESUMO

A indústria da construção civil ainda é vista por muitos como arcaica, devendo isso principalmente à cultura tradicionalista presente entre construtores e trabalhadores do ramo. Como resultado disso, há o surgimento de diversas atividades que não agregam valor ao empreendimento, ocasionando perdas de produtividade. Para alterar esse cenário, novos métodos são propostos para tornar o processo construtivo mais eficiente. Estudos apontam que a utilização das Tecnologias da Informação na Construção (TICs) proporcionam melhorias na elaboração e na fiscalização de projetos, ao evitar o aparecimento de erros, os quais poderiam gerar retrabalhos durante a etapa de construção, aumentando seu custo. A partir disso, o presente trabalho propõe um estudo de caso em um empreendimento de grande porte localizado em Fortaleza–CE, buscando avaliar a utilização de tecnologias, em especial do Building Information Modeling (BIM). Foram realizadas entrevistas às empresas envolvidas no estudo de caso – construtora, escritórios (arquitetura, estruturas, instalações), e empresa de soluções de planejamento da produção voltada à construção – bem como visitas técnicas com o objetivo de entender quais os ganhos e as necessidades que ainda não foram atendidas com o uso dessas tecnologias.

**Palavras-chave:** Construção civil. BIM. Estudo de caso.

## **ABSTRACT**

The civil construction industry is still seen by many people as archaic, and this is mainly due to the traditionalist culture present among builders and workers in the field. As a result, there are several activities that do not add value to construction works, causing productivity losses. In order to change this scenario, new methods are proposed to make the constructive process more efficient. Studies show that the use of Information Technologies in Construction (TICs) provides improvements in the design process, avoiding the appearance of errors, which could generate rework during the construction phase, and increase its costs. Therefore, the present research proposes a case study in a big enterprise located in Fortaleza–CE, seeking to evaluate the use of technologies, especially Building Information Modeling (BIM). Interviews were conducted with companies involved in the case study – construction enterprise; architectural, structures and facilities design offices; and construction planning solutions company – as well as technical visits to understand the gains and the needs that have not yet been met by the use of these technologies.

**Keywords:** Civil construction. BIM. Case study.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Fluxograma da contribuição do Trabalho.....	23
Figura 2	Estrutura da Monografia.....	25
Figura 3	Abordagem tradicional: estoques separam os estágios.....	27
Figura 4	Abordagem JIT: produção e entregas feitas conforme os pedidos.....	27
Figura 5	Produção como um processo de fluxo.....	29
Figura 6	Desenvolvimento da construção civil no horizonte de tempo.....	34
Figura 7	Protótipo do Sistema BIM.....	35
Figura 8	Modelagem tridimensional de elementos de arquitetura.....	35
Figura 9	Nós de conhecimento BIM.....	37
Figura 10	Planejamento de atividades por linha de balanço.....	41
Figura 11	Extração de quantitativos por software BIM.....	42
Figura 12	Análise de deformação de lajes e simulação de ação de vento por meio do BIM.....	43
Figura 13	Análise de projetos MEP por meio do BIM.....	43
Figura 14	Classificação de interferências entre leves, moderadas e críticas.....	44
Figura 15	Captação de nuvem de pontos por equipamento a laser.....	46
Figura 16	Análise laser scanning integrado a softwares BIM.....	47
Figura 17	Análise de clash detection por meio do BIM.....	47
Figura 18	Extração de desenhos e de cortes por meio de softwares BIM.....	48
Figura 19	Imagens renderizadas de empreendimentos através de softwares BIM.....	48
Figura 20	Registros e controle visual de modelos.....	49
Figura 21	Modelo de acesso a locais de manutenção.....	50
Figura 22	Rastreamento e controle de componentes de um estádio.....	51
Figura 23	Fabricação digital.....	52
Figura 24	Plano de corte de chapa de aço.....	52
Figura 25	Usos do BIM em um plano de execução de um projeto.....	56
Figura 26	Metodologia do Trabalho.....	64
Figura 27	Vista frontal do estudo de caso – Dez/17.....	64
Figura 28	Vista da estrutura metálica e de concreto – Nov/17.....	65
Figura 29	Vista de pavimento tipo da laje corporativa – Nov/17.....	66

Figura 30	Vista aproximada da obra – Nov/17.....	66
Figura 31	Cenários colocação das rampas no subsolo.....	77
Figura 32	Estudo do uso de tirantes em contenção no subsolo.....	78
Figura 33	Locação de chumbadores em uma das torres.....	79
Figura 34	Verificação de incompatibilidades com armaduras.....	79
Figura 35	Verificação de incompatibilidades com cordoalhas de protensão.....	80
Figura 36	Utilização de gabaritos para a locação dos inserts.....	80
Figura 37	Vista aproximada dos inserts metálicos.....	81
Figura 38	Projeto de mark ups (abertura circular em viga).....	82
Figura 39	Projeto de mark ups (abertura retangular em viga).....	83
Figura 40	Mark up em viga metálica de um pavimento corporativo.....	83
Figura 41	Verificação de incompatibilidades em locais de acesso ao subsolo.....	84
Figura 42	Interferência entre sistema de incêndio e de climatização.....	85
Figura 43	Interferência entre viga metálica e caixa de esgoto.....	85
Figura 44	Interferência entre viga metálica transversal e ductos de instalações.....	86
Figura 45	Interferência entre viga metálica, ductos e caixa de esgoto.....	86
Figura 46	Verificação da validação da caixa de hidrômetro.....	87
Figura 47	Criação de uma laje para separar a tubulação da subestação.....	88
Figura 48	Laje provocando isolamento da ventilação.....	89
Figura 49	Equipamentos das fontes.....	89
Figura 50	Fluxo-resumo de contribuição da Monografia.....	110

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Curva de Esforço.....	53
Gráfico 2	Curva de Esforço considerando Entradas, Processo e Saídas.....	55
Gráfico 3	Crescimento de publicações – Base de dados: ENTAC.....	94
Gráfico 4	Ambientes estudados – Base de dados: ENTAC.....	95
Gráfico 5	Tipos de empresas de projetos – Base de dados: ENTAC.....	95
Gráfico 6	Assuntos estudados – Base de dados: ENTAC.....	96
Gráfico 7	Atividades envolvidas no Gerenciamento – Base de dados: ENTAC.....	97
Gráfico 8	Local de atuação dos autores/coautores – Base de dados: ENTAC.....	97
Gráfico 9	Região de atuação dos autores/coautores – Base de dados: ENTAC.....	98
Gráfico 10	Crescimento de publicações – Revista G&TP.....	98
Gráfico 11	Ambientes estudados – Revista G&TP.....	99
Gráfico 12	Assuntos estudados – Revista G&TP.....	100
Gráfico 13	Atividades envolvidas no Gerenciamento – Revista G&TP.....	100
Gráfico 14	Local de atuação dos autores/coautores – Revista G&TP.....	101
Gráfico 15	Crescimento de publicações – Base de dados: IGLC.....	102
Gráfico 16	Ambientes estudados – Base de dados: IGLC.....	102
Gráfico 17	Tipos de empresas de projetos – Base de dados: IGLC.....	103
Gráfico 18	Assuntos estudados – Base de dados: IGLC.....	103
Gráfico 19	Atividades envolvidas no Gerenciamento – Base de dados: IGLC.....	104
Gráfico 20	Local de atuação dos autores/coautores – Base de dados: IGLC.....	104

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Os princípios do Lean Construction.....	30
Quadro 2	Dimensões do BIM.....	39
Quadro 3	Check-list Funcionalidades BIM.....	74
Quadro 4	Nível de maturidade das empresas envolvidas.....	75
Quadro 5	Economia proporcionada pela abertura da alma de vigas em fábrica.....	82
Quadro 6	Usos do BIM no estudo de caso.....	90
Quadro 7	Publicações – Base de dados: ENTAC.....	94
Quadro 8	Publicações – Revista Gestão e Tecnologia de Projetos.....	98
Quadro 9	Publicações – Base de dados: IGLC.....	101

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEC	Arquitetos, Engenheiros e Construtores
AIA	<i>American Institute of Architects</i> (Instituto Americano de Arquitetos)
ANTAC	Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
BIM	<i>Building Information Modeling</i> (Modelagem da Informação da Construção)
CAD	<i>Computer Aided Design</i> (Desenho Assistido por Computador)
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CIFE	<i>Center for Integrated Facility Engineering</i> (Centro de Engenharia de Instalações Integradas)
CNC	Controle Numérico Computadorizado
COBie	<i>Construction Operations Building Information Exchange</i> (Troca de Informações de Operações Construtivas)
EaD	Educação à Distância
ENTAC	Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
ERPs	<i>Enterprise Resource Planning</i> (Planejamento de Recursos Empresariais)
EUA	Estados Unidos da América
GPS	<i>Global Positioning System</i> (Sistema de Posicionamento Global)
HFE	<i>Human Factor Engineering</i>
IFCs	<i>Industry Foundation Classes</i>
IGLC	<i>International Group for Lean Construction</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> (Organização Internacional de Normalização)
JIT	<i>Just-in-time</i>
KERS	<i>Kinetic Energy Recovery Systems</i> (Sistema de Recuperação de Energia Cinética)

LC	<i>Lean Construction</i> (Construção Enxuta)
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
MEP	<i>Mechanical, electrical, and plumbing</i> (Mecânicas, Elétricas e Hidrossanitárias)
NIBS	<i>National Institute of Building Standards</i> (Instituto Nacional de Normas de Construção)
OHSAS	<i>Occupational Health and Safety Assessments Series</i> (Certificação em Saúde e Segurança Ocupacional)
PBQP-H	Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat
PIB	Produto Interno Bruto
SIG	Sistema de Informação Geográfica
TI	Tecnologias da Informação
TICs	Tecnologias da Informação na Construção
USP	Universidade de São Paulo
VDC	<i>Virtual Design &amp; Construction</i> (Projeto e Construção Virtual)

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>20</b>
1.1	Justificativa da pesquisa .....	21
1.2	Questões de pesquisa .....	24
1.3	Objetivo Geral .....	24
1.3.1	Objetivos Específicos .....	24
1.4	Estrutura da Monografia .....	25
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>26</b>
2.1	Contextualização histórica.....	26
2.2	Tecnologias da Informação na Construção .....	30
2.3	Building Information Modeling .....	34
2.3.1	Definições e conceitos importantes .....	34
2.3.2	Objetos paramétricos .....	37
2.3.3	Interoperabilidade entre processos BIM.....	38
2.3.4	Funcionalidades BIM .....	39
2.3.5	Comparativo entre processo tradicional CAD e processo BIM .....	53
2.3.6	Usos do BIM.....	55
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>63</b>
3.1	Descrição do estudo de caso .....	64
3.2	Descrição da pesquisa.....	67
3.2.1	Processo de realização das entrevistas.....	67
3.2.1.1	Modelos dos questionários aplicados .....	67
3.2.2	Funcionalidades do BIM utilizadas pelos envolvidos .....	68
3.2.3	Exemplos práticos do BIM no empreendimento estudado.....	68
3.2.4	Os usos do BIM no empreendimento estudado .....	68
3.2.5	Expectativa do BIM para os anos futuros.....	68
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>70</b>
4.1	Respostas dos questionários aplicados às empresas envolvidas.....	70
4.1.1	Empresa A .....	70
4.1.2	Empresa B .....	70
4.1.3	Empresa C .....	70

4.1.4	Empresa D .....	70
4.1.5	Empresa E.....	70
4.2	Comparativo entre as respostas das empresas entrevistadas .....	71
4.2.1	Questionários de perguntas objetivas .....	71
4.2.2	Questionários de perguntas discursivas .....	73
4.3	Funcionalidades BIM adotadas pelas empresas envolvidas no estudo de caso .....	74
4.4	Exemplos práticos de aplicação BIM no estudo de caso.....	76
4.4.1	Planejamento do canteiro de obra.....	76
4.4.2	Movimentação de terra .....	77
4.4.3	Contenção .....	78
4.4.4	Locação dos chumbadores dos arcos.....	78
4.4.5	Locação de inserts metálicos .....	80
4.4.6	Mark ups em estruturas.....	81
4.4.7	Identificação de interferências construtivas .....	84
4.4.8	Validação de produtos especificados.....	87
4.4.9	Centro de medição .....	87
4.4.10	Subestação .....	88
4.4.11	Equipamentos das fontes .....	89
4.5	Os usos do BIM no estudo de caso.....	90
4.5.1	Planejamento .....	91
4.5.2	Projeto.....	92
4.5.3	Construção.....	92
4.5.4	Operação.....	93
4.6	Estudo bibliométrico .....	94
4.6.1	Literatura nacional (ENTAC).....	94
4.6.2	Revista Gestão e Tecnologia de Projetos .....	98
4.6.3	Literatura estrangeira (IGLC).....	101
4.6.4	Comparação entre resultados das pesquisas bibliométricas .....	105
4.7	Feedback do BIM no estudo de caso: aspectos positivos x necessidades não atendidas.....	106
4.7.1	Ganhos obtidos com a utilização do BIM no estudo de caso .....	106
4.7.2	Necessidades não atendidas com a utilização BIM no estudo de caso.....	108
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>110</b>

5.1	Considerações gerais .....	110
5.2	Limitações do estudo.....	111
5.3	Proposições para estudos futuros .....	112
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>113</b>
	<b>APÊNDICE A – MODELO DE QUESTIONÁRIO: PERGUNTAS</b>	
	<b>OBJETIVAS.....</b>	<b>117</b>
	<b>APÊNDICE B – MODELO DE QUESTIONÁRIO: PERGUNTAS</b>	
	<b>DISCURSIVAS.....</b>	<b>119</b>
	<b>APÊNDICE C – RESPOSTA DO QUESTIONÁRIO DE PERGUNTAS</b>	
	<b>OBJETIVAS: EMPRESA A.....</b>	<b>120</b>
	<b>APÊNDICE D – RESPOSTA DO QUESTIONÁRIO DE PERGUNTAS</b>	
	<b>DISCURSIVAS: EMPRESA A.....</b>	<b>122</b>
	<b>APÊNDICE E – RESPOSTA DO QUESTIONÁRIO DE PERGUNTAS</b>	
	<b>OBJETIVAS: EMPRESA B.....</b>	<b>124</b>
	<b>APÊNDICE F – RESPOSTA DO QUESTIONÁRIO DE PERGUNTAS</b>	
	<b>DISCURSIVAS: EMPRESA B.....</b>	<b>126</b>
	<b>APÊNDICE G – RESPOSTA DO QUESTIONÁRIO DE PERGUNTAS</b>	
	<b>OBJETIVAS: EMPRESA C.....</b>	<b>128</b>
	<b>APÊNDICE H – RESPOSTA DO QUESTIONÁRIO DE PERGUNTAS</b>	
	<b>DISCURSIVAS: EMPRESA C.....</b>	<b>130</b>
	<b>APÊNDICE I – RESPOSTA DO QUESTIONÁRIO DE PERGUNTAS</b>	
	<b>OBJETIVAS: EMPRESA D.....</b>	<b>132</b>
	<b>APÊNDICE J – RESPOSTA DO QUESTIONÁRIO DE PERGUNTAS</b>	
	<b>DISCURSIVAS: EMPRESA D.....</b>	<b>134</b>
	<b>APÊNDICE K – RESPOSTA DO QUESTIONÁRIO DE PERGUNTAS</b>	
	<b>OBJETIVAS: EMPRESA E.....</b>	<b>136</b>
	<b>APÊNDICE L – RESPOSTA DO QUESTIONÁRIO DE PERGUNTAS</b>	
	<b>DISCURSIVAS: EMPRESA E.....</b>	<b>138</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A construção civil é um dos setores mais importantes para a economia de um país. Investimentos em novas obras despertam e aquecem a indústria como um todo, quer seja na produção de materiais de construção, como areia, brita, cimento, gesso, aço, entre outros, ou na fabricação de produtos já acabados, como pisos, janelas, portas, materiais hidráulicos, etc. Esse aquecimento gera empregos, diretos e indiretos, melhora a renda da população e, conseqüentemente, o poder de compra, propiciando uma melhor qualidade de vida para todos.

Não existe crescimento econômico em um país sem o crescimento da indústria da construção civil. No Brasil, atualmente o setor é responsável por 8% do Produto Interno Bruto (PIB), causando um impacto muito grande na economia, no desenvolvimento social e evidentemente na geração de empregos. Dessa forma, acredita-se que esse é um pilar bastante importante para o País crescer sustentavelmente.<sup>1</sup>

É interessante perceber que a engenharia sempre esteve presente no mundo como um importante fator no desenvolvimento das cidades. Inicialmente seu desenvolvimento se deu devido à necessidade de abrigo e proteção contra animais e fenômenos da natureza. Com o passar dos anos, já no período de expansão territorial, houve a necessidade de construir edificações cada vez mais resistentes contra os ataques humanos, surgindo as primeiras cidades: cercadas por muralhas altas, como proteção contra o poderio bélico de ameaças externas.

Diversas obras foram financiadas por representantes do povo, que estavam a frente no poder, como faraós ou imperadores. Dentre essas obras, merecem destaque as Pirâmides do Egito, o Coliseu de Roma, o Farol de Alexandria, o Parténon, a Acrópole de Atenas, os Aquedutos Romanos, a Via Ápia, os Jardins Suspensos da Babilônia, a Muralha da China, entre outras, provando a grande capacidade dos “engenheiros” da antiguidade em calcular e projetar estruturas, bem como em gerenciar e executar obras.

Apesar das grandes obras realizadas desde a antiguidade, poucos estudos relativos à otimização de processos construtivos vinham sendo realizados, correspondendo a grandes desperdícios de materiais e da força de trabalho da mão-de-obra, estendendo por vários anos o prazo de entrega das obras.

---

<sup>1</sup> Informação fornecida por Rubens Menin Teixeira de Souza, presidente da Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias (Abrainc), em entrevista ao Portal Planalto, em fevereiro de 2017.

Quanto aos escritórios de engenharia, não faz muito tempo que os projetos eram feitos a mão, com cálculos muitas vezes imprecisos e com grande limitação quanto à liberdade de aspectos arquitetônicos mais complexos nas obras.

Com o passar do tempo, percebeu-se que o desperdício de tempo e de recursos prejudicavam fortemente investimentos na construção civil. E, esses desperdícios, prejudicavam não somente as receitas que eram obtidas por investidores, mas também o meio ambiente. Descobriu-se que diversos resíduos estavam sendo gerados diariamente e, caso não houvesse um adequado descarte, estes resíduos atingiriam o meio ambiente, prejudicando as características da paisagem, bem como a qualidade do solo e das águas.

Já no século XX, mais precisamente próximo ao início do século XXI, com a ênfase nas mudanças climáticas que vêm ocorrendo no Planeta, como o agravamento do aquecimento global e da poluição dos recursos hídricos, passou a existir um maior incentivo à pesquisa, proporcionando grandes avanços tanto em relação ao desenvolvimento de novos materiais de construção, produzidos de forma mais limpa e com maior eficiência energética, como em relação aos métodos produtivos, a fim de otimizar processos, dentre eles o desenvolvimento da metodologia *Lean Construction* (LC) e do *Building Information Modeling* (BIM), caracterizando-se como uma ferramenta das Tecnologias da Informação na Construção (TICs), tornando a execução das obras cada vez mais enxutas, precisas, seguras e eficientes em relação a aspectos econômicos.

## **1.1 Justificativa da pesquisa**

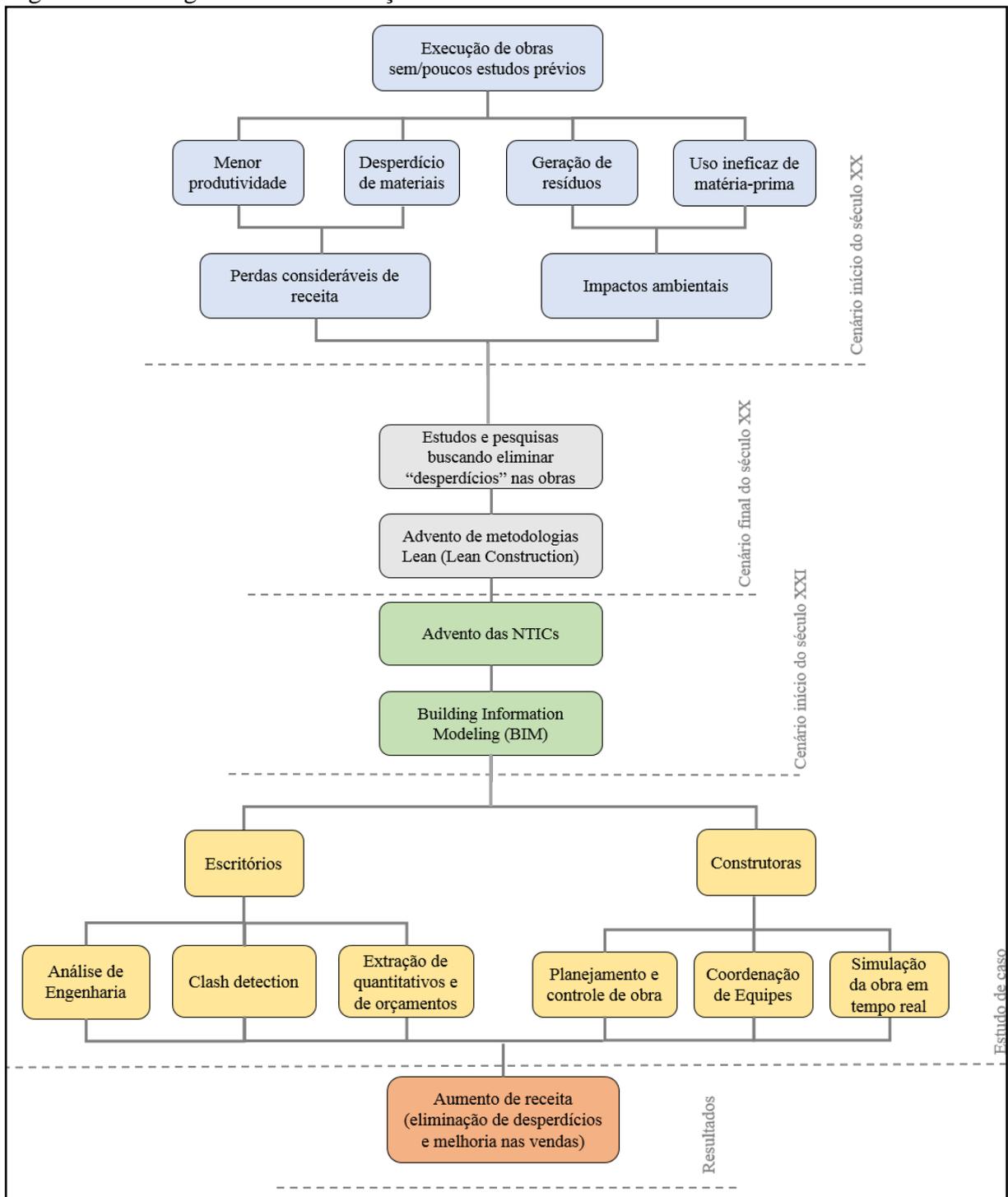
A utilização das TICs está cada vez mais presente em diversos empreendimentos no mundo inteiro. É certo que a utilização dessas tecnologias se caracteriza como uma tendência para os próximos anos, como demonstrado ao final do presente trabalho, no Capítulo dos Resultados, por meio de um estudo bibliométrico. No entanto, é importante estabelecer quais os impactos que essas tecnologias vêm causando às obras, em diversos aspectos, tais como: fatores econômicos, ambientais, sociais, entre outros.

O presente trabalho propõe então, como justificativa de seu tema, um estudo abordando as novas estratégias produtivas que vêm sendo empregadas por grandes escritórios, envolvendo diversas disciplinas, tais como arquitetura, instalações, estruturas, entre outras, e por construtoras, na contemporaneidade. Para isso, foram consultadas algumas empresas do ramo de engenharia envolvidas no estudo de caso em um grande empreendimento em

Fortaleza–CE, indicando se o surgimento das TICs propicia vantagens consideráveis em relação aos métodos mais antigos e tradicionalistas.

Na Figura 1 será demonstrado um fluxograma que faz uma contextualização histórica, desde tempos mais antigos até tempos atuais, indicando alguns pontos os quais este trabalho propõe desenvolver um estudo, e que contribuirá à comunidade científica. O fluxograma é iniciado com a apresentação do cenário da construção civil até o início do século XX, onde haviam poucos investimentos em estudos na área, sem a preocupação quanto a índices de produtividade, impulsionados principalmente a partir dos tempos das Revoluções Industriais. Em seguida, ao apresentar o cenário correspondente ao final do século XX, já foram percebidos alguns incentivos às pesquisas, como tentativa de desenvolver novos métodos capazes de eliminar atividades que não agregam valor. Notou-se também a busca por alternativas que diminuíssem os impactos ambientais, cada vez mais agravados após a era da industrialização. Por fim, já no século XXI, observa-se um período de grande desenvolvimento tecnológico devido a era dos computadores e da informatização. Informações são transmitidas em tempo real e uma nova forma de comunicação vem adquirindo cada vez mais espaço no mercado, como a ascensão das TICs e dos processos BIM, permitindo uma conexão entre a construção e a informatização.

Figura 1 – Fluxograma da contribuição do Trabalho



Fonte: Autoria própria

## 1.2 Questões de pesquisa

Diante das considerações anteriores, surgem os seguintes questionamentos para esta pesquisa:

- a) Como escritórios de projetos (arquitetura, estruturas, instalações) e empresas de soluções de planejamento da produção vêm utilizando as ferramentas BIM?
- b) Como construtoras são impactadas pelas TICs?
- c) Quais os usos do BIM, em relação às etapas de planejamento, projeto, construção e operação, aplicadas às obras?
- d) Quais os ganhos ao se optar por utilizar o BIM na construção civil? E quais as necessidades que geralmente não são atendidas?
- e) Qual a expectativa do BIM para os anos futuros? Como ele é estudado atualmente no Brasil? E em outros países?

## 1.3 Objetivo Geral

Estudar os impactos causados pelas TICs, mais precisamente do BIM, em um estudo de caso de uma grande obra em Fortaleza–CE.

### 1.3.1 *Objetivos Específicos*

- a) Analisar como escritórios de projetos – arquitetura, estruturas e instalações – construtora, e empresa de soluções de planejamento da produção voltada à construção vêm utilizando a ferramenta BIM em seus ambientes de trabalho.
- b) Realizar um estudo sobre os usos do BIM no estudo de caso.
- c) Verificar quais os impactos, listando exemplos práticos, que o BIM trouxe à obra analisada desde o período de concepção à fase de construção.
- d) Realizar um estudo bibliométrico para verificar a importância que o BIM apresenta no cenário da construção civil atualmente e visualizar qual a sua tendência para os anos futuros.
- e) Obter um feedback da utilização do BIM no estudo de caso, listando os ganhos, bem como as necessidades não atendidas.

## 1.4 Estrutura da Monografia

A presente Monografia está dividida em cinco capítulos, que serão apresentados a seguir. O Capítulo 2 compreende a Revisão Bibliográfica, onde proporcionará fundamentação teórica à pesquisa, ao apresentar a evolução da construção civil ao longo do tempo até o advento do BIM, abordando conceitos, seus usos e suas principais funcionalidades. No Capítulo 3 será apresentada a metodologia de levantamento para a obtenção dos dados de entrada referentes à aplicação do BIM no estudo de caso. No Capítulo 4 estarão presentes os resultados, ou seja, será realizada uma análise para verificar como o BIM vêm sendo utilizado por essas empresas em seu dia a dia, além de serem comentados exemplos práticos de aplicação do BIM na obra estudada. Também serão apresentados, por meio de um estudo bibliométrico, informações extraídas de artigos de bases nacionais e estrangeiras sobre a utilização do BIM, a fim de entender melhor as suas aplicações tanto no Brasil, como em países afora, buscando estabelecer comparações e verificar tendências para os anos futuros. Por fim, ainda no mesmo capítulo, haverá a análise dos principais aspectos positivos que o BIM proporcionou para o estudo de caso e quais as suas necessidades que não foram atendidas. Quanto ao Capítulo 5, será feita a conclusão sobre o estudo, onde serão feitas considerações gerais, comentados os fatores limitantes da pesquisa, e recomendações de continuidade do estudo através da proposição de estudos futuros.

Figura 2 – Estrutura da Monografia



Fonte: Autoria própria

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção serão estudados os principais aspectos relacionados ao desenvolvimento da construção civil ao longo dos anos. Inicialmente será abordada a engenharia que era praticada em tempos passados, àquela em que não havia preocupação com eficiência produtiva ou até mesmo com perda de receitas provenientes de desperdícios. Em um segundo momento, serão abordadas técnicas que surgiram como tentativa de amenizar as atividades que não agregavam valor e combater a geração de desperdícios, desenvolvidas inicialmente para a indústria como um todo e, posteriormente adaptadas para a construção civil. Por fim, será realizado um estudo voltado ao advento das TICs, tendo como foco o BIM, buscando entender como essa filosofia é capaz de impactar a construção nos dias de hoje.

### 2.1 Contextualização histórica

Segundo Koskela (1992) grande parte das construtoras baseiam-se em processos de conversão, onde há a transformação de insumos em produtos. No entanto, algumas das atividades do fluxo físico entre as de conversão, como movimentação de materiais, pessoas e informações acabam sendo omitidas por empresários, caracterizando-se como atividades que não agregam valor ao produto nos processos de produção.

O conceito de perdas na construção civil é, com frequência, associado unicamente aos desperdícios de materiais. No entanto, as perdas estendem-se além deste conceito e devem ser entendidas como qualquer ineficiência que se reflita no uso de equipamentos, materiais, mão de obra e capital em quantidades superiores àquelas necessárias à produção da edificação. Neste caso, as perdas englobam tanto a ocorrência de desperdícios de materiais quanto a execução de tarefas desnecessárias que geram custos adicionais e não agregam valor à obra. (LOPES; CARVALHO; GOIS, 2010, p. 2).

Na construção civil, informações da literatura estrangeira indicam que as atividades que agregam valor correspondem, em média, a um terço do tempo total gasto pela mão de obra, ou seja, cerca de 33% entre o total de atividades. Já em algumas delas mais específicas, como a execução de alvenaria, as atividades que não agregam valor podem chegar até, aproximadamente, a metade do total de atividades. Até mesmo nas indústrias em geral, as atividades que não agregam valor correspondem a 40% das atividades, demonstrando que são índices bastante elevados. (FORMOSO *et al.*, 1996, p. 2).

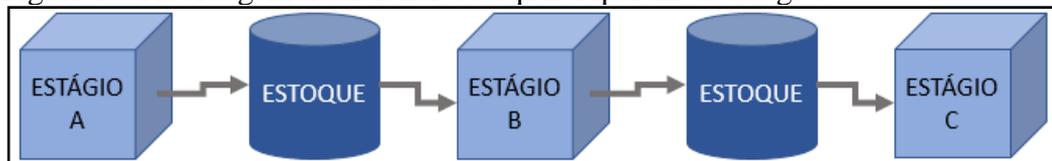
Uma das experiências vivenciadas como tentativa de reduzir as atividades que não agregassem valor para a indústria, melhorando a sua competitividade foi expressa por Womack e Jones (2004 apud CAMERA., 2015), ao comentar, que na década de 50, grande parte da mão de obra da empresa japonesa Toyota Motor Company teve que ser demitida por ter havido uma restrição de crédito que resultou em uma crise. Como resultado a Toyota teve que reduzir a mão de obra, devido à restrição de recursos para novos investimentos. Assim, com a necessidade de as empresas japonesas continuarem ativas no mercado automobilístico, a Toyota desenvolveu um sistema de produção que superasse a máquina de fazer carros, que eram os Estados Unidos, em seu modelo de produção Fordista.

Segundo Monden (1983) o sistema de produção Toyota elimina completamente objetos desnecessários na produção com o objetivo de se reduzirem os custos. A ideia era produzir o determinado tipo de produto no momento certo e em quantidades necessárias, eliminando os estoques de mercadoria. Assim, esse sistema se caracteriza por 3 subitens:

- a) Controle da quantidade: permite que o sistema se adapte às flutuações diárias e mensais em termos de quantidades e variedade;
- b) Garantia de qualidade: garante que cada processo irá fornecer somente unidades em bom estado de funcionamento para processos subsequentes;
- c) Respeito pela humanidade: deve ser cultivada enquanto o sistema usa o recurso humano para alcançar seus objetivos de custo.

No primeiro subitem, observa-se o princípio conhecido por Just-in-Time (JIT), um termo usado para definir o processo de produção que é capaz de responder instantaneamente à demanda, sem necessidade de estoque de materiais. Slack (2002) facilita essa compreensão por meio das Figuras 3 e 4 ao estabelecer uma comparação entre a abordagem tradicional e a JIT.

Figura 3 – Abordagem tradicional: estoques separam os estágios



Fonte: Adaptado de Slack (2002)

Figura 4 – Abordagem JIT: produção e entregas feitas conforme os pedidos



Fonte: Adaptado de Slack (2002)

No segundo subitem, observa-se o princípio da automação, ou seja, a busca para diminuir a produção de produtos defeituosos. Sua ideia se baseia em dar “inteligência” à máquina. Assim, esse princípio implementa algumas funções supervisoras à máquina. Por exemplo, se uma máquina por algum motivo produzir uma peça defeituosa ela será capaz de avisar ao operador, parando o processo de produção a fim de se eliminar desperdícios.

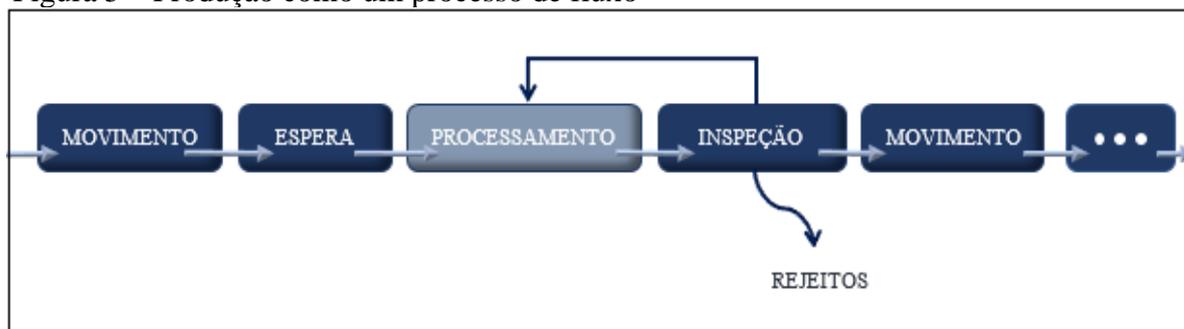
A partir do pensamento Toyota, outras vertentes foram surgindo de acordo com a necessidade da indústria.

Na construção civil, em 1992, o Finlandês Lauri Koskela publicou o trabalho *Application of the New Production Philosophy to Construction* pelo Center for Integrated Facility Engineering (CIFE), vinculado à Universidade de Stanford, nos Estados Unidos da América (EUA).

As atividades de fluxo são frequentemente negligenciadas ou não são devidamente analisadas nas tarefas de orçamento e planejamento. A melhoria dos processos da construção civil deveria ter mais atenção ao conceito das perdas, ou seja, à minimização de atividades que não agregam valor ao produto, sejam vinculadas às atividades de conversão ou fluxo. (FORMOSO *et al.*, 1996, p. 2).

De acordo com Koskela (1992) o novo modelo de produção caracteriza a etapa de produção como um fluxo de material e/ou de informações da matéria-prima para o produto final. Nesse fluxo, o material é processado (ou convertido) e inspecionado, a fim de verificar se o mesmo está em conformidade, devendo seguir para a próxima etapa produtiva, ou se está ocioso (em espera), devido à alguma irregularidade. É interessante perceber que “inspecionar”, “esperar” e “mover” representam o aspecto de fluxo da produção. O processamento representa o aspecto de conversão da produção. Os processos de fluxo podem ser avaliados pelo tempo empregado, pelo custo e pelo valor. O valor se refere ao cumprimento dos requisitos do cliente. Na maioria dos casos, apenas as atividades de processamento são atividades que agregam valor. Para os fluxos de materiais, as atividades de processamento são alterações de forma ou substância, montagem e desmontagem. A Figura 5 representa o esquema do sistema desenvolvido pelo autor citado. As caixas de cor azul escuro representam atividades que não agregam valor, em contraste com as atividades de processamento, ou àquelas que agregam valor.

Figura 5 – Produção como um processo de fluxo



Fonte: Adaptado de Koskela (1992) p. 15

Para Koskela e Howell (2002 apud BORTOLAZZA e FORMOSO, 2006), a “construção enxuta” não pode ser encarada apenas como uma etapa de conversão, pois incluem as atividades que não agregam valor como parte de um fluxo. Como consequência, as etapas de planejamento, execução e controle do empreendimento estão em constante mudança. O planejamento inclui as atividades de fluxo, muitas vezes esquecidas. Além disso, no gerenciamento da produção, metas são avaliadas de acordo com o comprometimento dos funcionários (ou pessoas designadas a exercerem determinadas atividades). Enquanto isso, no controle, a simples processo de auditoria é substituída pela busca de falhas produtivas, a fim de evitar futuros problemas que poderiam expor a empresa.

Embora todas as atividades utilizem recursos, gerando custos e consumo de tempo, apenas as de conversão (ou transformação) agregam valor ao material que está sendo transformado em produto final. Assim, a busca pela melhoria das atividades de fluxo deve ser contínua, focando na redução ou eliminação de atividades que não agregam valor ao produto. (KOSKELA, 1992).

Mas como o fluxo dos processos deve ser planejado, controlado e melhorado na prática?

Para responder a tal pergunta, Koskela (1992) listou 11 princípios da *Lean Construction (LC)*, inspirado em princípios de eliminação de perdas da *Lean Production*, um conceito amplamente utilizado em indústrias como um todo, mas que é perfeitamente aplicável à indústria da construção civil. Os Princípios são mostrados no Quadro 1 de forma resumida, já que não é o objetivo principal deste trabalho.

Quadro 1 – Os princípios do Lean Construction

1	Reduzir as atividades que não agregam valor;
2	Aumentar o valor de saída do produto através de uma consideração sistemática das necessidades do cliente;
3	Reduzir a variabilidade;
4	Reduzir o tempo do ciclo de produção;
5	Simplificar através da redução do número de passos ou partes;
6	Aumentar a flexibilidade na execução do produto;
7	Aumentar a transparência do processo;
8	Focar o controle no processo global;
9	Introduzir melhoria contínua no processo;
10	Manter o equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões;
11	Referenciais de ponta (Benchmarking).

Fonte: Adaptado de Koskela (1992) p. 16

Percebe-se claramente que o objetivo principal de Koskela, assim como de outros autores e pensadores que passaram a estudar a LC, era diminuir custos desnecessários, buscando sempre identificar as atividades que não agregam valores e eliminá-las. Isso despertava o interesse de empresas de construção, que objetivavam a execução de obras mais enxutas e que lhes proporcionassem lucros cada vez maiores.

Para contribuir ainda mais com os avanços notáveis que já eram facilmente visualizados na indústria e na construção civil após o desenvolvimento das metodologias Lean, a era da computação foi se solidificando e se desenvolvendo cada vez mais, proporcionando uma revolução, em que qualquer pessoa passaria a ter acesso de forma praticamente instantânea a todo tipo de informação, possibilitando novos estudos em diversas áreas e, conseqüentemente grandes avanços tecnológicos e benefícios econômicos para a indústria e para a construção civil.

O novo período pós revolução informacional deu início ao desenvolvimento das tão comentadas TICs, as quais serão abordadas no tópico a seguir.

## 2.2 Tecnologias da Informação na Construção

As Tecnologias da Informação na Construção (TICs) são derivadas das Tecnologias da Informação (TI).

De acordo com Oliveira, Moura e Sousa (2012) é um conceito que tenta unir a tecnologia da informação à comunicação. Em outras palavras, TIC pode ser caracterizada como TI, ou quaisquer formas de transmissão de informações, as quais utilizam recursos tecnológicos para mediar os processos comunicativos entre os diversos seres. Outra definição que talvez se caracterize de uma maneira mais eficiente para este trabalho é o entendimento como um conjunto de recursos tecnológicos integrados entre si, entre eles o de automação, dispondo de recursos, como softwares, facilitando a comunicação entre seres em negócios, pesquisas científicas ou ambientes de ensino.

Ainda segundo Oliveira, Moura e Sousa (2012) as TIs são utilizadas de diversas formas e em variadas atividades, quer seja em indústrias no processo de automação, no comércio em gerenciamentos e publicidades, no setor de investimentos com informações simultâneas e comunicação imediata, e na educação no processo de ensino aprendizagem e Educação à Distância (EaD). Os autores concluem que o principal responsável pelo crescimento do uso das TIs, em diversos campos, foi à popularização da Internet.

A popularização e os benefícios dessas tecnologias foram tão grandes que revolucionaram não somente a comunicação entre pessoas em geral, mas também a forma de empreender. Na construção civil, essa situação não poderia ser diferente.

Tatum (1986) conceituou a Tecnologia da Construção Civil como o estado de arte de métodos e processos de construção. Já Sabbatini (1989) define Tecnologia Construtiva como um conjunto sistematizado de conhecimentos científicos e empíricos empregados na concepção, produção e difusão do modo de construir um edifício ou parte dele. Além disso, o processo de criação de tecnologia é conhecido como o processo de Inovação Tecnológica.

É importante entender que inovação não é sinônimo de invenção. Invenção é a criação de uma nova ideia, enquanto inovação tecnológica pode ser definida por Kim (1983) como um processo em que um novo produto ou processo é desenvolvido, utilizado e difundido. Sabbatini (1989) define Inovação Tecnológica aplicada a construção civil como sendo um novo produto, método, processo ou sistema construtivo introduzido na construção de edifícios ao incorporar uma nova ideia e representá-la como um sensível avanço da tecnologia já existente em termos de desempenho, qualidade ou custo de um edifício, ou parte dele.

As novas tecnologias da construção civil são bem mais complexas do que simplesmente a utilização de alguns softwares *Computer Aided Design* (CAD). Elas são consideradas revolucionárias ao inserir sistemas específicos para determinado setor, ou seja, soluções que controlam e auxiliam na gestão dos processos da empresa, controlando não

somente as atividades internas como *Enterprise Resource Planning* (ERPs), mas também as atividades em canteiros de obras, ou seja, todo o processo construtivo de um empreendimento.

É interessante relacionar a utilização de softwares ao desenvolvimento da indústria cada vez mais consolidada de dispositivos móveis na produção de tablets, smartphones, palmtops, entre outros, tornando esses dispositivos cada vez mais ágeis e funcionais para seus usuários.

Por meio da utilização desses dispositivos, é certo que há maior agilidade e precisão de informações trocadas entre trabalhadores, pois são lançadas diretamente no local da obra sem intermédio de papel ou planilhas. Isso permite aos gestores o acesso rápido às informações, gerindo seus empreendimentos da forma mais eficiente possível.

Algumas vantagens em se utilizar dispositivos móveis em ambientes da construção civil podem ser citadas. Essas vantagens foram analisadas com o auxílio de informações fornecidas pela Teclógica Mobuss Construção e pela Softplan, empresas que trabalham no ramo de TI vinculadas à construção civil, e que possuem amplos conhecimentos de aplicação dessas tecnologias no mercado de trabalho.

a) Maior segurança na transmissão de informações:

As informações coletadas no canteiro de obra são inseridas direto no sistema usando um tablet ou smartphone, sem preenchimento manual das planilhas, além de permitir que as mesmas estejam arquivadas na rede por meio de protocolos de segurança, e não em papéis que possam ser extraviados;

b) Facilidade na gestão de projetos e obras:

A TI possibilita a troca de dados e informações dos sistemas gerenciais, administrativos e operacionais. Dessa forma, a gestão de projetos e obras se torna mais eficiente, uma vez que as etapas e atividades relacionadas à construção dos empreendimentos podem ser executadas, vistas, acompanhadas e avaliadas em tempo real simultaneamente por toda a equipe que está na obra, bem como pelos gestores;

c) Aceleração da produção da obra:

As tecnologias inovadoras permitem obter uma série de dados sobre fornecedores, materiais, mão de obra, produtividade, etc. Com isso, sabe-se o tempo de execução de cada etapa, podendo aplicar várias estratégias que permitem acelerar cada ciclo produtivo do empreendimento pela companhia;

d) Melhoria da qualidade da obra:

Além de acelerar as etapas do empreendimento, a inovação tecnológica permite melhorar ainda os processos de produção das empresas, pois com controles mais efetivos é possível acompanhar a qualidade das obras e seguir os critérios estabelecidos por programas de certificação, como o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), a Certificação em Saúde e Segurança Ocupacional (OHSAS) 18001, e as normas organizadas pela International Organization for Standardization (ISO) ou Organização Internacional de Normalização, no caso ISO 9001 (Gestão de Qualidade) e ISO 14001 (Sistemas de Gestão Ambiental). Isto é possível já que todos os detalhes são evidenciados, além de possíveis falhas durante a execução serem apontadas a tempo para uma ação imediata;

e) Maior controle sobre recursos e pessoas:

A mão de obra pode ser controlada diretamente no canteiro de obras, de forma automática e integrada. Há a possibilidade de estabelecer uma gestão mais eficiente, avaliando a quantidade de horas trabalhadas, turnos extras, assim como a necessidade de realocação de trabalhadores ociosos ou ausentes;

f) Redução de custos de produção do empreendimento:

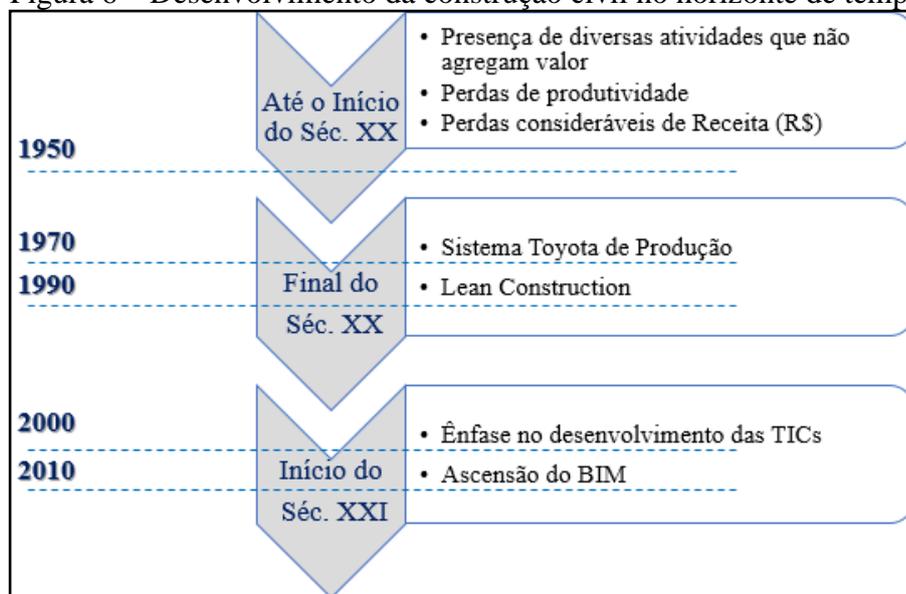
Além de melhorar o gerenciamento da obra, aumentar a produtividade e agregar qualidade aos serviços de construção, o investimento em tecnologias da informação auxilia na redução do custo total da obra. A economia pode ser vista na diminuição de mão de obra, na execução mais rápida de etapas da obra, além de evitar erros que gerariam retrabalhos.

Outra tendência que vem ganhando cada vez mais adeptos no mundo das novas tecnologias é a computação em nuvem, possibilitando que os dados obtidos na obra sejam armazenados por computadores ou servidores e imediatamente compartilhados pela Internet. Esses arquivos podem ser acessados em qualquer lugar do mundo. Isso gera uma maior flexibilidade, capacidade de processamento de grandes volumes de informações, além de *backups* de dados automáticos.

Devido a aceitação cada vez mais crescente de empresas do ramo da construção civil quanto ao uso das novas tecnologias, cada vez mais investimentos têm sido feitos por empresas que desenvolvem softwares relacionados à área. Além disso, novas pesquisas também ganharam espaço, principalmente em universidades, visando aliar as novas tecnologias ao

aumento da produtividade em obras. Somente por volta do ano de 2010 foi que uma filosofia pensada desde 1975, por Chuck Eastman ganhou espaço para se desenvolver: o BIM.

Figura 6 – Desenvolvimento da construção civil no horizonte de tempo



Fonte: Autoria própria

## 2.3 Building Information Modeling

### 2.3.1 Definições e conceitos importantes

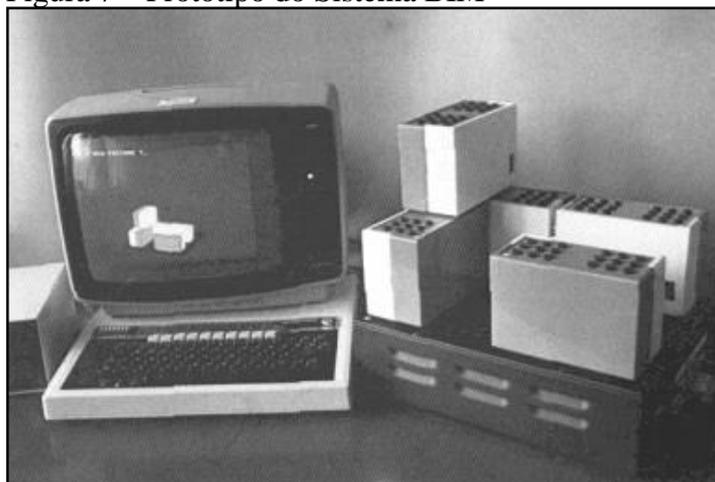
O exemplo mais antigo documentado sobre o conceito Building Information Modeling (BIM) foi um protótipo da metodologia, o “*The Use of Computers Instead of Drawings In Building Design*”, publicado por Charles M. Chuck Eastman, em 1975. O trabalho de Eastman inclui algumas noções de BIM, como apresentado a seguir:

“...definir elementos de forma interativa... derivando seções, planos isométricos ou perspectivas de uma mesma descrição de elementos. Qualquer mudança no arranjo teria que ser feita apenas uma vez para todos os desenhos futuros. Todos os desenhos derivados da mesma disposição de elementos seriam automaticamente consistentes... qualquer tipo de análise quantitativa poderia se ligada diretamente à descrição... estimativas de custos ou quantidades de material poderiam ser facilmente geradas... fornecendo um único banco de dados integrado para análises visuais e quantitativas... verificação de códigos de edificações automatizando na prefeitura ou no escritório do arquiteto. Empreiteiras de grandes projetos podem achar esta representação vantajosa para a programação e para pedido de materiais”. (EASTMAN, 1975).

Percebe-se então que Eastman em 1975 já previa o surgimento da filosofia BIM com importantes recursos os quais estão disponíveis hoje.

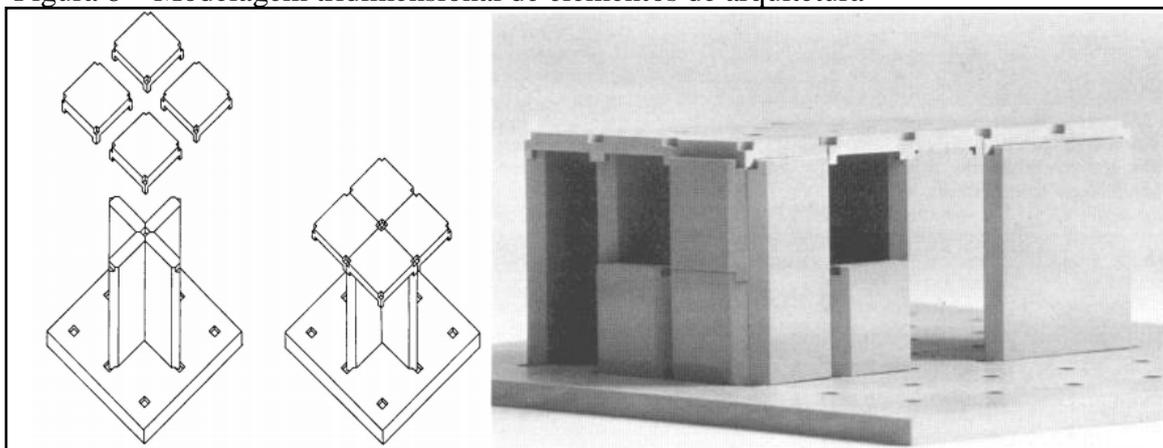
Para Aish (1986), o protótipo BIM é entendido como um conjunto de ferramentas que permitem a modelagem tridimensional de elementos que podem ser agrupados para dar origem ao projeto de construção. Ao invés de modelos arquitetônicos convencionais, caracterizados como estáticos (isto é, que não podem ser alterados pelos usuários) e passivos (ou seja, que não pode ser lido por um sistema CAD), esse protótipo permite máquinas sejam capazes de ler os dados, além de usuários possuírem liberdade para alterá-los.

Figura 7 – Protótipo do Sistema BIM



Fonte: Aish (1986)

Figura 8 – Modelagem tridimensional de elementos de arquitetura



Fonte: Adaptado de Aish (1986)

Em tempos mais atuais, já com a utilização da nomenclatura Building Information Modeling, Penttilä (2006) define o BIM como uma metodologia que permite o gerenciamento de um produto imobiliário e de dados de projeto por meio de um modelo digital ao longo do ciclo de vida da edificação. O autor comenta ainda que os sistemas CAD são ferramentas básicas e que são utilizadas apenas para criar modelos, não deixando de ser essencial para a

filosofia do método, mas que outras ferramentas mais complexas podem ser utilizadas para o gerenciamento do empreendimento, as quais utilizam uma maior quantidade de dados para analisar um modelo. Um outro recurso é o da interoperabilidade por meio do formato Industry Foundation Classes (IFC), onde diversas empresas que integram arquitetos, engenheiros e construtores (AEC) envolvidas no empreendimento dispõem de dados em tempo real.

Nos softwares BIM são atribuídas propriedades ao desenho, por exemplo, o tipo de blocos que constitui uma parede, suas dimensões, tipo de revestimento, fabricantes, que são guardadas como informações do modelo em um banco de dados do mesmo software, e que poderão ser utilizadas a qualquer momento quando demandadas pelo usuário. (FORTES, 2009).

Outra definição bem simples, mas bastante objetiva é a de Menezes (2012) que comenta que o BIM é uma filosofia de trabalho onde integra profissionais AEC para a elaboração de um modelo virtual preciso, o qual processa uma grande quantidade de dados para gerar orçamentos, modelos de eficiência energética, entre outras ferramentas de planejamento e gerenciamento.

Por fim, não menos importante, o estudioso australiano Succar (2009) divide a filosofia BIM em três núcleos, chamando-os de nós, buscando entender como esses nós interagem.

a) Nó 1: Políticas BIM:

O primeiro nó é voltado por definir as melhores práticas que têm como objetivo garantir os benefícios e minimizar os conflitos entre as partes interessadas do BIM. Ele é composto por associações industriais, centros de pesquisa e educação e corpos regulamentários. Os atores que englobam esse grupo são universidades, administradores ambientais, companhia de seguros, advogados, entre outros;

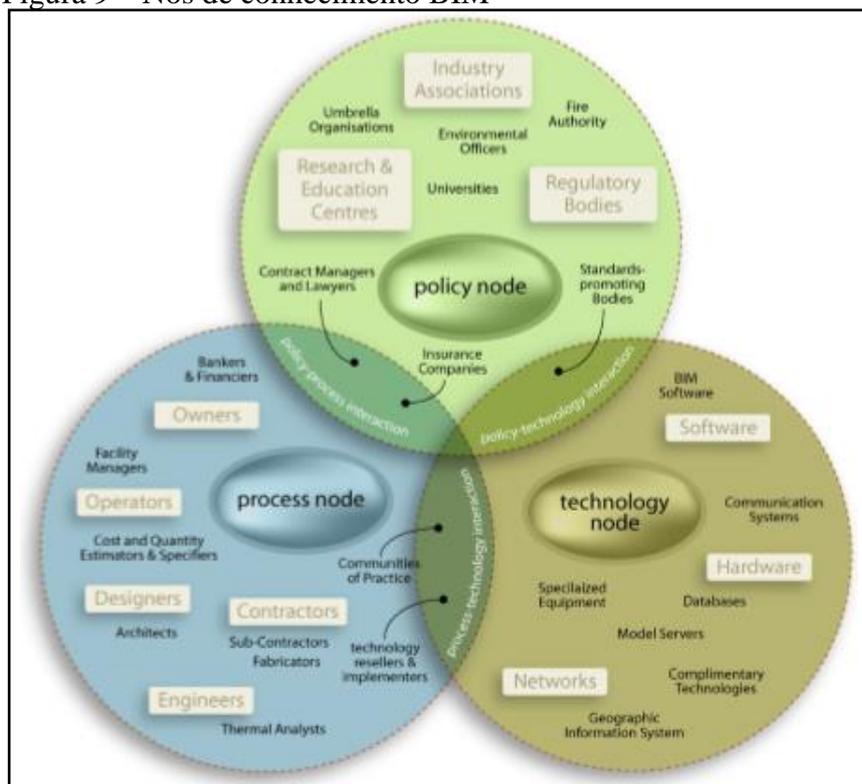
b) Nó 2: Processamento de informações BIM:

O segundo nó é voltado para as estruturas organizacionais, ou seja, empresas que processam (ou utilizam) as informações em BIM, visando estabelecer comunicações operacionais, como o cumprimento de requisitos e entregas de produtos. Ele é composto por proprietários, operadores, projetistas, engenheiros e contratantes. Os atores que englobam o grupo são banqueiros, orçamentistas, arquitetos, analistas térmicos, revendedores de tecnologias, entre outros;

c) Nó 3: Tecnologia BIM:

O terceiro nó é o campo de interação entre software, hardware e sistemas de rede necessários com o objetivo de gerar e modificar a modelagem de informações. Os atores que englobam o grupo são softwares BIM, sistemas de comunicação, equipamentos específicos, banco de dados, sistemas de informações geográficas, etc.

Figura 9 – Nós de conhecimento BIM



Fonte: Succar (2008)

A partir disso, pode-se caracterizar o BIM seguindo a linha de raciocínio do autor como um conjunto de políticas, processos e tecnologias que, interagem criando uma nova forma de gerenciar e projetar uma edificação ou instalação.

### 2.3.2 *Objetos paramétricos*

É a parametricidade que permite que objetos sejam editáveis, podendo ser atualizados automaticamente em cada mudança que se realize no projeto, como suporte à plataforma BIM. Sem esse poder, o software é meramente um modelador de objetos tridimensionais. (ROSSO, 2011 *apud* MENEZES, 2011).

Nota-se então que modelos que contenham apenas informações sobre sua própria geometria não suficientes para serem tratados de acordo com a filosofia BIM.

Para entender melhor as funcionalidades que o BIM oferece, inicialmente faz-se importante conceituar o que são “objetos paramétricos” ou “parametricidade”. Esse conceito é muito importante para a diferenciação dos objetos bidimensionais.

Eastman *et al.* (2011) define a “parametricidade” em sua obra BIM Handbook, como:

- a) Estabelecimento de definições geométricas, dados e regras associadas;
- b) Uso de informações geométricas integradas ao modelo, não permitindo inconsistências;
- c) Integração automática entre todos os dados e formas de visualização do modelo em atualizações realizadas pelo usuário;
- d) Objetos modelados não são somente tidos por informações geométricas, mas como um conjunto de dados que o caracterizam, por exemplo, na modelagem de uma parede, pode-se definir os componentes que a compõem;
- e) Disposição de diversos recursos que permitem identificar modificações que podem violar a viabilidade de objetos no que diz respeito a tamanho, construtibilidade, entre outros aspectos;
- f) Modelos que possuem habilidade de guardar em bancos de dados um conjunto de atributos, por exemplo, dados de materiais estruturais, dados acústicos, dados de eficiência energética, entre outros, a fim de permitir análises construtivas do modelo.

### **2.3.3 Interoperabilidade entre processos BIM**

Segundo o BIM Handbook, proposto por Eastman *et al.* (2011), o BIM possibilitou que os arquivos (ou modelos) fossem compartilhados com maior liberdade, permitindo integração com a nuvem. Os arquivos ficam disponíveis para modificação entre os mais diversos projetistas ou construtores, que salvam suas edições e automaticamente já estão disponíveis para acesso entre os envolvidos. Ainda de acordo com Eastman *et al.* (2011) há duas abordagens principais para essa integração:

- a) Utilizar apenas produtos de um determinado fornecedor de software;

- b) Utilizar softwares de vários fornecedores que podem intercambiar dados usando padronizações amparadas pela indústria.

Na primeira abordagem se entende que as modificações em um modelo específico, por exemplo, o de arquitetura irão gerar mudanças em outras disciplinas, como a de estruturas ou instalações, de uma forma automática, permitindo uma maior integração entre os projetistas. No entanto, é necessário que os projetistas utilizem softwares de um mesmo fornecedor.

A segunda abordagem conta com um acesso mais amplo, contando com códigos abertos que definem padrões de objetos de construção, como é o caso dos IFCs. Essas padronizações proporcionam a interoperabilidade entre diversos modelos de diferentes formatos internos, permitindo que objetos de uma aplicação BIM sejam trocados entre projetistas de diversas disciplinas, importando ou exportando modelos para softwares diferentes dos de origem.

### 2.3.4 Funcionalidades BIM

Diversas são as funcionalidades do BIM. Além disso, também diversas são as formas de classificá-las.

Alguns estudiosos classificam essas funcionalidades de acordo com suas dimensões, onde as várias dimensões do BIM (3D, 4D, 5D, 6D e 7D) podem ser entendidas como “camadas” (*layers*) de informações que são adicionadas (KOTAIRA, 2016).

Segundo a ndBIM Virtual Building (2017), empresa portuguesa de renome que utiliza a plataforma BIM em seus trabalhos de consultoria, bem como os autores Rocha (2011), Kotaira (2016), Araújo (2017) e Münch (2017), diversas dimensões do BIM, bem como suas funcionalidades são sugeridas. Após estudar os trabalhos desses autores, pôde-se então classificar, de forma sintetizada, as dimensões do BIM, conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 – Dimensões do BIM

Dimensão	Característica	Recursos	Simulação
3D	Espaço Tridimensional	Paisagismo e Urbanismo Análise Estrutural Análise MEP <i>Laser Scanning: Point Cloud</i> <i>Clash Detection</i> Extração de "desenhos" e cortes Renders e Animações	Simulação 3D

Continuação do Quadro 2 – Dimensões do BIM

<b>Dimensão</b>	<b>Característica</b>	<b>Recursos</b>	<b>Simulação</b>
4D	Tempo	Coordenação de equipes Planejamento físico da obra Controle físico da obra Previsão e comparação: Planejado x Real	Simulação 4D
5D	Custos	Extração de quantitativos Estimativa de custos Orçamentação Controle econômico Previsão econômica	Simulação 5D
6D	Sustentabilidade e eficiência energética	Análise energética utilizando softwares EX.: Ecotect; AcMus; Analysis Bio Rastreamento de elementos sustentáveis Certificação LEED	Simulação 6D
7D	Ciclo de vida do projeto e gestão de instalações	Gestão de espaços Gestão de mobiliário Gestão de inquilinos Gestão de avarias Manutenção preventiva Emissão de relatórios	Simulação 7D

Fonte: autoria própria

Apesar dessa classificação, infelizmente ela ainda é considerada abstrata, pois ainda não há convenções ou até mesmo normas que classifiquem as dimensões do BIM de forma padronizada.

Assim, optou-se por listar, de uma forma geral e sem apresentar uma sequência bem definida, como no caso das dimensões, as funcionalidades mais comumente empregadas por adeptos da metodologia abordada, estudando-se a Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras - Volume 1, da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC).

#### 2.3.4.1 Visualização em 3D

Essa funcionalidade é primordial em um modelo BIM, pois conforme comentado anteriormente, um modelo só será considerado BIM se gerar informações tridimensionais, e que também sejam parametrizadas.

Segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2016), a modelagem 3D possibilita uma visualização do que está sendo projetado por meio de uma espécie de simulação

visual da edificação, possibilitando a detecção automática de interferências geoespaciais entre diversos objetos do modelo.

“Somente a correta e inequívoca visualização do que está sendo projetado garante o entendimento e a eficácia no processo de comunicação e alinhamento entre todos os envolvidos na construção de um empreendimento...mesmo para aqueles que não são familiarizados com os termos técnicos da construção civil (proprietários e investidores, por exemplo), conseguem entender perfeitamente o projeto. Isso se traduz em um menor desgaste e em menor quantidade de problemas durante a fase de execução.” (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2016).

#### 2.3.4.2 Ensaio de obra no computador

Essa funcionalidade está atrelada à dimensão 4D, onde ao adicionar a dimensão “tempo”, pode-se realizar o planejamento das atividades previstas para a execução em uma obra.

Figura 10 – Planejamento de atividades por linha de balanço



Fonte: Autodesk (2016)

De acordo com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2016), a plataforma BIM possibilita a realização de diversos tipos de simulações, denominadas *Virtual Design & Construction* (VDC), permitindo com que se ensaie a obra no computador, antes do início da construção real, no endereço da obra. Dessa forma, pode-se definir o sequenciamento de atividades, eliminar eventuais problemas em relação à recursos de construção, entre outros, gerando não apenas um modelo com todos os sistemas (arquitetônico, estrutural, instalações, etc), mas um que permita a modelagem do próprio processo de construir.

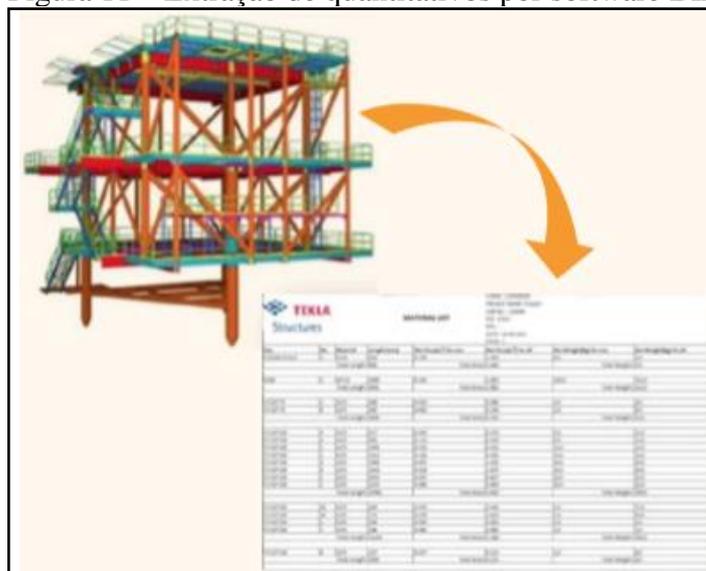
Para que isso se torne possível, diversos softwares são associados: uns realizam a modelagem tridimensional, outros o planejamento de atividades por linha de balanço, por exemplo, e outros ainda são capazes de unirem esses recursos, demonstrando de forma visual a sequência de atividades e a realização delas nas obras ao longo de um horizonte de tempo definido pelo gestor. Isso contribui para evitar que descontinuidades, por meio de imprevistos, ocorram durante a execução da obra, reduzindo custos e promovendo ganhos de tempo.

“A modelagem de informações possibilita a geração automática de projetos e de relatórios (documentos), análises de projetos, planejamentos, simulações, gestão de instalações, e mais: definitivamente, permite que a equipe de projeto fique mais bem informada, para tomar decisões adequadas e construir edificações melhores.”  
(CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2016)

#### 2.3.4.3 *Extração automática de quantitativos em projetos*

O grande interesse na redução de custos para a maximização dos lucros, levam diversas empresas a exigirem a elaboração de orçamentos cada vez mais precisos. Dessa forma, segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2016), o BIM vem proporcionando a extração de quantitativos com dados consistentes e precisos, permitindo agilidade de acesso às informações das quantidades. Esses quantitativos, obtidos por meio de tabelas geradas pelo software BIM, podem ser organizados e alocados na fase de planejamento, possibilitando um maior controle de execução da obra.

Figura 11 – Extração de quantitativos por software BIM



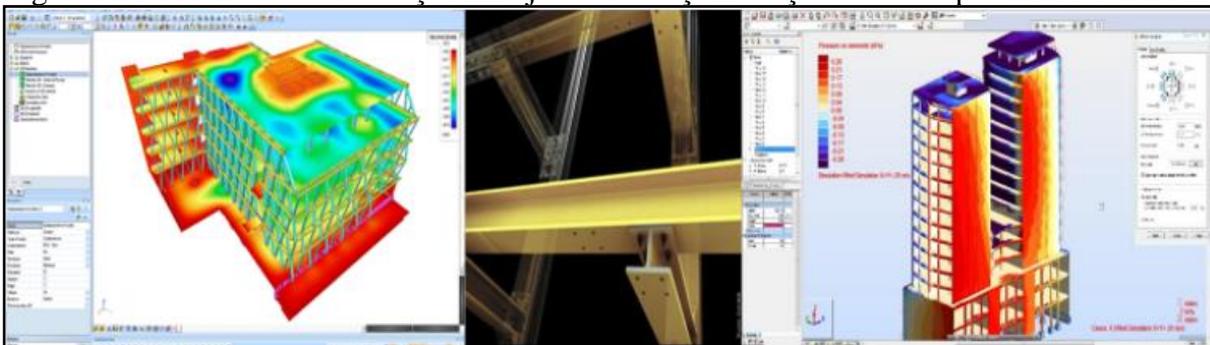
Fonte: Tekla (2017)

#### 2.3.4.4 Simulações e ensaios virtuais

Esse recurso tem sido cada vez mais utilizado por empresas de projetos, de uma forma geral. Sua maior vantagem é permitir a realização de diversas simulações do comportamento e do desempenho de edifícios e de instalações. Tudo isso por meio de elementos visuais que facilitam a interpretação do modelo. Entre as simulações que podem ser realizadas estão:

- a) Análises estruturais;
- b) Análises Mecânicas, Elétricas e Hidrossanitárias (MEP);
- c) Análises energéticas (simulações do consumo de energia);
- d) Estudos térmicos e termodinâmicos;
- e) Estudos de ventilação natural;
- f) Estudos de níveis de emissão de CO<sub>2</sub>;
- g) Estudos luminotécnicos;
- h) Estudos de insolação e de sombreamento.

Figura 12 – Análise de deformação de lajes e simulação de ação de vento por meio do BIM



Fonte: ndBIM Virtual Building (2017)

Figura 13 – Análise de projetos MEP por meio do BIM



Fonte: ndBIM Virtual Building (2017)

#### 2.3.4.5 Identificação automática de interferências (geométricas e funcionais)

Também conhecida por “*clash detection*”, a identificação de interferências é um dos recursos mais elogiados por quem utiliza o BIM em seu ambiente de trabalho. Os softwares BIM são capazes de identificarem conflitos que possam ocorrer entre duas ou mais disciplinas, facilitando a visualização de construtores antes mesmo da execução em campo. Isso gera economia para a obra, devido gastos desnecessários de retrabalho para a correção de incompatibilidades.

Além de elementos visuais dos modelos tridimensionais, as incompatibilidades podem ser listadas em relatórios, podendo ser acessados instantaneamente por empresas AEC envolvidas na obra. Além disso, muitos dos softwares oferecem formatos padronizados de listas de interferência, gerando aspectos visuais, indicando referências e a localização do problema, sustenta a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2016). Isso é bastante útil para modelos complexos, facilitando para a interpretação dos envolvidos.

Algumas soluções BIM permitem ainda a classificação das interferências como leves, moderadas ou críticas, de acordo com especificidades de cada software, gerando elementos visuais que facilitem a intensidade do problema.

“Uma interferência leve seria o caso em que, por exemplo, uma tubulação de pequeno diâmetro interfere em outra também de pequeno diâmetro. Ou seja, seria uma interferência de fácil solução, porque não é muito difícil desviar uma tubulação de pequeno diâmetro, que, na maioria das vezes, pode ser feita utilizando conexões padronizadas. Já a interferência de uma tubulação de grande diâmetro com um componente da estrutura, por exemplo, um pilar ou uma viga estrutural, seria considerada como crítica.” (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2016).

Figura 14 – Classificação de interferências entre leves, moderadas e críticas



Fonte: Solibri (2016)

#### *2.3.4.6 Regras de verificação*

Há ainda extensões de softwares BIM conhecidas por “regras de verificação”, a fim de averiguar se algumas exigências de normas estão sendo cumpridas pelo modelo, como o acesso de deficientes físicos aos ambientes de lazer de um empreendimento, ao indicar se passagens estão com dimensões apropriadas ou se rampas estão com inclinações adequadas.

#### *2.3.4.7 Geração de documentos mais consistentes e íntegros*

De acordo com o apresentado anteriormente, objetos paramétricos são objetos inteligentes, que possuem informações atreladas. A parametricidade possibilita que objetos se relacionem uns com os outros, e com o seu entorno, ou seja, em relação ao ambiente ao qual está sendo inserido. Esse relacionamento permite que qualquer alteração realizada em um modelo seja automaticamente corrigida em todas as demais formas de visualização, quer sejam vistas ou cortes, da correspondente massa de dados e informações, sejam tabelas, relatórios ou desenhos (documentos), gerados a partir do modelo.

“...um objeto BIM que corresponda a uma janela ‘sabe’ que precisa ser ‘hospedado’ numa parede e que esta deverá ter uma determinada espessura, por exemplo: 15 cm. Caso um projetista resolva mudar essa espessura para 20 cm, o objeto janela BIM consegue ‘perceber’, ‘interpretar’ e ‘reagir’ a essa mudança e, automaticamente, ajustar algumas das suas partes componentes para se adequar à nova situação.” (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2016).

#### *2.3.4.8 Maior facilidade em desenvolver projetos e executar construções mais complexas*

Uma outra contribuição do BIM foi em relação à execução de obras mais complexas. A era dos prédios “quadrados”, mais fáceis de entender seu comportamento e de realizar cálculos está sendo deixada de lado. Segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2016) há uma tendência no aumento da complexidade das construções atualmente em relação às suas formas, cada vez mais orgânicas e curvas, e aos seus subsistemas construtivos, como instalações, fachadas, segurança e controle. A utilização dessas formas desafia as técnicas de construção, gerando dificuldades de coordenação espacial e de planejamento para a viabilidade da construção.

“O BIM também pode ajudar muito nos casos em que a complexidade não é apenas relacionada às formas ou subsistemas construtivos, mas é também logística, quando se requer o cumprimento de prazos muito desafiadores ou mesmo a coordenação simultânea de diversas frentes de obras.” (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2016).

#### 2.3.4.9 Percepção do processo de industrialização na construção

Ao viver em um mundo onde a demanda por obras é cada vez mais intensa, devido ao crescimento populacional, bem como a necessidade da execução de obras cada vez mais rápidas, a industrialização é um tema cada vez mais presente na construção civil. A pré-fabricação é exemplo de construção enxuta, a qual gera poucos desperdícios.

O BIM então surge permitindo que cada etapa da montagem seja ensaiada previamente em computadores, com a utilização de processos VDC, gerando elevados níveis de confiabilidade e previsibilidade aos projetos e às especificações, contribuindo assim para o processo de industrialização da construção, comenta a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2016).

#### 2.3.4.10 Laser scanning

Juntamente com todo o avanço tecnológico que vem sendo proporcionado pelas NTICs, novos equipamentos e técnicas surgem a cada ano, como “*laser scanning*”, permitindo a elaboração de modelos cada vez mais precisos.

Figura 15 – Captação de nuvem de pontos por equipamento a laser



Fonte: Autor (2017)

As técnicas de captura da realidade são recursos cada vez mais frequentes em diversas etapas de uma construção. Normalmente, uma nuvem de pontos é gerada com o auxílio de equipamentos a laser que escaneiam o ambiente ao seu redor. Softwares BIM são responsáveis por ler esses pontos e gerar modelos automaticamente. A realidade capturada pode ser utilizada para realizar estudos de desvios ou de simulações.

Figura 16 – Análise laser scanning integrado a softwares BIM



Fonte: ndBIM Virtual Building (2017)

#### 2.3.4.11 Análises de construtibilidade

Para a realização de análises de construtibilidade são necessários softwares que sejam capazes de identificar automaticamente interferências construtivas e de realizar o planejamento 4D, ao adicionar a dimensão “tempo” no modelo. Assim, pode-se realizar simulações e análises da construtibilidade com elevado nível de precisão.

As análises de construtibilidade são muito úteis para ambientes de grande concentração de diferentes tipos de subsistemas, ou seja, construções mais complexas, como shopping centers ou hospitais. Em hospitais há a necessidade de elaboração de um rigoroso projeto de instalações, entre sistemas de ar condicionado, de exaustão, de água quente e fria, etc, para que não haja conflitos entre as tubulações, e para definir a sequência da montagem, a fim planejar a viabilidade da construção e desenvolver aspectos logísticos importantes.

Figura 17 – Análise de clash detection por meio do BIM



Fonte: ndBIM Virtual Building (2017)

#### 2.3.4.12 *Desenvolvimento de maquetes eletrônicas*

Uma outra funcionalidade do BIM e que serve como uma ferramenta de marketing, atraindo investidores no estande de vendas, é o desenvolvimento de maquetes eletrônicas.

Após criar um modelo tridimensional de um empreendimento por meio de softwares BIM, é possível extrair imagens renderizadas de alta resolução. Esses softwares contam ainda com alguns recursos de ajustes da imagem, como sombreamento e iluminação, gerando maquetes eletrônicas e até mesmo vídeos que podem ser utilizados para apresentar o empreendimento.

Figura 18 – Extração de desenhos e de cortes por meio de softwares BIM



Fonte: ndBIM Virtual Building (2017)

Figura 19 – Imagens renderizadas de empreendimentos através de softwares BIM



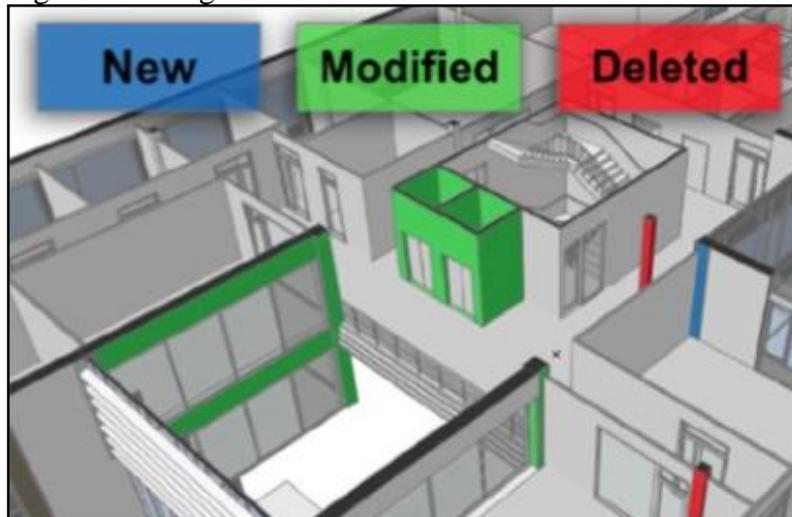
Fonte: Nemetschek (2016)

#### 2.3.4.13 *Registro e controle visual de diferentes versões dos modelos*

Segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2016), o controle de diferentes versões de documentos pode ser bastante confuso e desafiador, especialmente em

casos de projetos muito complexos ou em que diferentes equipes desenvolvem simultaneamente, por meio da interoperabilidade, um mesmo projeto. No entanto, soluções BIM permitem uma identificação mais fácil das diferentes versões de um modelo, por meio de código de cores que auxiliam identificando componentes adicionados, retirados ou modificados.

Figura 20 – Registros e controle visual de modelos



Fonte: Nemetschek (2016)

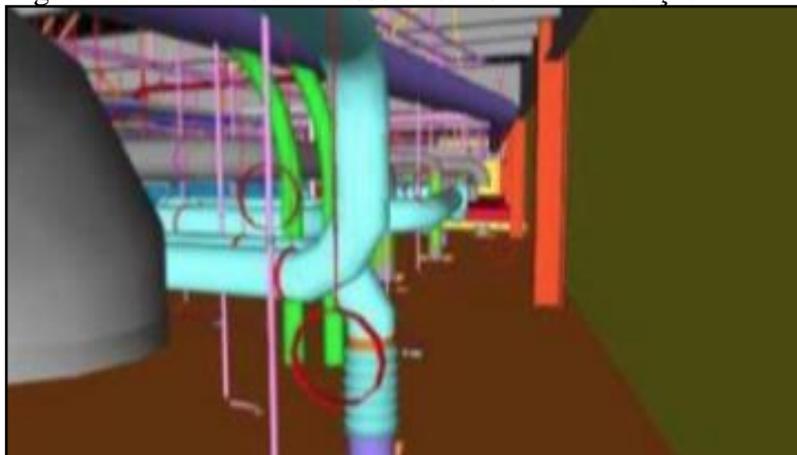
#### 2.3.4.14 Verificação das condições de acesso a certos locais durante manutenções e Human Factor Engineering (HFE)

Um recurso bastante interessante e ainda pouco estudado é a verificação das condições de acesso para manutenção. Diversos profissionais que utilizam o BIM desconhecem esse recurso, mas que é de fundamental importância durante o ciclo de vida do empreendimento.

Após concluídas todas as fases de execução de um empreendimento, é importante que sejam garantidas as condições de acesso a equipamentos específicos para profissionais de manutenção e suas ferramentas. Esse processo é conhecido como HFE. Para que os locais de acesso tenham dimensões adequadas, leva-se em conta as medidas médias do ser humano, para que entrem em segurança e tenham acesso às instalações, evitando prejuízos à saúde e à integridade física, completa a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2016).

Alguns softwares BIM permitem a modelagem desses locais de acesso, visualizando rotas para eventuais situações de emergência.

Figura 21 – Modelo de acesso a locais de manutenção



Fonte: Tekla Structures (2016)

#### 2.3.4.15 Coordenação e controle de contratados

Algumas soluções BIM oferecem auxílio para organizar dados e agrupar componentes de um modelo, podendo identificar atributos comuns, como o nome de uma empresa contratada e suas características para realizar um serviço. A lista de atividades, considerando suas precedências e interrelações de dependência e prioridade, quantidades e durações, podem ser programadas e controladas com uma maior facilidade, além de dispor de recursos visuais, dos componentes que correspondem a cada uma delas. Esse recurso torna mais fácil e intuitivo o balanceamento e o controle de diferentes equipes de produção, comenta a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2016).

#### 2.3.4.16 Rastreamento e controle de componentes

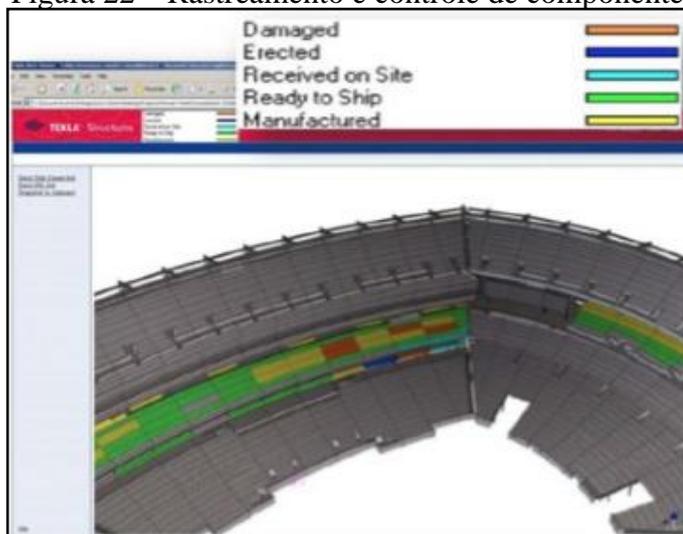
Outro recurso ainda pouco utilizado, mas que vem sendo aprimorado constantemente por alguns softwares específicos é o rastreamento e o controle de componentes.

“Um exemplo desse recurso pode ser verificado em componentes pré-fabricados que compõem as arquibancadas de um estádio estão identificados através de um código de cores que correspondem às peças já produzidas na fábrica de pré-moldados, prontas para serem despachadas pra obra, já recebidas na obra, já montadas e danificadas.” (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2016).

Segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2016), a associação entre atributos, como a diferenciação de cores, e componentes, possibilita uma melhor visualização e entendimento do modelo, podendo extrair relatórios com diversas informações. Esses dados

podem ser utilizados para a gestão do processo de pré-fabricação, armazenamento, montagem, controle de qualidade e liberação de medições para pagamento, por exemplo.

Figura 22 – Rastreamento e controle de componentes de um estádio



Fonte: Tekla Structures (2016)

#### 2.3.4.17 Processos de gestão de ativos

Modelos BIM podem ser utilizados como uma base de dados, auxiliando em processos de manutenção e gestão de ativos, após a conclusão e a entrega de um empreendimento. Os softwares que permitem utilizar recurso exportam informações, em um formato conhecido como *Construction Operations Building Information Exchange (COBie)*. Esse formato é padronizado, e capta durante toda a concepção e execução do empreendimento, desde as etapas de projeto. Esses dados são importantes para dar suporte à etapa de operação, manutenção e gestão da edificação após ser entregue ao uso, comenta a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2016).

Caso o gerente estivesse utilizando o COBie, ele exigiria que o instalador entregasse um relatório com todas as especificações do equipamento, a fim facilitar o acesso às informações caso em um futuro próximo se precisasse delas.

“Por exemplo, o motor do sistema de exaustão de uma edificação foi retirado da sua embalagem no canteiro de obras e esteve nas mãos de um instalador antes de ser instalado onde estava previsto. Esse seria momento mais adequado para que fossem anotados os principais dados desse motor, como fabricante, modelo, e, principalmente, o número de série. Após sua instalação, num provável sobreferro congestionado por outros equipamentos, poderá ser muito difícil obter algumas dessas informações.” (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2016).

#### 2.3.4.18 Fabricação digital

Esse recurso contribui bastante para o processo de industrialização da construção, pois os componentes utilizados são vistos como produtos rotulados da indústria, onde as informações desses componentes podem ser extraídas por meio de máquinas com Controle Numérico Computadorizado (CNC), informa a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2016).

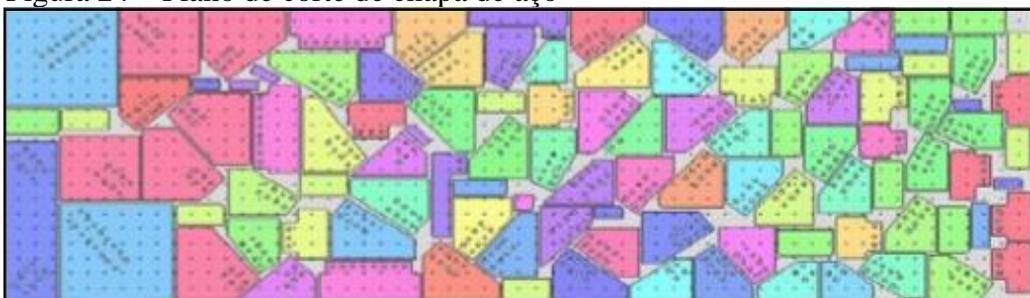
Figura 23 – Fabricação digital



Fonte: Trimble (2016)

Um exemplo está na produção de componentes para serem utilizados na obra, como o plano de corte de chapa de aço, gerado por softwares BIM, para maximizar o aproveitamento de material, evitando desperdícios.

Figura 24 – Plano de corte de chapa de aço



Fonte: Trimble (2016)

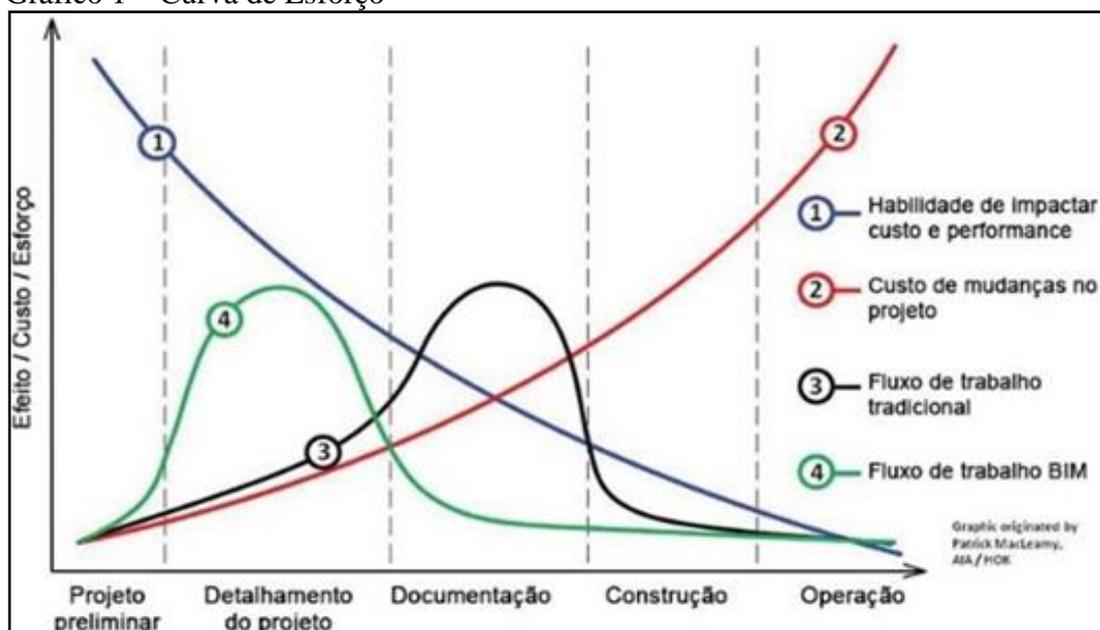
### 2.3.4.19 Verificações de locações e níveis de obra

Segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2016), por meio de informações previamente referenciadas em um modelo BIM e de equipamentos, como “estações total”, uma pessoa apenas é capaz de fazer e verificar locações e níveis em um canteiro de obras, indicando eventuais erros de alinhamento e cotas. Isso contribui de forma bastante positiva para a economia de tempo e de gastos excessivos com mão de obra.

### 2.3.5 Comparativo entre processo tradicional CAD e processo BIM

No processo tradicional CAD, alguns modelos eram produzidos, mas sem possuírem informações integradas. Isso gerava modelos incompletos, os quais eram precisos ser debatidos entre os mais diferentes profissionais para agregar informações a eles. Com a utilização do BIM, os modelos passaram a ser elaborados por meio de componentes com informações atreladas a eles, permitindo que o processo decisório fosse facilitado e acelerado. O BIM contribuiu para que equipes trabalhassem com maior dinamismo, e com maior produtividade. A seguir será apresentada no Gráfico 1 a Curva de Esforço que compara o processo CAD com o processo BIM, onde serão percebidas grandes diferenças na capacidade de impactar custo e performance.

Gráfico 1 – Curva de Esforço



Fonte: Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2016)

A curva de esforço, conhecida também como custo ou efeito, influencia a realização de diversas atividades em diferentes fases ou etapas de um empreendimento, possuindo impactos diretos nos custos e na qualidade do mesmo.

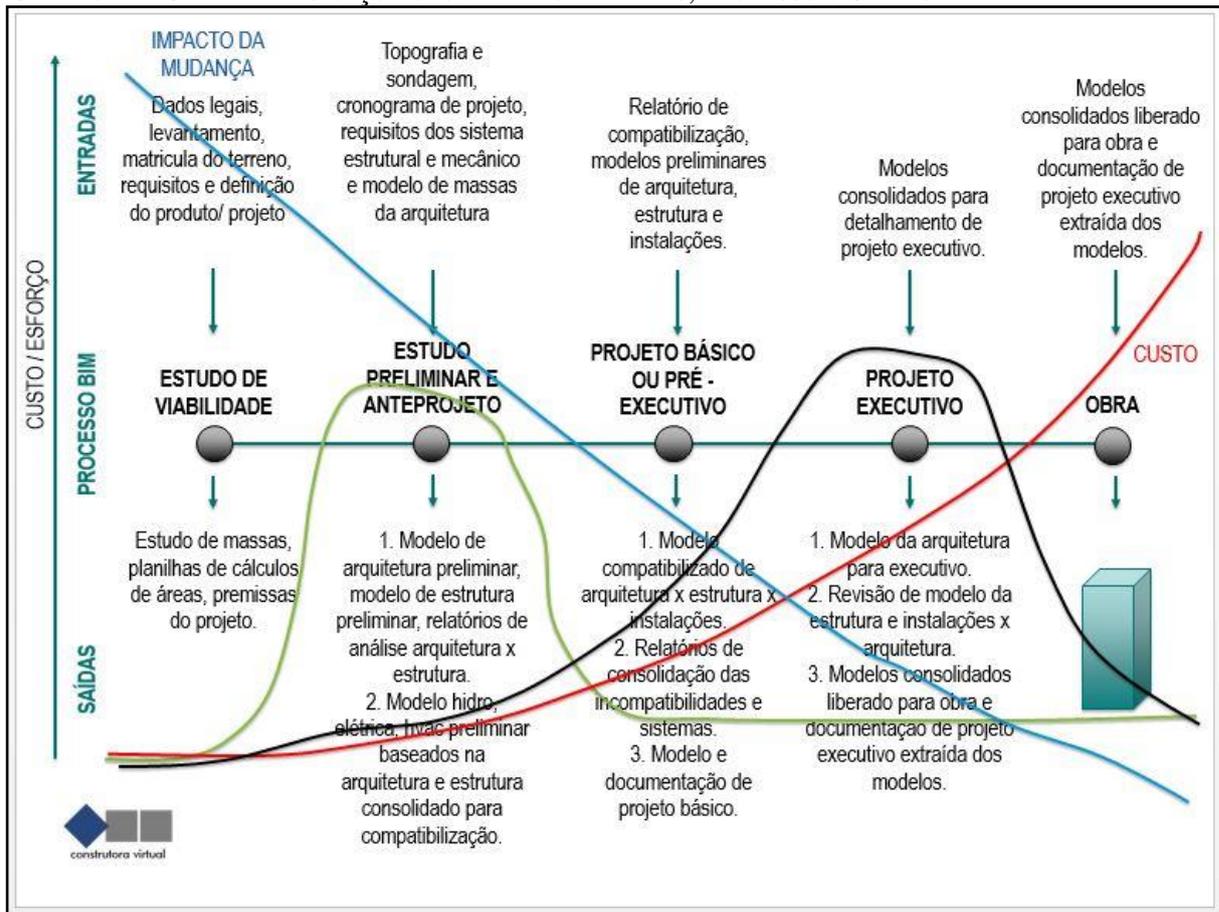
A partir dela, nota-se que a habilidade de impactar custo e performance é bastante elevada em etapas iniciais, por exemplo, no projeto preliminar. No entanto, ela passa a decair à medida em que as fases vão avançando, levando a um baixíssimo poder de impacto durante as fases de construção e de operação.

Ao mesmo tempo, percebe-se que na fase do projeto preliminar os custos de mudanças no projeto são bastante reduzidos, pois há a possibilidade de se corrigir interferências ou inconvenientes antes que a obra esteja sendo executada. Dessa forma, a medida que o tempo avança, nota-se que estes custos vão aumentando exponencialmente, passando a serem bastante elevados durante as fases de construção e de operação, principalmente devidos ao retrabalho para consertar esses inconvenientes.

Ao se comparar os fluxos de trabalho tradicional e os fluxos de trabalho BIM, é notável que o fluxo de trabalho BIM tenta “puxar” a curva para a esquerda, ou seja, para a etapa de detalhamento de projeto. O objetivo disso é que os projetos sejam feitos de forma mais eficiente, por meio da interoperabilidade, permitindo que especificações e correções importantes sejam feitas anterior à fase da documentação, ou seja, em uma etapa onde os custos são menores. Já no fluxo de trabalho tradicional, o maior esforço ocorre na etapa da documentação, elevando custos, não sendo interessante para os investidores.

O Gráfico 2, encontrado a seguir apresenta a curva de esforço abordando as entradas, o processo e as saídas.

Gráfico 2 – Curva de Esforço considerando Entradas, Processo e Saídas



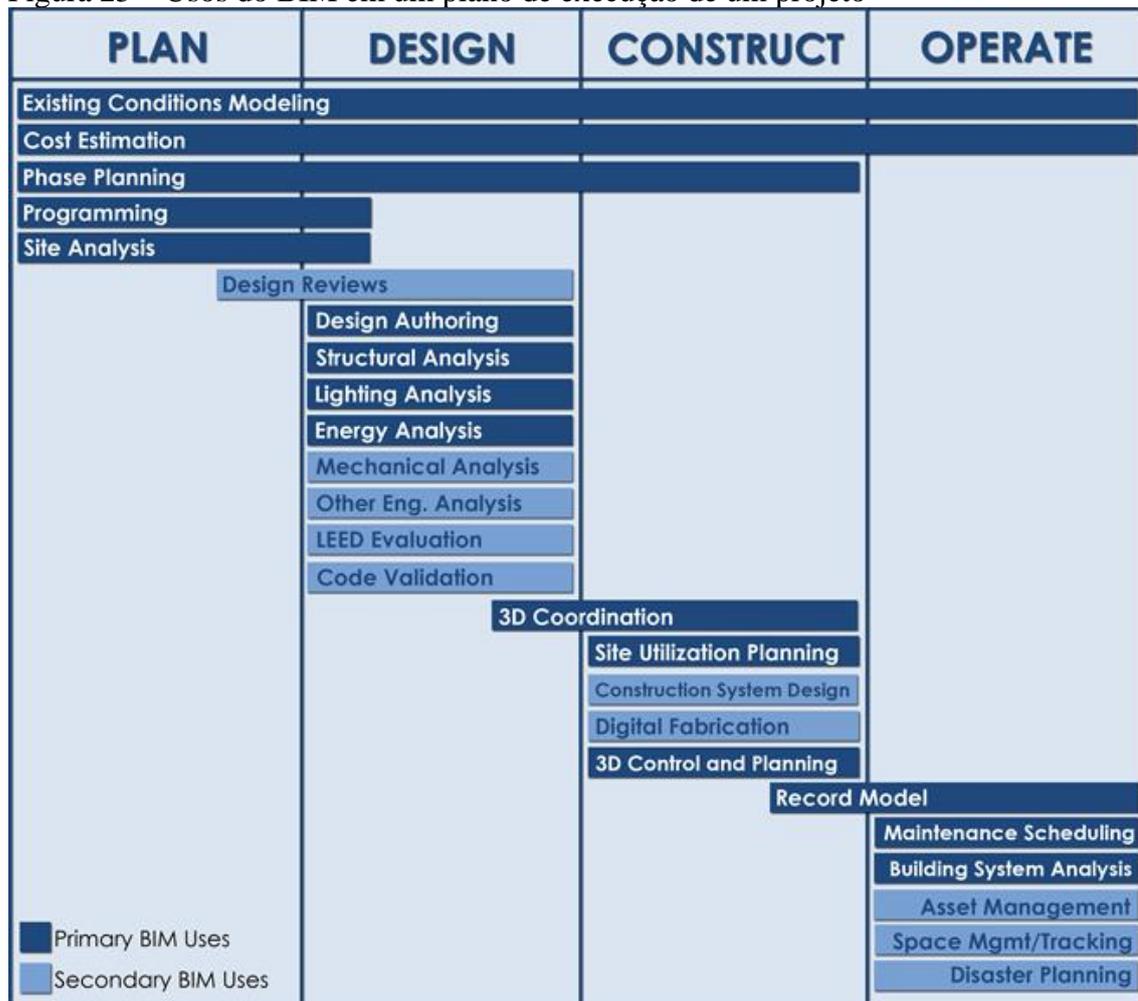
Fonte: Construtora virtual (2017)

### 2.3.6 Usos do BIM

Esta seção foi desenvolvida tendo por base a obra “BIM: Project Execution Planning Guide” elaborada por Kreider e Messner (2011), integrantes da Universidade Estadual da Pensilvânia, nos EUA.

Ao iniciar um projeto para a concepção de um novo empreendimento, primeiramente é interessante identificar os usos do BIM voltados às etapas de viabilização do mesmo, garantindo a eficiência de construção. A identificação dos usos tem como base as características do projeto, as metas e recursos dos participantes do negócio, bem como a necessidade de se realizar uma avaliação dos riscos de forma bem detalhada. Dessa forma, o BIM entra como auxiliador do processo. (KREIDER; MESSNER, 2013)

Figura 25 – Usos do BIM em um plano de execução de um projeto



Fonte: BIM Execution Planning PennState (2013)

Ao analisar a Figura 25, nota-se que os usos do BIM se dividem em quatro etapas: Planejamento, Projeto, Construção e Operação.

### 2.3.6.1 Plan (ou Planejamento)

A fase Existing Conditions Modeling (ou Modelagem das Condições Existentes) é caracterizada como um processo em que a equipe projetista desenvolve um modelo 3D das condições existentes para o canteiro, instalações ou para uma área específica. Para o desenvolvimento desse modelo, pode-se utilizar a tecnologia *laser scanning* ou técnicas de levantamento convencionais, dependendo da finalidade. O modelo serve para novos empreendimentos, ou para reformas de empreendimentos já existentes. As vantagens são significativas, como a melhoria da eficiência e precisão na documentação das condições

existentes e já avaliadas para usos futuros, obtenção de informações detalhadas sobre layout, entre outras.

A fase Cost Estimation (ou Estimativa de Custos) é caracterizada pela utilização do BIM para realizar quantitativos bastante precisos, além de auxiliar as estimativas de custos ao longo do ciclo de vida do empreendimento. Seu objetivo é que a equipe envolvida entenda os impactos no custo com mudanças que ocorrem ao longo de todo o empreendimento, a fim de reduzir esses custos. O efeito da redução é maior principalmente na fase inicial de um projeto, permitindo ganhos de tempo e de recursos financeiros. Entre suas vantagens estão a representação visual dos elementos de projeto, a quantificação mais precisa de materiais, a facilidade na tomada de decisões e a realização de estimativas de custos de uma forma mais rápida.

A fase Phase Planning (ou Planejamento de Etapas) conta basicamente com a adição da dimensão “tempo” ao modelo 3D já criado, ou seja, em algumas referências da literatura, é caracterizada como o BIM na dimensão 4D. É uma ferramenta bastante poderosa de visualização e comunicação, permitindo à equipe envolvida uma melhor compreensão do projeto e dos planos de execução. Como benefícios estão uma melhor compreensão do cronograma de atividades pelas equipes, visualização do caminho crítico de forma simplificada, identificação de conflitos espaciais de forma mais ágil, antes mesmo da etapa de execução, além do aumento da produtividade e de propósitos de marketing de uma construção mais sustentável.

A fase Programming (ou Programação) é realizada por meio de um software de análise espacial que avalia de forma eficiente e precisa o desempenho ou performance do projeto em relação aos requisitos espaciais, permitindo com que a equipe analise melhor a complexidade do uso de padrões e de regulamentos espaciais. O seu principal benefício é a avaliação eficiente e precisa do desempenho do projeto em relação aos requisitos espaciais.

A fase Site Analysis (ou Análise do Canteiro) é importante para avaliar as características de um determinado espaço e determinar se é adequada para a instalação do canteiro em um futuro próximo. Entre seus benefícios, pode-se determinar se o canteiro cumpre os requisitos exigidos (de projeto, técnicos, financeiros, etc).

### 2.3.6.2 *Design (ou Projeto)*

Na etapa de Projeto, as fases de Modelagem das Condições Existentes, Estimativa de Custos e Planejamento de Etapas continuam sendo realizadas. Além delas, outras fases se iniciam, como será demonstrado a seguir.

A fase Design Reviews (ou Revisão do Modelo) é iniciada ainda na etapa de planejamento, mas é na etapa de projeto que ela atinge maturidade. Ela começa quando os stakeholders envolvidos analisam um modelo 3D e fornecem comentários, ou feedbacks, para validação de múltiplos aspectos do projeto, como avaliação de requisitos espaciais, de iluminação, de estética, de ergonomia, de desempenho acústico, entre outros. Os mapeamentos virtuais podem ser realizados em vários níveis de detalhes, dependendo das necessidades do projeto. Como benefícios estão a eliminação de maquetes de construção tradicionais, revisões mais efetivas e eficientes dos modelos, maior dinamismo de comunicação entre proprietário, projetistas e equipes de construção, obtenção de feedbacks mais rápidos, melhor coordenação de projetos, entre outros.

A fase Design Authoring (ou Autoria do Projeto) inicia quando um software 3D é utilizado para desenvolver um modelo BIM que obedeça a critérios importantes definidos pelo usuário. As ferramentas de autoria criam modelos enquanto as ferramentas de auditoria e análise estudam ou elevam a riqueza de informações do modelo. Ferramentas de autoria são consideradas a chave que conecta o modelo 3D com um poderoso banco de dados de propriedades físicas dos componentes, quantidades e custos. Entre seus benefícios estão a elaboração de um modelo transparente para todos os stakeholders, o melhor controle sobre a qualidade e custos do projeto, entre outros.

A fase Energy Analysis (ou Análise da Eficiência Energética) ocorre com o auxílio de softwares de simulação da eficiência energética de um edifício. O objetivo principal é inspecionar o empreendimento em termos energéticos, buscando otimizá-lo e reduzir os custos do ciclo de vida do empreendimento. Entre seus benefícios estão: simular o comportamento real de um empreendimento, evitar perdas desnecessárias em termos energéticos, e otimizar o projeto, garantindo maior desempenho para a edificação.

A fase Structural, Mechanical, Other Eng. Analysis (ou Análise de Engenharia) é composta por análises de algumas disciplinas, como estruturas, arquitetura, instalações, entre outras. Essas ferramentas analisam o empreendimento como um todo, e realizam simulações, a fim de melhorar o desempenho e o consumo energético no ciclo de vida. Entre seus benefícios

está a automatização das análises, evitando-se perdas desnecessárias de tempo e, conseqüentemente, aumentos de custos.

A fase *Lightning Analysis* (ou Análise da Luminosidade) é realizada por meio de softwares que determinam o comportamento de um determinado sistema de iluminação, podendo incluir análises de iluminação natural e artificial. O uso dessa ferramenta permite a realização de simulações para melhorar o desempenho do projeto a ser executado. Como principais benefícios estão: ganhos de tempo, não havendo necessidade de criar modelos extras, além de melhorias proporcionadas por análises mais rigorosas.

A fase *LEED Evaluation* (ou Análise de Sustentabilidade) é avaliada com base no sistema *Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)*, entre outros critérios sustentáveis. A aplicação de ferramentas sustentáveis ao projeto em fases iniciais produz maior efeito, ou maior capacidade de impactar o projeto, tornando-se também mais eficientes na redução de custos e na elaboração de cronogramas de decisões mais precisos. Como benefícios estão a facilidade de interação entre as equipes envolvidas, permitindo a elaboração de projetos cada vez mais sustentáveis, a redução de custos operacionais em relação ao desempenho energético do projeto, além de servir como ferramenta de marketing, pois conceitua positivamente a empresa, devido a sua preocupação com o meio ambiente.

A fase *Code Validation* (ou Validação por Código) é utilizada para verificar parâmetros do modelo em relação às características específicas a cada projeto. Essa fase ainda está sendo aprimorada, por ser bastante recente, no entanto, à medida que ferramentas de verificação do modelo são desenvolvidas, e softwares de conformidade são aprimorados, a validação por códigos se tornam cada vez mais importantes no desenvolvimento do projeto. Entre seus benefícios, pode-se citar a automatização da verificação de conformidades do modelo, a diminuição da chance de ocorrerem erros, a diminuição do tempo de entrega do projeto, devido a menor necessidade de revisões de projeto, entre outros.

### 2.3.6.3 *Construct (ou Construção)*

Na etapa de Construção, as fases de Modelagem das Condições Existentes, Estimativa de Custos e Planejamento de Etapas continuam em vigor. Além delas, outras fases se iniciam, conforme apresentadas abaixo.

A fase *3D Coordination* (ou Coordenação 3D) é composta pela detecção de erros por meio de softwares que dispõem do recurso “*Clash Detection*”, ou verificação de

inconsistências e incompatibilidades. A fase se inicia ainda na etapa de projeto, determinando conflitos que levariam a problemas em campo, caso os mesmos não fossem corrigidos ainda nessa mesma etapa. Já na fase da construção, essa fase atinge a maturidade, verificando se o empreendimento está sendo construído de forma correta e se não há o surgimento de novos conflitos. Como benefícios, pode-se citar a coordenação do projeto através de um modelo interativo, a redução de conflitos em campo, bem como a redução de custos desnecessários por meio de retrabalhos, e o aumento da produtividade na construção.

A fase Site Utilization Planning (ou Planejamento de Usos do Canteiro) é utilizada para aspectos logísticos e gerenciais do canteiro de obra. Ela permite classificar as instalações como permanentes ou temporárias. Além disso, ela também pode ser associada ao cronograma de atividades. Como benefícios há a geração de um modelo eficiente de gerenciamento do canteiro para instalações temporárias e permanentes, por exemplo, definindo áreas de recebimento de materiais ou de montagem de peças, entre outras, além de poder identificar conflitos espaciais, evitando-os.

A fase Construction System Design (ou Projeto do Sistema Construtivo) é caracterizada como um processo em que softwares de modelagem 3D são utilizados para projetar e analisar a construtibilidade de modelos complexos, por exemplo, trabalhando a geometria das estruturas, oferecendo características mais orgânicas às formas, entre outras, a fim de melhorar o planejamento durante a execução. Como benefícios estão a possibilidade do aumento da complexidade do modelo, oferecendo uma maior riqueza de detalhes, o aumento da produtividade durante a construção, e a redução de conflitos que ocorreriam naturalmente devido problemas de interpretação de modelos mais complexos.

A fase Digital Fabrication (ou Fabricação Digital) é um processo em que se utiliza informações codificadas para facilitar a fabricação de materiais, como cortes de chapas de aço, ou a realização de montagens. Essa fase contribui para a redução de inconsistências após a etapa de fabricação, além de contribuir gerando uma baixa quantidade de resíduos. Como benefícios, permite-se que haja a minimização de erros durante a fabricação, além do aumento da produtividade na fabricação.

A fase 3D Control and Planning (ou Controle e Planejamento 3D) utiliza um modelo para a realização de montagens ou contribuindo para a automatização de equipamentos. O modelo funciona por meio de um sistema de pontos que auxilia no planejamento, criando, por exemplo, um layout da montagem em campo. Ele permite que alguns equipamentos, como estações totais ou sistemas Global Positioning System (GPS), determinem se a profundidade de

uma escavação foi realizada corretamente. Entre seus benefícios estão a diminuição de erros de layout relacionadas a um sistema de coordenadas, o aumento da eficiência e da produtividade, ao diminuir o tempo gasto em campo, a redução da necessidade de retrabalho, devido a um maior controle do processo, além da eliminação de barreiras linguísticas entre os profissionais envolvidos no processo.

A fase Record Modeling (ou Modelagem de Registros) utiliza um modelo de registro que contém informações sobre os principais elementos arquitetônicos, estruturais e MEP. A fase é considerada crucial entre as etapas de construção e operação. Ela permite o registro do modelo As-Built, a fim de garantir que ele fique disponível para futuros usos. Como benefícios, pode-se gerar novos modelos 3D mais facilmente para serem utilizados em futuros empreendimentos, devido a permissão para visualizar modelos mais antigos, além de facilitar a orientação para futuras reformas nessas edificações.

#### *2.3.6.4 Operate (ou Operação)*

Na etapa de Operação, as fases de Modelagem das Condições Existentes, Estimativa de Custos e Planejamento de Etapas continuam sendo executadas, mostrando a importância dessas fases durante todo o processo de concepção, construtibilidade e operação do empreendimento.

Quanto a fase Modelagem de Registros, ela é iniciada ao final da etapa de Construção, sendo um elo importante para o início da etapa de Operação.

A fase Maintenance Scheduling (ou Agendamento de Manutenções Preventivas), relaciona-se à inspeção da estrutura (paredes, piso, telhados, etc) e das instalações (mecânica, elétrica, etc) da edificação, onde são mantidas durante todo o ciclo de vida operacional do empreendimento. Dessa forma, um programa de manutenção bem-sucedido irá garantir um bom funcionamento do edifício, estabelecendo rotas de acesso facilitado às máquinas, reduzindo a necessidade de reparos, bem como seus gastos. Entre seus benefícios estão o acompanhamento mais detalhado do histórico de manutenção do edifício, a redução da necessidade de reparos corretivos de manutenções, além do aumento da produtividade da equipe de manutenção, pois o sistema é mais facilmente compreendido.

A fase Building Systems Analysis (ou Análise dos Sistemas Construtivos) mede o desempenho de um edifício, e o compara com um modelo especificado pelo usuário. A análise inclui o estudo de fachadas ventiladas, o estudo solar, entre outros aspectos. O seu maior

benefício é verificar se o prédio está funcionando de acordo com o especificado em projeto, por exemplo, se está em conformidade com padrões sustentáveis.

A fase Asset Management (ou Gestão de Ativos) auxilia no planejamento ao ser vinculada ao modelo de registros, facilitando processos de manutenção e de operação do edifício e de seus ativos. Os ativos, conectam a estrutura física do prédio ao ambiente o qual ele está inserido, e a equipamentos que devem ser geridos em manutenções, auxiliando a tomada de decisões financeiras no planejamento de curto e longo prazo, e no gerenciamento de atividades programadas, como manutenções preventivas. Como benefícios estão a geração de manuais de manutenção para os proprietários, especificando materiais utilizados, tornando mais fácil o acesso a esses materiais, além de permitir a avaliação das condições das instalações, como visualizar garantias, dados dos fabricantes, entre outros registros.

A fase Space Management / Tracking (ou Gestão de Espaços / Rastreamento) é composta por um processo no qual o BIM é utilizado para gerenciar e rastrear os espaços mais apropriados, avaliando recursos disponíveis para a construção. Um modelo de análise da construtibilidade permite aos gestores a análise do empreendimento, sugerindo as mudanças necessárias. Essa fase garante a alocação adequada dos espaços durante todo o ciclo de vida do empreendimento. Quando combinado a um modelo de registros, pode-se obter modelos ainda mais complexos. Como benefícios, há a possibilidade de identificar e alocar mais facilmente espaços, protegendo o meio ambiente ao tornar mais eficiente e sustentável o uso de determinado local.

Por fim, a fase Disaster Planning (ou Planejamento de Desastres) facilita a obtenção de respostas em situações de emergência, possibilitando acesso a informações críticas da construção por meio de modelos já criados. O BIM entra no processo facilitando a obtenção de informações críticas, minimizando riscos em relação à segurança. As informações são obtidas por meio de um sistema de automação da construção, a partir de dados definidos durante a concepção. Entre seus benefícios estão a análise de rotas de fuga mais eficientes, em situações de emergência, o fornecimento de informações de forma mais precisa a certos profissionais que agem em situações emergenciais, como bombeiros ou policiais, e a maior velocidade de respostas em situações de emergência, oferecendo menores riscos aos proprietários.

### 3 METODOLOGIA

O desenvolvimento deste trabalho contará com a participação de 5 empresas, todas voltadas ao estudo de caso que será analisado.

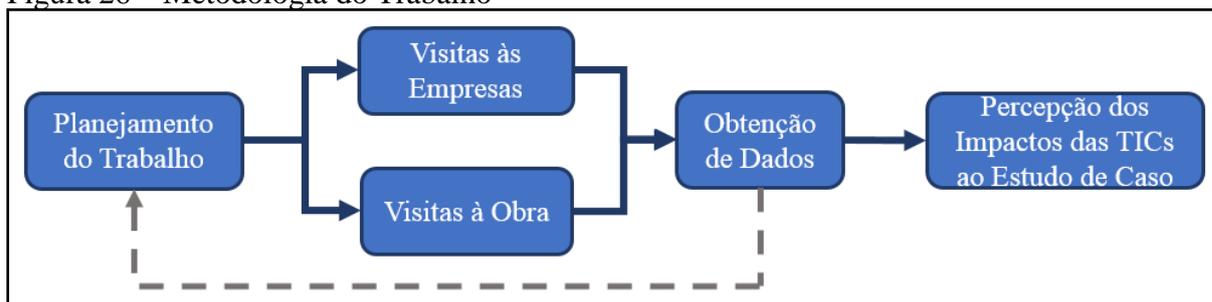
Entre as empresas, estão:

- a) Empresa A: Escritório de cálculo de estruturas de aço e vidro. Bastante referenciado no Brasil por suas obras contemporâneas, seguras e econômicas, o escritório conta com diversos clientes, tanto nacionais como estrangeiros;
- b) Empresa B: Empresa de soluções de planejamento da produção voltada à construção. Possui grande experiência nas áreas de gestão de obras, orçamentos, planejamento e controle da produção. Por meio do BIM realiza compatibilização entre projetos de diferentes disciplinas, planejamento de fluxos físicos, extração de quantitativos e planejamento da produção;
- c) Empresa C: Escritório de arquitetura. Conhecido por suas obras ousadas, com grande liberdade arquitetônica ao utilizar formatos orgânicos, que desafiam muitas vezes aspectos estruturais;
- d) Empresa D: Escritório de instalações hidrossanitárias, incêndio, entre outras. Com grande experiência em diversas obras já projetadas, o escritório utiliza softwares BIM para a modelagem de instalações em empreendimentos;
- e) Empresa E: Construtora da obra do estudo de caso. Empresa renomada, havendo construído milhares de metros quadrados em diversas localidades do Brasil, a construtora buscou inovar ao aderir às metodologias BIM para construir obras cada vez mais complexas e estimular o desenvolvimento da indústria AEC.

O estudo de caso envolverá um empreendimento comercial ainda em fase de construção, localizado em um grande centro comercial de Fortaleza–CE. No estudo serão analisadas as etapas desde a concepção do empreendimento até a estimativa de uso do mesmo durante a operação.

Visitas foram realizadas às empresas listadas, buscando obter informações sobre a utilização do BIM pelas mesmas, além de visitas técnicas à obra estudada, a fim de compreender melhor os impactos causados com o advento dessas tecnologias.

Figura 26 – Metodologia do Trabalho

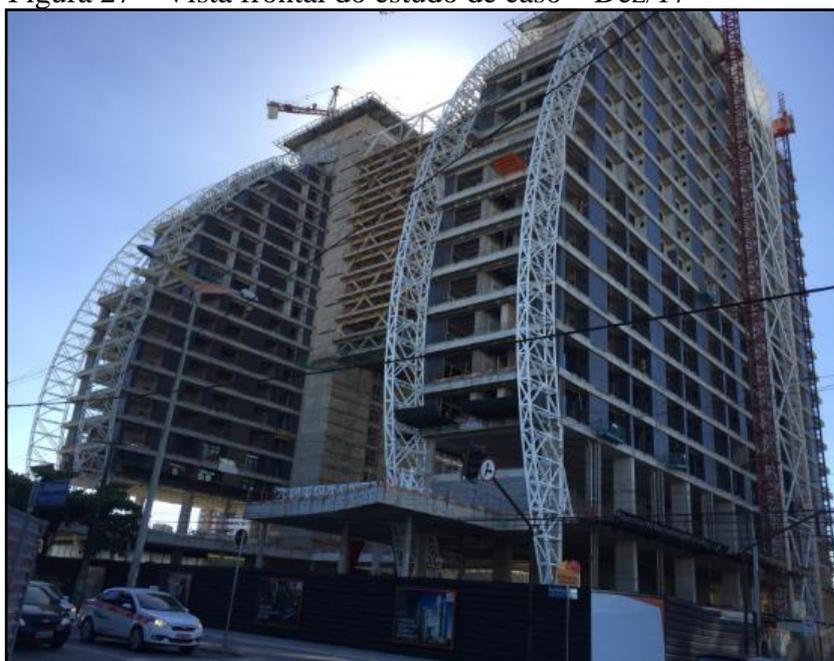


Fonte: Autoria própria

### 3.1 Descrição do estudo de caso

O objeto do estudo de caso, lançado em novembro de 2014, é caracterizado por ser o primeiro edifício comercial localizado em Fortaleza–CE com conceito A+, devido ao uso de avançadas tecnologias e inovações aplicadas à estética, à acessibilidade, à sustentabilidade, ao conforto, à funcionalidade e à segurança. Grande parte dessas inovações foram planejadas e estão sendo executadas com o auxílio das TICs e de modelos em BIM, justificando a escolha do empreendimento como o objeto do estudo de caso para a análise dos impactos proporcionados por essas tecnologias. Os modelos utilizados no empreendimento possuem elevado nível de complexidade, sendo bastante precisos, a fim de evitar inconvenientes que gerem custos desnecessários ao empreendimento.

Figura 27 – Vista frontal do estudo de caso – Dez/17



Fonte: Autoria própria

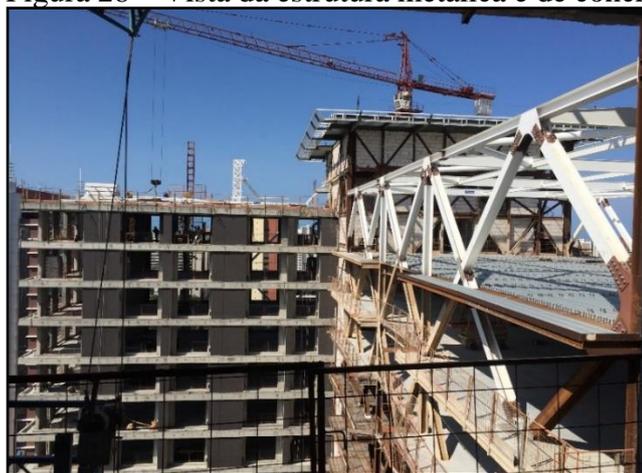
Em relação ao seu design, suas duas torres estruturadas em concreto foram inspiradas na vela de uma jangada, símbolo que representa o estado do Ceará. Essas torres são interligadas por uma estrutura metálica, criando um vão livre com cerca de 35 metros, permitindo a existência de uma praça público-privada, na área de lazer do empreendimento.

O empreendimento conta com mais de 1000 vagas para veículos, dispostas em 6 níveis de subsolo, onde o primeiro nível terá pé-direito elevado para facilitar processos de descargas. A garagem contará com 3 vias de acesso e ainda haverá um bicicletário para facilitar a integração do usuário com a via.

Em relação à sustentabilidade, o empreendimento contará com algumas características inovadoras, dentre elas:

- a) Pré-certificação LEED;
- b) Vidros da fachada reflexivos de alta performance com tratamento UV;
- c) Elevadores com Sistemas de Recuperação de Energia Cinética (KERS), gerando redução de até 40% de energia consumida;
- d) Aproveitamento das águas de ares-condicionados para irrigação de áreas verdes;
- e) Vagas exclusivas para carros elétricos (ou Green Parking);
- f) Espaço para coleta seletiva de resíduos nos pavimentos tipo;
- g) Utilização de lâmpadas e luminárias de autorrendimento com baixo consumo.

Figura 28 – Vista da estrutura metálica e de concreto – Nov/17



Fonte: Autoria própria

Em relação ao conforto e funcionalidade, o empreendimento contará com alguns recursos, como:

- a) 25 elevadores com velocidade de movimentação de 3 metros por segundo;
- b) Salas com flexibilidade em modulação e baixo custo em manutenção;

- c) 8 pavimentos com lajes corporativas localizadas na ponte de ligação entre as torres, criando um grande vão sobre a praça central;
- d) Sky Lounge com dois helipontos e jardim panorâmico.

Figura 29 – Vista de pavimento tipo da laje corporativa – Nov/17



Fonte: Autorial própria

Por fim, em relação à segurança e inovação, o empreendimento contará com alguns recursos, entre eles:

- a) Avançado centro de supervisão predial;
- b) Sistema de extração de fumaça, o que garante maior tempo de evacuação em caso de incêndio;
- c) Sistema de telecomunicação com acesso a fibra óptica.

Figura 30 – Vista aproximada da obra – Nov/17



Fonte: Autorial própria

## **3.2 Descrição da pesquisa**

Este tópico estará dividido em cinco seções principais: na primeira será contemplado o processo de realização das entrevistas, demonstrando os questionários aplicados às empresas envolvidas no estudo de caso. Na segunda será abordado o processo que permitiu entender as funcionalidades do BIM que estão sendo utilizadas pelas empresas entrevistadas. Na terceira e na quarta seção serão explanados como foram obtidas informações sobre aplicações práticas do BIM na obra, bem como em relação aos seus usos, respectivamente. Por fim, na última seção, será discutido o método de estudo utilizado para prever e entender quais as expectativas do BIM para os anos futuros.

### ***3.2.1 Processo de realização das entrevistas***

Para atender aos objetivos e as questões de pesquisa do presente trabalho, inicialmente foi proposta a elaboração de um questionário para obter informações sobre como o BIM vem sendo utilizado pelas empresas envolvidas no estudo de caso, a partir de entrevistas presenciais realizadas com profissionais qualificados dessas empresas. O questionário é composto por diversas perguntas, entre discursivas e objetivas.

#### ***3.2.1.1 Modelos dos questionários aplicados***

As perguntas objetivas foram feitas com o intuito de tentar padronizar o questionário para a obtenção de respostas mais uniformes entre as empresas envolvidas. Já as perguntas discursivas foram feitas para dar uma maior liberdade ao entrevistado, ou seja, para perceber uma maior quantidade de detalhes que serão interessantes para compreender melhor como o BIM foi aplicado no estudo de caso.

Por meio desses questionários é interessante perceber qual a maturidade que a empresa analisada possui em relação ao BIM, a fim de entender a importância dessa filosofia para a empresa, quais os conceitos, os usos e suas expectativas para as futuras obras ou projetos.

Os modelos dos questionários aplicados se encontram ao final do presente trabalho como Apêndices A e B.

### **3.2.2 Funcionalidades do BIM utilizadas pelos envolvidos**

Para cada entrevistado foi aplicado um “*check-list*” que identificava as funcionalidades do BIM que cada empresa já estava adotando, a fim de compreender melhor em qual grau cada uma estava em relação a implantação do BIM.

### **3.2.3 Exemplos práticos do BIM no empreendimento estudado**

Foram solicitadas às empresas entrevistadas exemplos práticos de aplicação do BIM na obra estudada, buscando informações e ilustrações que permitissem entender como a modelagem em BIM contribuiu positivamente para o estudo de caso, principalmente em relação à antecipação na tomada de decisão.

### **3.2.4 Os usos do BIM no empreendimento estudado**

Em seguida, ainda por meio de entrevistas realizadas às empresas envolvidas, buscou-se compreender melhor os usos do BIM no empreendimento analisado, conforme proposto por Kreider e Messner (2011) no Capítulo das Referências Bibliográficas, para as etapas de concepção, de projeto e de construção, e quais as expectativas de uso para a fase de operação, a qual será iniciada após a conclusão da obra.

### **3.2.5 Expectativa do BIM para os anos futuros**

Com o objetivo de aprofundar o tema, visualizando os impactos do BIM nos mais diversos ambientes, entre escritórios de diferentes disciplinas, construtoras, etc, e seus assuntos mais estudados na atualidade, foi desenvolvido um estudo bibliométrico, buscando visualizar tendências em linhas de pesquisas sobre o futuro do BIM por meio da análise de trabalhos já desenvolvidos no mesmo âmbito, tanto em ambiente nacional, como estrangeiro. É interessante perceber que este trabalho não tem como objetivo propor um estudo bibliométrico aprofundado, mas apenas visualizar como o BIM vem sendo utilizado no Brasil e em outros países, buscando entender quais as suas perspectivas de uso.

Para a análise das publicações nacionais, escolheu-se estudar o Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC), promovido bienalmente pela Associação

Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC). Para complementar a análise, também foram consultadas publicações da revista *Gestão e Tecnologia de Projetos*, uma revista científica voltada a práticas inovadoras relacionadas aos processos e tecnologias de projetos em arquitetura, engenharia e design, gerida pela Universidade de São Paulo (USP).

Foram identificados diversos artigos publicados nos anais do ENTAC a partir da data em que foram encontrados artigos que continham em seu título a palavra “BIM”, ou seja, entre os anos de 2010 e 2016. Vale ressaltar que todos os trabalhos que realizavam algum tipo de análise utilizando a metodologia BIM em relação ao ambiente construído, quer seja voltado a projetos (arquitetônicos, estruturais, MEP, eficiência energética, etc) ou ao campo (obras, estudos de caso, etc) foram incluídos a esse estudo. Do mesmo modo foram identificadas as publicações da revista *Gestão e Tecnologia de Projetos*, no entanto, em um período compreendido entre os anos de 2009 e 2017.

Após a identificação dos trabalhos, foi desenvolvida uma metodologia específica, tomando como base alguns métodos já utilizados pelos autores Cândido, Barreto e Barros Neto (2014); Pithan *et al.* (2005); e Vasconcelos *et al.* (2013) para sua análise e interpretação, uma vez que não era objetivo do estudo realizar tão somente uma análise bibliométrica e sim estudar e entender qual a expectativa do BIM para os anos seguintes. Sendo assim, foram estabelecidos 4 critérios para análise, sendo eles:

- a) Quantidade de artigos publicados;
- b) Ambiente estudado;
- c) Assunto estudado;
- d) Local de atuação dos autores/coautores.

Para a análise das publicações estrangeiras, escolheu-se estudar as publicações do International Group for Lean Construction (IGLC). Grupo fundado em 1993, sendo constituído por uma extensa rede de profissionais e pesquisadores AEC que sentem a necessidade de que pesquisas sejam constantemente realizadas, para atender cada vez mais aos desafios da construção civil que vão surgindo diariamente. Assim, foram analisados diversos artigos publicados nos anais do IGLC a partir da data em que foram encontrados artigos que continham em seu título a palavra “BIM”, ou seja, entre os anos de 2011 e 2017.

Após identificar estes trabalhos, foi desenvolvida uma metodologia específica similar às publicações nacionais para sua análise e interpretação, objetivando ao final do trabalho, realizar uma comparação entre o cenário nacional e estrangeiro.

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 Respostas dos questionários aplicados às empresas envolvidas**

#### **4.1.1 Empresa A**

Na Empresa A, voltada ao ramo de projetos estruturais em estruturas metálicas, o questionário foi aplicado ao engenheiro e diretor da empresa. Os resultados se encontram no Apêndice C e no Apêndice D, ao final do presente trabalho.

#### **4.1.2 Empresa B**

Na Empresa B, voltada a desenvolver soluções de planejamento da produção relacionadas à construção, o questionário foi aplicado à diretora BIM da empresa. Os resultados se encontram no Apêndice E e no Apêndice F, ao final do presente trabalho.

#### **4.1.3 Empresa C**

Na Empresa C, voltada ao projeto de arquitetura, o questionário foi aplicado à arquiteta e coordenadora de projetos da empresa. Os resultados se encontram no Apêndice G e no Apêndice H, ao final do presente trabalho.

#### **4.1.4 Empresa D**

Na Empresa D, voltada aos projetos de instalações, o questionário foi aplicado ao projetista de instalações hidráulicas e sanitárias da empresa. Os resultados se encontram no Apêndice I e no Apêndice J, ao final do presente trabalho.

#### **4.1.5 Empresa E**

Na Empresa E, construtora que está executando o empreendimento estudado, o questionário foi aplicado a engenheira de planejamento da obra analisada. Os resultados se encontram no Apêndice K e no Apêndice L, ao final do presente trabalho.

## **4.2 Comparativo entre as respostas das empresas entrevistadas**

Inicialmente, percebe-se que, em geral, as empresas estão em fase inicial de implantação da metodologia BIM e, para muitas, o estudo de caso foi o primeiro exemplo de utilização do BIM.

### **4.2.1 Questionários de perguntas objetivas**

Foi percebido que em todas houve incentivo de superiores em qualificar seus funcionários em relação à utilização da metodologia BIM, caracterizando-se como uma tendência real e cada vez mais presente no dia a dia.

Em relação a fácil adesão à essa nova metodologia, visualizou-se que em algumas isso ocorreu, mas não com um grau de satisfação máximo, pois em grande parte das empresas, percebeu-se que ainda haviam muitos projetos que estavam sendo desenvolvidos por metodologias mais antigas, caracterizando-se como um empecilho à adesão total dos colaboradores.

A maioria das empresas afirmou ter havido a elaboração de um plano para controle do tempo, pessoas, custos e riscos, para gerenciar a implantação da nova metodologia, a fim de se otimizar processos e evitar perdas de tempo e recursos financeiros.

Em algumas empresas, os processos de trabalho se encontram bem definidos e em operação, no entanto, há algumas que preferiram manter a neutralidade por acreditarem que nem todos os colaboradores da empresa estejam familiarizados com essas tecnologias.

Todas as empresas afirmaram estar atentas aos novos recursos que são disponibilizados a cada ano, buscando implementar esses recursos.

Notou-se também que é bastante comum a utilização dos recursos BIM em reuniões com clientes, pois os entrevistados concluíram que as ferramentas facilitam a compreensão dos projetos.

Em relação à utilização dos recursos BIM para a visualização 3D dos projetos, essa foi a funcionalidade primordial a qual às empresas caracterizam a adoção do BIM como um diferencial.

Todas as empresas afirmaram estar utilizando diretamente ou indiretamente a metodologia BIM para a compatibilização de projetos.

Todas as empresas concordaram que o BIM proporciona a redução de erros e de retrabalho, otimizando o tempo e os processos.

A maioria das empresas afirmou que utiliza o BIM para a obtenção de quantitativos. Já em relação à elaboração de orçamentos, muitas ainda não conseguem utilizar as ferramentas BIM para a realização desse processo com plenitude.

Algumas das empresas dizem utilizar o BIM para a simulação da produção, visando a racionalização dos recursos. No entanto, há outras que não conseguem perceber essa relação no dia a dia da empresa.

A maioria das empresas se manteve de forma neutra em relação ao uso do BIM para a simulação e operação das edificações, pois como essa metodologia tem sido utilizada apenas nos empreendimentos mais recentes, e que ainda não foram entregues, esse resultado ainda não pode ser facilmente visualizado.

A maioria das empresas utiliza uma base de indicadores para medir a melhoria da qualidade e da produtividade em função da utilização do BIM, percebendo-se alguns ganhos relevantes, os quais ainda serão expostos neste trabalho, ao se optar por essa metodologia.

A maioria das empresas entende que o BIM proporciona melhoria da definição do projeto no momento das vendas, facilitando o processo.

A maioria das empresas afirmou que o BIM não proporciona ganhos de receita, pelo contrário, muitas encaram ainda essa metodologia como bastante onerosa, não sendo possível, a curto prazo, visualizar esses ganhos financeiros.

Apesar de ser caracterizada como uma metodologia bastante dispendiosa, grande parte das empresas afirmaram que o BIM tem diminuído os custos indiretos, percebendo uma grande oportunidade para obtenção de ganhos financeiros a longo prazo.

Todas concordaram que a imagem de sua respectiva empresa frente aos empreendedores melhorou bastante após a utilização do BIM, principalmente devido aos recursos tridimensionais que são proporcionados por essa metodologia, passando uma maior segurança no momento das vendas.

Apesar de alguns pontos negativos e que ainda ficaram a desejar, todas as empresas concordaram que o BIM tem satisfeito algumas necessidades importantes, e que antes do seu uso não eram atendidas.

#### 4.2.2 Questionários de perguntas discursivas

Em relação às perguntas discursivas, percebe-se que para muitas empresas o BIM é visto como uma metodologia bastante positiva, no entanto, muitas possuem uma visão limitada do que significa essa metodologia, confundindo e restringindo muitas vezes a alguma funcionalidade proporcionada, como identificação de conflitos e visualização 3D.

Em todas elas, notou-se que a iniciativa de introduzir o BIM na empresa partiu da diretoria, pois foi percebida a forte tendência ao uso dessa metodologia, caracterizando-se quase como uma necessidade de mercado, ou seja, a necessidade de inovar e de se modernizar.

Segundo os entrevistados, as principais barreiras ao aderir à metodologia são: custos, pois ainda são bastante onerosos; ausência de tempo, impossibilitando treinar toda a equipe de forma eficiente; treinamentos ineficientes, devido à falta de disponibilidade de treinamentos específicos que facilitem o entendimento dessa nova metodologia; espera, causada pela demora de alguns projetistas ao gerarem feedbacks, devido muitos ainda estarem se habituando à essas tecnologias; e ausência de mão de obra especializada, ou seja, profissionais capacitados à utilizarem as novas tecnologias.

Em relação aos processos que para elas foram mais os dispendiosos estão: compra de software, compra de equipamentos e treinamentos das equipes.

Quanto a verificação automática de normas técnicas em softwares que utilizam a metodologia BIM, muitos afirmaram desconhecer, mas acharam a ideia interessante.

Em relação às vantagens ao se utilizar o BIM estão: antecipação na tomada de decisões, visualizando mais facilmente possíveis problemas que possam vir a ocorrer; verificação de conflitos; melhorias na compreensão de projetos; ganhos de produtividade; extração de quantitativos mais precisos; e simulação 4D (tempo) do empreendimento.

Em relação às principais desvantagens e o que poderia ser melhorado estão: custo de implantação, pois ainda é bastante onerosa; interoperabilidade entre ferramentas BIM entre as empresas, sendo necessária algumas vezes a criação de novos modelos para a visualização de “*clashes*”, ocasionando perdas de produtividade; automatização dos modelos, ou seja, processos que deixem a criação de modelos de forma mais automatizada, evitando-se perdas de produtividade em alguns processos da modelagem; e necessidade de melhorias na representação impressa, pois algumas julgaram necessárias utilizar softwares que não fazem parte da metodologia BIM para realizar modificações e facilitar a visualização das pranchas.

Por fim, em relação à perspectiva do uso do BIM para os próximos anos, apesar de algumas delas não terem respondido, devido às incertezas, a maioria encara essa metodologia como uma forte tendência à utilização nos próximos anos, visualizando a total adesão de empresas AEC no longo prazo.

### 4.3 Funcionalidades BIM adotadas pelas empresas envolvidas no estudo de caso

As funcionalidades BIM mais comumente utilizadas foram perguntadas às empresas tomando como base o material desenvolvido no Capítulo da Revisão Bibliográfica do presente trabalho.

Quadro 3 – Check-list Funcionalidades BIM

FUNCIONALIDADES BIM					
	A	B	C	D	E
Visualização em 3D	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Ensaio de obra no computador	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Extração automática de quantitativos em projetos	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Simulações e ensaios virtuais	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Identificação automática de interferências (geométricas e funcionais)	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Regras de verificação	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Geração de documentos mais consistentes e íntegros	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Facilidade em desenvolver projetos e executar construções mais complexas	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Percepção do processo de industrialização na construção	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Laser scanning	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Análises de construtibilidade	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Desenvolvimento de maquetes eletrônicas	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Registro e controle visual de diferentes versões dos modelos	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Verificação de condições para acesso a certos locais durante manutenções	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Coordenação e controle de contratados	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Rastreamento e controle de componentes	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Processos de gestão de ativos	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Fabricação digital	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Verificações de locações e níveis de obra	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde

Fonte: Autoria própria

No Quadro 3, a coloração verde foi usada para representar as funcionalidades adotadas pelas empresas entrevistadas, enquanto a coloração vermelha para representar as funcionalidades que não são adotadas pelas mesmas. No entanto, algumas das funcionalidades

por não serem aplicáveis a alguns tipos de empresas, já que envolviam tanto escritórios de projetos, como a própria construtora, foi definido que para essa situação a coloração cinza representaria as funcionalidades “não aplicáveis”. Por fim, a coloração amarela foi escolhida para caracterizar algumas funcionalidades que não são utilizadas atualmente pelas empresas, mas que ainda se espera utilizar no estudo de caso.

Por meio desses dados, percebeu-se, de forma bem simples, ou seja, sem utilizar matrizes de maturidade, alguns níveis de maturidade que as empresas possuíam em relação à utilização do BIM. Dessa forma, uma empresa que possui um alto nível de maturidade significa que já está bem familiarizada com os recursos (ou funcionalidades) proporcionados pelo BIM, utilizando-os em seu dia a dia, enquanto isso, uma empresa que possui um baixo nível de maturidade, significa que está em processo inicial de implantação e de utilização dessa metodologia.

Para definir esses níveis de maturidade, adotou-se como parâmetro a quantidade de funcionalidades utilizadas e não-utilizadas, compondo as 3 classes listadas a seguir:

- a) Baixo nível de maturidade: a partir de seis funcionalidades não utilizadas dentre as possíveis;
- b) Médio nível de maturidade: entre três e cinco funcionalidades não utilizadas dentre as possíveis;
- c) Alto nível de maturidade: até duas funcionalidades não utilizadas dentre as possíveis.

É importante perceber que para a classificação do nível de maturidade das empresas, conforme apresentado no Quadro 4, as funcionalidades marcadas com a coloração amarela foram classificadas como “funcionalidades utilizadas”, com o objetivo de facilitar essa classificação, já que é bastante provável a sua implementação.

**Quadro 4 – Nível de maturidade das empresas envolvidas**

VERIFICAÇÃO DO NÍVEL DE MATURIDADE DAS EMPRESAS EM RELAÇÃO A UTILIZAÇÃO DE METODOLOGIAS BIM

Empresa	Nível de maturidade		
	Baixo	Médio	Alto
A		X	
B			X
C	X		
D	X		
E		X	

Fonte: Autoria própria

## **4.4 Exemplos práticos de aplicação BIM no estudo de caso**

O material a seguir foi desenvolvido com o auxílio da empresa de soluções de planejamento da produção voltada à construção (Empresa B), envolvido no estudo de caso. A empresa recebeu os projetos de todas as disciplinas para a realização da compatibilização, estudando e adequando os projetos, principalmente em termos financeiros e de produtividade.

### **4.4.1 Planejamento do canteiro de obra**

A fase do “planejamento do canteiro de obra” iniciou na etapa de planejamento, estendendo-se pelas etapas de projeto e construção. As atividades que envolveram essa fase foram:

a) Definição de fluxo de transporte de materiais e pessoas:

A atividade envolveu processos logísticos de recebimento e de armazenamento de materiais, bem como a alocação da mão de obra. Ao final de cada expediente de trabalho, procurou-se orientar a distribuição de materiais da forma mais adequada possível, a fim de evitar perdas de produtividade, bem como para manter o canteiro de obras limpo e organizado. Ela foi bastante importante para a redução de tempo e de custos relacionados à movimentação de recursos;

b) Locação das instalações provisórias e equipamentos:

O maior ganho dessa atividade foi a eliminação de interferências que poderiam ocorrer em relação às instalações provisórias durante a etapa de construção ou execução da obra;

c) Simulação 4D da movimentação do canteiro:

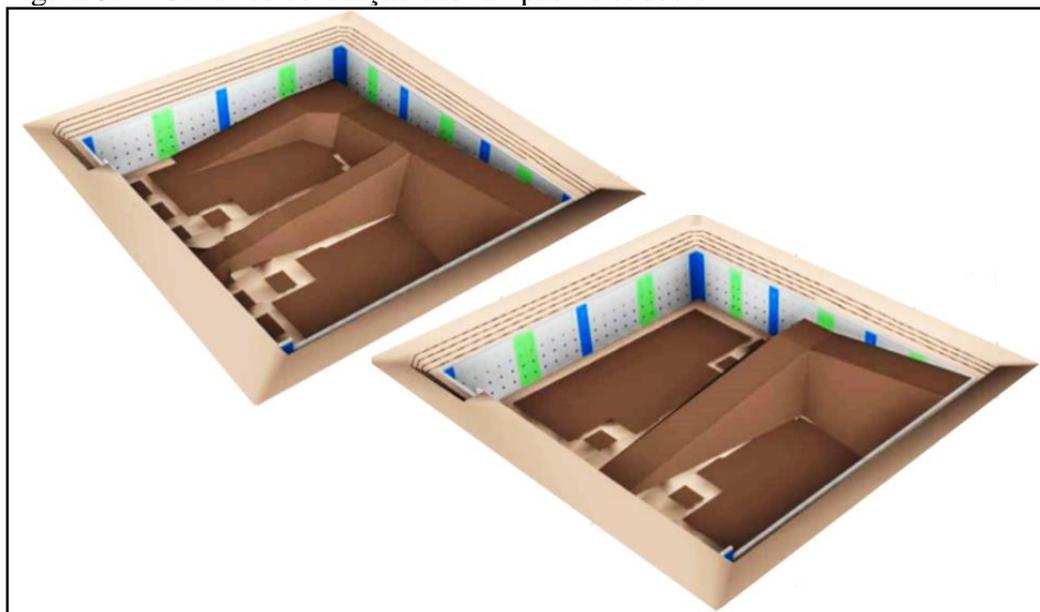
Para o processo de simulação 4D, foi acrescido a dimensão “tempo” por meio do cronograma de atividades da obra, realizou-se então a construção virtual do empreendimento visualizando o funcionamento da obra como um todo. A realização dessa atividade foi bastante útil para remoções precoces de interferências que viriam a ocorrer, caso não fossem corrigidas ainda na etapa de planejamento ou projeto, durante a etapa de construção.

#### 4.4.2 *Movimentação de terra*

Os recursos BIM também foram muito importantes para estudos envolvendo a etapa de escavação. Devido à alta complexidade de execução dos subsolos da obra, por ser uma escavação bastante profunda, com cerca de 18 metros abaixo do nível do mar, o BIM foi utilizado para a realização do estudo de um plano de escavação. Foram avaliados diversos cenários, a fim de se obter o que melhor se adequaria à obra em análise. Em um deles houve a proposição de duas rampas, uma central e uma lateral, para garantir a entrada e a saída mais fácil de máquinas do canteiro. No entanto, verificou-se que o cenário proposto não era viável, pois as rampas ocupariam muito espaço no canteiro, prejudicando a execução da contenção e da fundação, além de demandar mais tempo e recursos para que a escavação fosse realizada em duas etapas: uma até o início da etapa de fundações e outra após o término das fundações. Assim, propôs-se um novo cenário, onde se colocaria apenas uma rampa central, facilitando o acesso ao local onde seriam executadas as fundações para as duas torres do empreendimento.

Durante toda a etapa de escavação, já no processo de construção do empreendimento, houve um monitoramento do volume escavado com auxílio de modelos BIM, a fim de analisar se a mesma estava sendo executada de maneira adequada e desenvolver processos logísticos de retirada da terra escavada.

Figura 31 – Cenários colocação das rampas no subsolo



Fonte: Empresa B (2017)

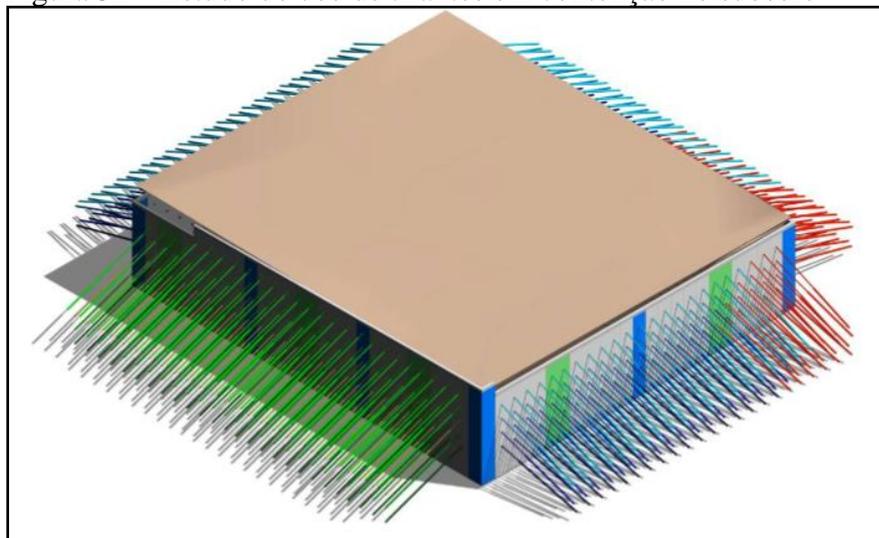
Percebeu-se com auxílio de dispositivos de levantamento topográfico, utilizando técnicas de georreferenciamento, e das TICs, gerando modelos BIM, que a eliminação da rampa central geraria 4.798 m<sup>3</sup> de areia como resíduo, permitindo aos gestores planejar a destinação do volume de terra da rampa para a execução de reaterro das fundações, evitando-se assim a necessidade de uma nova etapa de remoção de terra da obra e, conseqüentemente de gerar novos custos indiretos à obra.

#### **4.4.3 Contenção**

Para essa etapa, foi gerado um modelo BIM que analisava a colocação de tirantes, a fim de verificar interferências em relação ao posicionamento dos mesmos, devido à grande quantidade de tirantes empregados para conter o maciço de terra no perímetro da obra ao longo dos 18 metros de subsolo.

Percebeu-se que o modelo BIM gerado, além de beneficiar o planejamento dessa etapa, fez com que ela fosse executada de forma mais segura, pois permitiu que instruções fossem repassadas mais facilmente ao corpo técnico responsável pela execução da etapa.

Figura 32 – Estudo do uso de tirantes em contenção no subsolo



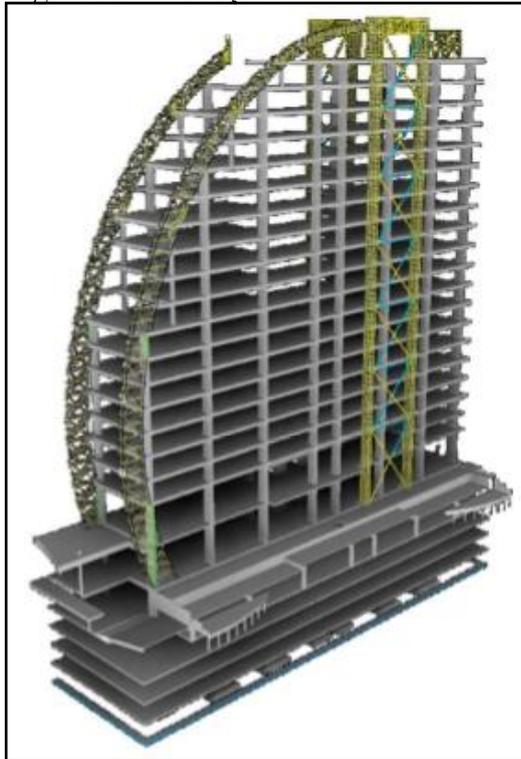
Fonte: Empresa B (2017)

#### **4.4.4 Locação dos chumbadores dos arcos**

Devido ao empreendimento possuir quatro arcos metálicos externos, estando presentes dois em cada torre, houve a necessidade de se tomarem medidas para garantir a

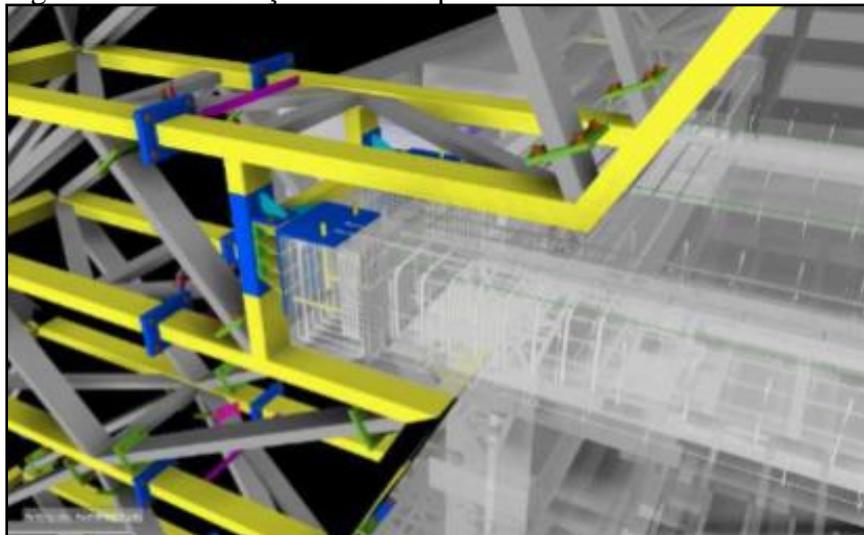
colocação de forma correta dos arcos, evitando-se custos provenientes do reparo de erros. Assim, por meio da utilização de um modelo BIM tridimensional, pôde-se modelar as armaduras dos pilares e as cordoalhas de protensão das lajes, a fim de prever as incompatibilidades que poderiam ocorrer no momento da execução dos chumbadores do arco.

Figura 33 – Locação de chumbadores em uma das torres



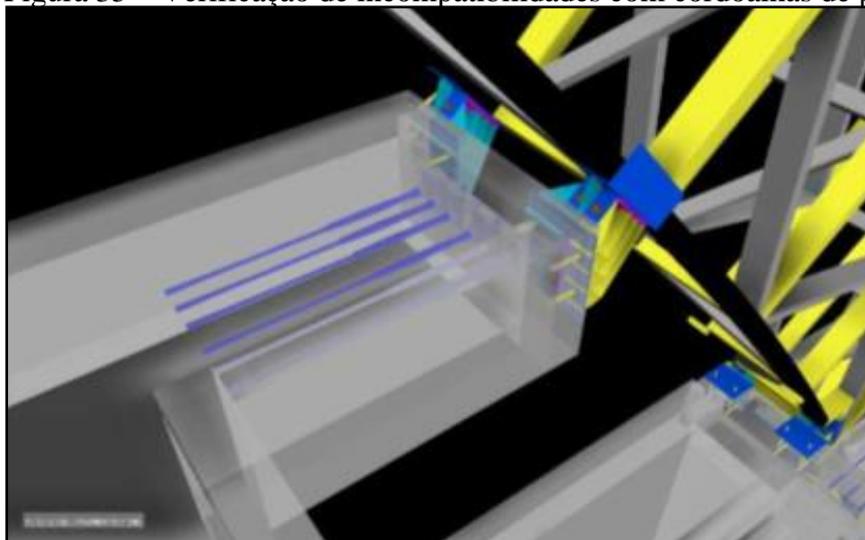
Fonte: Empresa B (2017)

Figura 34 – Verificação de incompatibilidades com armaduras



Fonte: Empresa B (2017)

Figura 35 – Verificação de incompatibilidades com cordoalhas de protensão

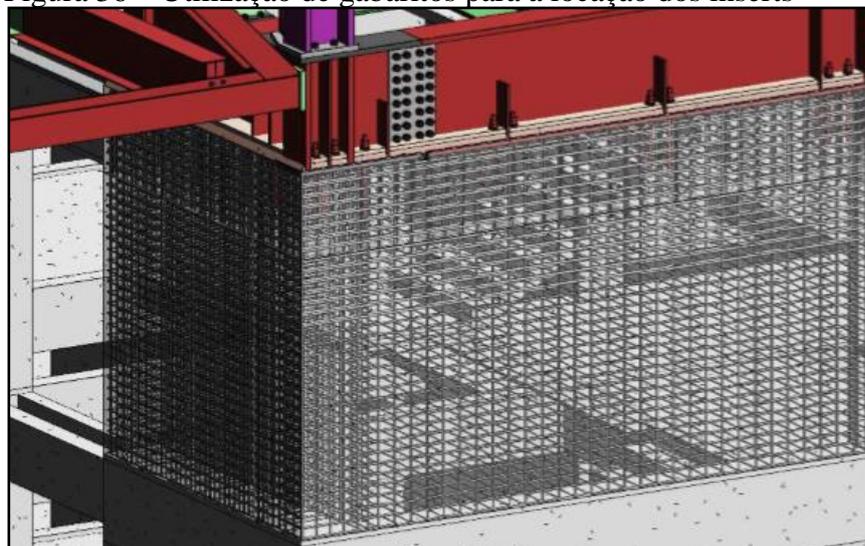


Fonte: Empresa B (2017)

#### 4.4.5 *Locação de inserts metálicos*

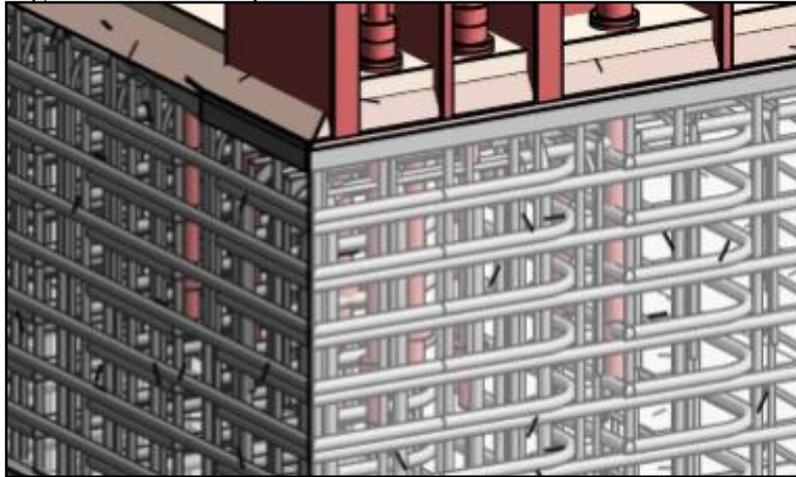
Por haver grandes quantidades de inserts metálicos a serem locados na obra, foi percebido que se a etapa de locação fosse realizada em campo, esse processo não seria fácil. Então, por meio de um modelo BIM, sugeriu-se a criação de gabaritos, a fim de facilitar a orientação e garantir uma maior precisão, evitando-se erros comuns de execução. A maior quantidade de detalhes proporcionado pelo modelo conferiu um maior dinamismo e segurança à obra, já que as informações eram repassadas de forma mais clara ao corpo técnico, facilitando a compreensão, garantindo ganhos de produção.

Figura 36 – Utilização de gabaritos para a locação dos inserts



Fonte: Empresa B (2017)

Figura 37 – Vista aproximada dos inserts metálicos



Fonte: Empresa B (2017)

#### 4.4.6 *Mark ups em estruturas*

Tempos atrás, a abertura da alma de vigas para a passagem de ductos geralmente era realizada “*in loco*”, necessitando de profissionais especializados, por sua vez mais onerosos, além de demandar mais tempo para obtenção de medidas precisas do local destinado à abertura.

No estudo de caso, as aberturas, ou mark ups, foram executados na própria fábrica, utilizando o recurso “fabricação digital” do BIM, graças ao auxílio de softwares capazes de lerem e compreenderem modelos BIM desenvolvidos por projetistas.

Dentre as vantagens proporcionadas por esse processo estão:

- a) Maior precisão na realização das aberturas, evitando-se que sejam realizadas de forma errada, ocasionando novos custos para a realização de uma nova abertura corretiva;
- b) Economia direta do custo de abertura, pois quando era feita em campo, o processo era mais oneroso, aumentando bastante os custos de execução;
- c) Aumento de produtividade, pois quando a viga chega ao local da obra com a abertura já realizada, a única preocupação é colocá-la no local correto.

Observou-se que no estudo de caso houve a marcação de 2252 aberturas em vigas, sendo 224 aberturas em formato retangular e 2028 aberturas em formato circular. Alguns dados obtidos pela empresa que realiza a montagem das estruturas metálicas no estudo de caso sugerem que para cada abertura circular realizada na própria obra, o investimento é de aproximadamente R\$ 175,00, enquanto que para cada abertura retangular, o investimento é de R\$ 300,00.

Segundo informações obtidas ainda pela empresa que realiza a montagem das estruturas, observou-se que apesar da abertura poder ser um processo oneroso para a fábrica, para o construtor esse processo não acarreta um custo adicional.

Quadro 5 – Economia proporcionada pela abertura da alma de vigas em fábrica

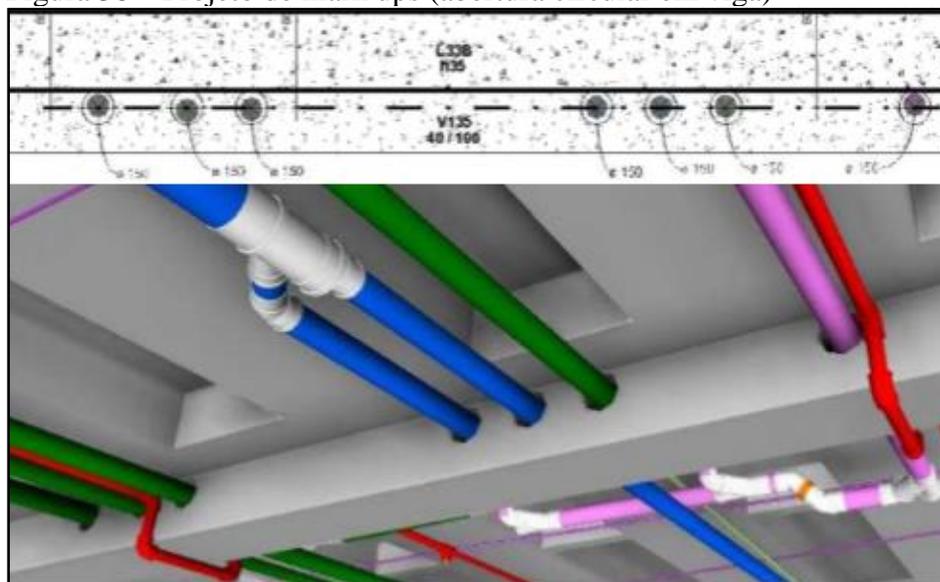
	Qty. de aberturas	Valor (unit.)	Valor (total)
Abertura Retangular	224	R\$ 300,00	R\$ 67.200,00
Abertura Circular	2028	R\$ 175,00	R\$ 354.900,00

Total de aberturas	2252
Valor final	R\$ 422.100,00

Fonte: Aatoria própria

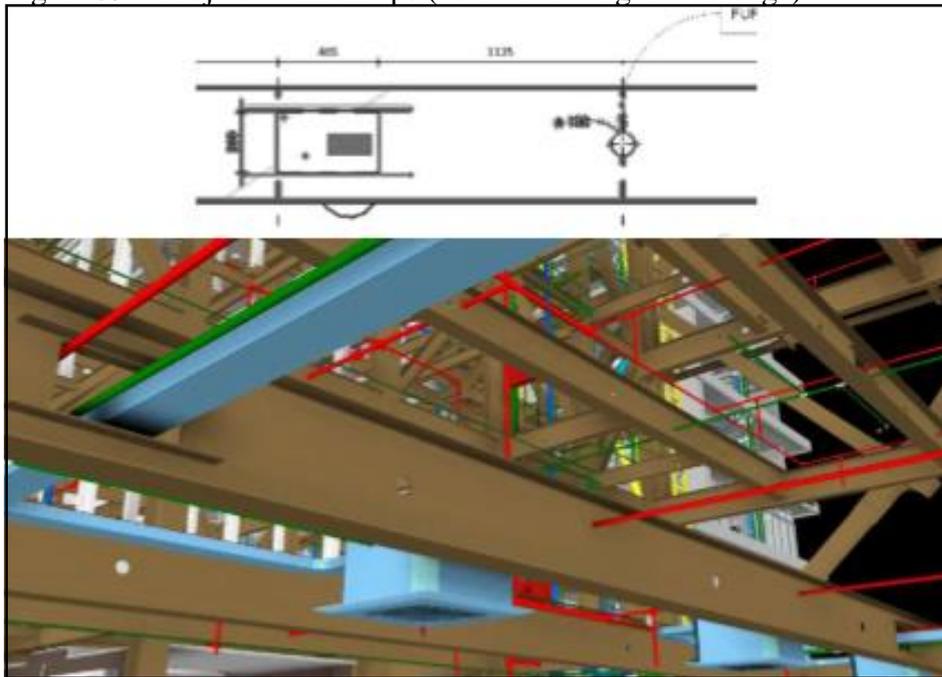
Pôde-se perceber então que a fabricação digital possibilitou uma economia de aproximadamente R\$ 422.100,00, demonstrando assim a vantagem de se realizar as aberturas na própria fábrica com o auxílio de modelos BIM.

Figura 38 – Projeto de mark ups (abertura circular em viga)



Fonte: Empresa B (2017)

Figura 39 – Projeto de mark ups (abertura retangular em viga)



Fonte: Empresa B (2017)

Figura 40 – Mark up em viga metálica de um pavimento corporativo



Fonte: Autoria própria

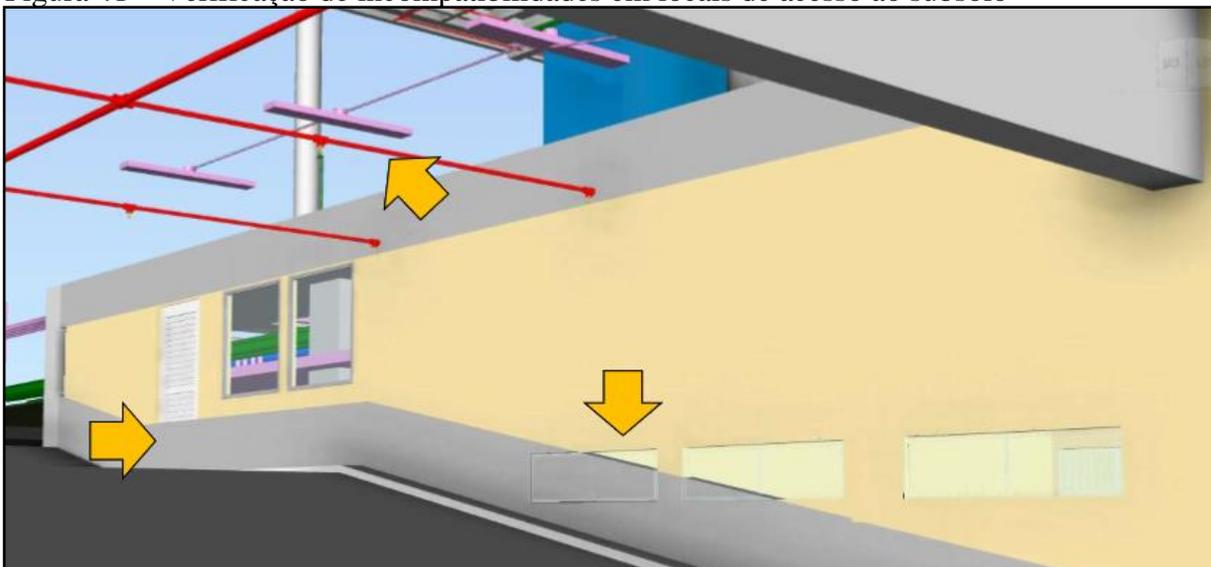
#### 4.4.7 Identificação de interferências construtivas

A partir da compatibilização dos projetos recebidos, houve a identificação de algumas inconsistências. Dessa forma, medidas foram tomadas para evitar a compra errada de materiais, em relação a quantidades, medidas e/ou especificações.

Entre os exemplos de interferências construtivas, ou “*clash detection*”, encontrados no estudo de caso, estão:

- a) Colocação de portas de acesso junto ao acabamento da rampa de circulação de veículos para o subsolo, interferindo a abertura da porta e o seu acesso;
- b) Colocação de janelas próximas a rampa de acesso ao subsolo, interferindo com o acabamento da rampa, e gerando prejuízos arquitetônicos e de funcionalidade;
- c) Colocação de ductos em regiões destinadas às rampas de acesso ao subsolo, interferindo na estética da obra, bem como gerando prejuízos de acesso ao subsolo, pela diminuição do gabarito, por veículos de maior porte em circulação;
- d) Colocação de lâmpadas em regiões destinadas às rampas de acesso ao subsolo, situando-as em espaços inconvenientes;

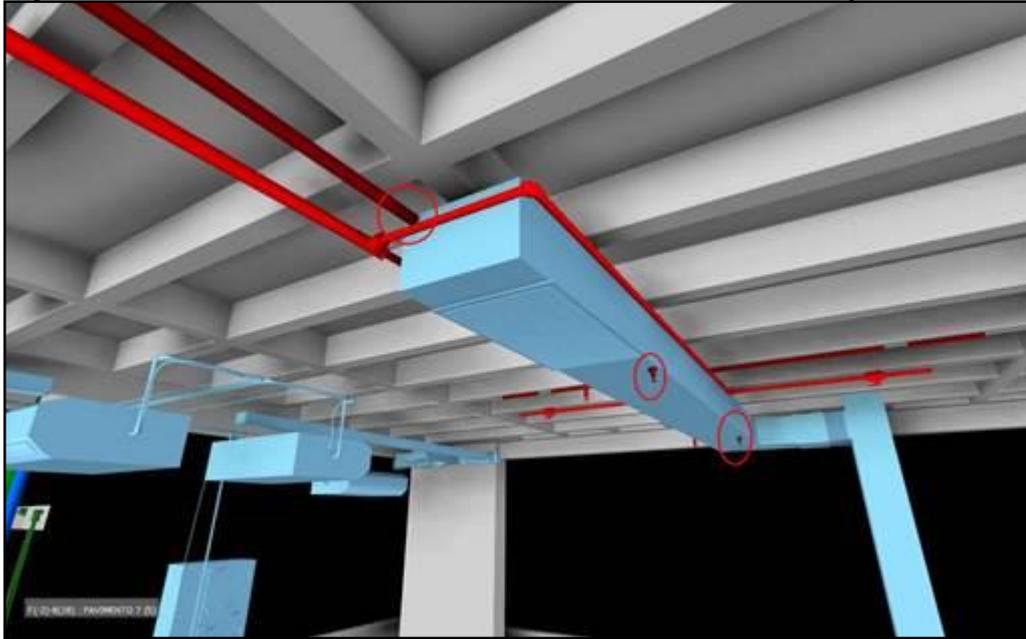
Figura 41 – Verificação de incompatibilidades em locais de acesso ao subsolo



Fonte: Empresa B (2017)

- e) Interferência entre ductos do sistema de incêndio e caixas do sistema de climatização;

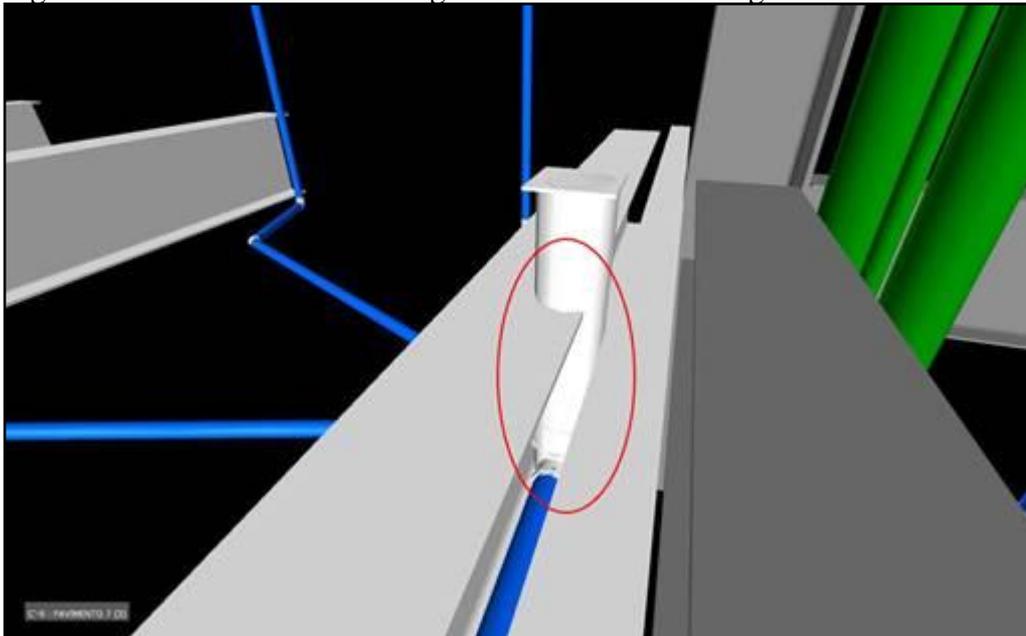
Figura 42 – Interferência entre sistema de incêndio e de climatização



Fonte: Empresa B (2017)

- f) Interferência entre viga metálica e caixa de esgoto;

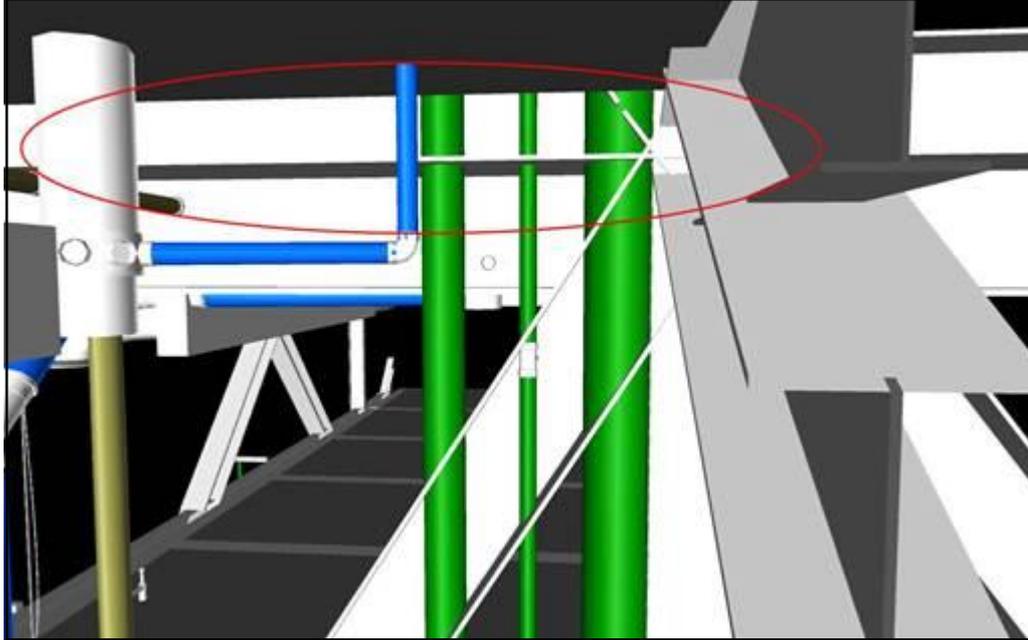
Figura 43 – Interferência entre viga metálica e caixa de esgoto



Fonte: Empresa B (2017)

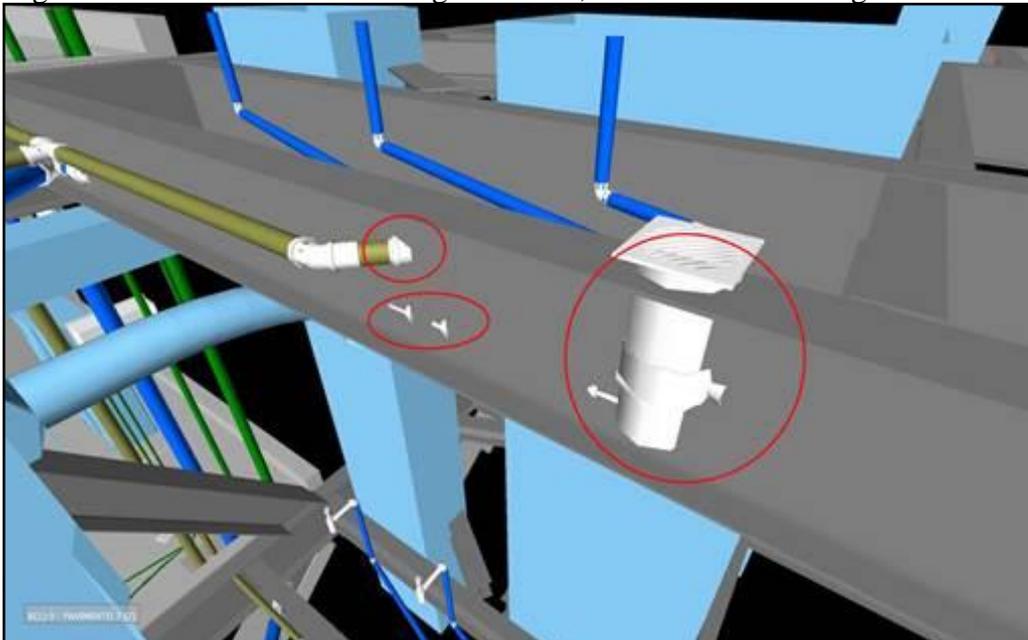
g) Interferência entre viga metálica e ductos de instalações.

Figura 44 – Interferência entre viga metálica transversal e ductos de instalações



Fonte: Empresa B (2017)

Figura 45 – Interferência entre viga metálica, ductos e caixa de esgoto



Fonte: Empresa B (2017)

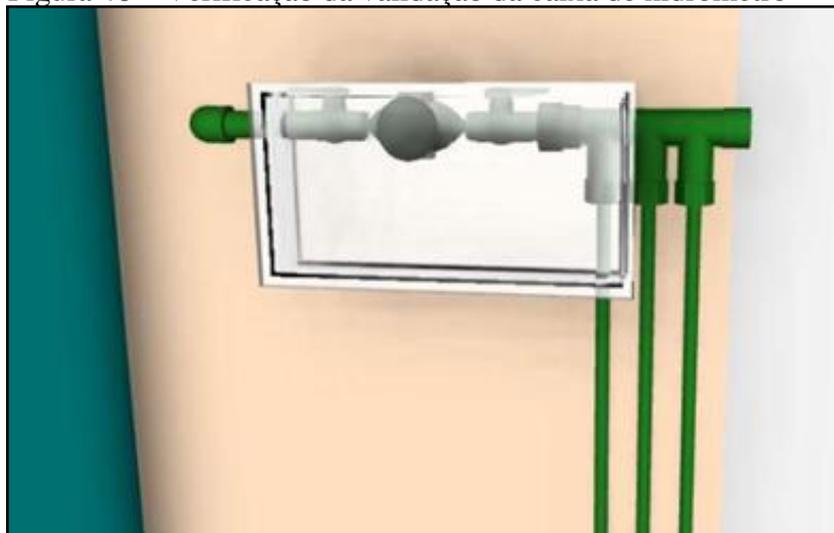
#### **4.4.8 Validação de produtos especificados**

Um recurso bastante interessante é a criação de modelos BIM para a validação de produtos especificados por projetistas, no entanto, esse recurso ainda é pouco utilizado por empresas AEC, devido o desconhecimento de seus benefícios.

No estudo de caso, utilizou-se o recurso de validação para caixas de hidrômetro, a fim de verificar se as que foram especificadas pelo projetista possuíam dimensões adequadas para acomodar as tubulações e demais componentes necessários.

Percebeu-se, então, que essas caixas não estavam adequadamente dimensionadas, pois causavam interferências com a tubulação. Dessa forma, foram feitas alterações para tornar o dimensionamento dessas caixas adequadas, evitando-se assim custos que seriam proporcionados por compras erradas caso esse problema só fosse verificado em campo.

Figura 46 – Verificação da validação da caixa de hidrômetro



Fonte: Empresa B (2017)

#### **4.4.9 Centro de medição**

Um aspecto bastante importante foi a proposição de um centro de medição pela construtora. Nele foram colocadas máquinas de grande porte, de forma isolada, destinadas a realizarem medições específicas, para garantir o bom funcionamento do empreendimento.

Inicialmente foi proposto a colocação do centro de medição em um local que estaria adequado ao acesso de pessoas especializadas para a realização de futuras intervenções. No entanto, percebeu-se que o local não era adequado devido à grande distância aos shafts que

davam acesso às salas comerciais, ou seja, visualizou-se que seriam necessários grandes comprimentos de fios para garantir o acesso às salas, inviabilizando o local. Assim, por meio de modelos BIM, planejou-se o local que seria mais adequado para a instalação do centro.

#### **4.4.10 Subestação**

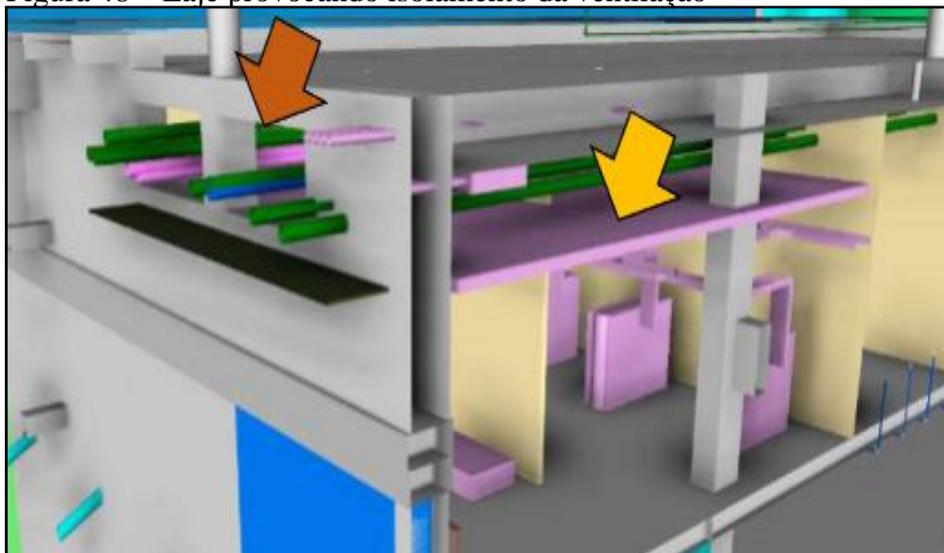
No caso da subestação, a criação de um modelo BIM permitiu avaliar o local o qual ela estava destinada a ser colocada na obra. Notou-se que o local destinado não era adequado, pois acima da subestação estava projetada a passagem de ductos de instalações. Assim, o calor gerado pelas máquinas da subestação poderia interferir na durabilidade dos ductos, caracterizando-se como uma solução inviável. Como alternativa para evitar esse problema, sugeriu-se então a criação de uma laje para isolar os ductos do contato com o calor, no entanto, ao verificar o modelo BIM, percebeu-se que a execução da laje geraria o isolamento da circulação do ar para a subestação, atrapalhando a dissipação do calor gerado pelas máquinas, caracterizando-se também como uma solução inviável. Portanto, a melhor solução encontrada foi a realocação da subestação, para evitar o surgimento de possíveis problemas e, que demandariam recursos extras para repará-los.

Figura 47 – Criação de uma laje para separar a tubulação da subestação



Fonte: Empresa B (2017)

Figura 48 – Laje provocando isolamento da ventilação

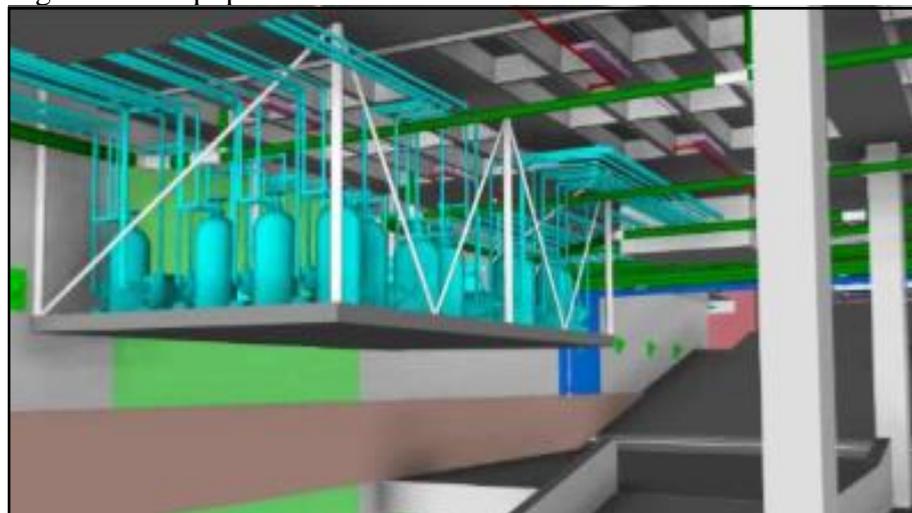


Fonte: Empresa B (2017)

#### ***4.4.11 Equipamentos das fontes***

Em relação aos equipamentos das fontes, percebeu-se que eles não estavam adequados ao local especificado pelo projeto, pois o comprimento dos ductos que interligariam as fontes aos demais pontos estratégicos do empreendimento não estava otimizado. Isso acarretaria custos extras para a obra, pois haveria necessidade de comprar uma maior quantidade de material para a tubulação. Assim, foi proposto a realocação desses equipamentos para um local onde a metragem dos ductos seria a menor possível, otimizando e tornando o projeto eficiente do ponto de vista econômico.

Figura 49 – Equipamentos das fontes



Fonte: Empresa B (2017)

#### 4.5 Os usos do BIM no estudo de caso

Após a explicação das etapas, bem como das fases envolvidas, ao final do Capítulo das Referências Bibliográficas, buscou-se entender quais os usos do BIM no empreendimento estudado. A partir de uma pesquisa com os entrevistados, chegou-se ao resultado do Quadro 5.

As barras em azul escuro representam os usos primários, enquanto as de cor azul mais clara, representam os usos secundários. Percebe-se também que as fases “Agendamento de Manutenções Preventivas” e “Gestão de Ativos” estão sendo planejadas para serem utilizadas futuramente no empreendimento. No entanto, elas ainda não foram iniciadas devido a obra ainda estar na etapa de “Construção”.

Quadro 6 – Usos do BIM no estudo de caso

PLANEJAMENTO	PROJETO	CONSTRUÇÃO	OPERAÇÃO	
Modelagem das Condições Existentes				
Estimativa de Custos				
Planejamento de Etapas				
Programação				
Análise do Canteiro				
	Revisão do Modelo			
	Análise de Engenharia			
	Análise de Luminosidade			
	Análise de Sustentabilidade (LEED)			
		Coordenação 3D		
		Planejamento de Usos do Canteiro		
		Projeto do Sistema Construtivo		
		Fabricação Digital		
		Controle e Planejamento 3D		
				Agendamento de Manutenções Preventivas**
				Gestão de Ativos**

Fonte: Autoria própria

Entendeu-se então as etapas e as fases abordadas no estudo de caso, de acordo com Kreider e Messner (2011), da seguinte maneira:

#### **4.5.1 Planejamento**

Na fase da Modelagem das Condições Existentes, a Empresa B desenvolveu um modelo 3D das condições existentes do canteiro, após o levantamento topográfico do terreno por uma determinada empresa terceirizada. Isso contribuiu para melhorar a organização do canteiro, bem como garantir um melhor fluxo de pessoas e de materiais.

Na fase da Estimativa de Custos, a Empresa B utilizou modelos BIM para obter aproximações do quantitativo dos materiais empregados na obra. Entre esses quantitativos, pode-se citar: quantidade de terra utilizada na rampa do subsolo, quantidade de tirantes necessários para a contenção, quantidade de chumbadores e de inserts metálicos, quantidade de aberturas (mark ups) necessárias, entre outros. A realização dos quantitativos por meio de softwares BIM facilitou a elaboração de orçamentos por uma outra empresa especializada, apesar de esses orçamentos não terem sido feitos utilizando a filosofia BIM.

Na fase do Planejamento de Etapas, houve a criação de um modelo BIM 4D (tempo) também pela Empresa B, permitindo à engenheira de planejamento da Empresa E uma melhor compreensão das atividades das equipes, além da visualização do caminho crítico de forma facilitada. É interessante perceber que essa ferramenta beneficiou os investidores até mesmo nas vendas, a partir da utilização de recursos visuais, como vídeos, demonstrando como a obra seria erguida ao longo dos anos, passando aos seus clientes uma maior segurança ao comprar unidades do empreendimento.

Na fase Programação, a Empresa B e a Empresa E puderam visualizar por meio de modelos BIM se os projetos estavam cumprindo aos requisitos espaciais, obtendo uma melhor performance. Utilizou-se esse recurso para a readequação dos espaços utilizados para a subestação, para o centro de medição e para os equipamentos das fontes. Além disso, verificou-se que a Empresa C também foi beneficiada ao gerar modelos de inserção de mobílias nas unidades, visualizando mais facilmente se a mobília inserida estava atendendo aos requisitos espaciais do projeto.

Na fase da Análise do Canteiro, notou-se que o uso de modelos BIM, elaborados pela Empresa B, permitiu um melhor gerenciamento do canteiro de obras pela Empresa E, definindo se cumpria aos requisitos exigidos.

#### **4.5.2 Projeto**

Na fase de Revisão do Modelo, houve forte participação de todas as empresas envolvidas no estudo de caso, utilizando recursos visuais proporcionados por modelos BIM para debater os projetos. Percebeu-se grande dinamismo entre as empresas ao longo dessa fase, facilitando a comunicação entre elas, obtendo, em geral, feedbacks mais rápidos, além de melhorias na coordenação de projetos.

Na fase Análise de Engenharia, as Empresas A e D, foram beneficiadas com a utilização de recursos BIM. Houve uma maior automatização das análises (estruturais e de instalações), evitando-se perdas desnecessárias de tempo. Além disso, notou-se que os modelos foram elaborados e debatidos com uma maior facilidade entre os colaboradores.

Na fase Análise de Luminosidade, a Empresa C utilizou modelos BIM para visualizar o comportamento de ambientes de iluminação natural, ao realizar estudo solar e verificar a incidência da luminosidade na edificação. Já a Empresa D utilizou também alguns modelos, mas esses foram para visualizar ambientes de iluminação artificial, verificando requisitos de projeto quanto aos pontos de iluminação. Além disso, a empresa fornecedora das lâmpadas também realizou análises de luminosidade para verificar a eficiência das lâmpadas e questões de conforto ao usuário, obtendo resultados mais detalhados e precisos.

Para a fase de Análise de Sustentabilidade (LEED) houve a contratação de uma empresa terceirizada não entrevistada no presente trabalho, para fazer análises com o auxílio de softwares BIM que avaliassem critérios sustentáveis. Diversos estudos envolvendo transportes alternativos foram desenvolvidos, como a destinação de um espaço comum do empreendimento para bicicletários, além de estudos envolvendo melhorias na facilidade de acesso ao empreendimento por transporte público, criação de vagas destinadas a veículos elétricos, ou seja, menos poluentes, utilização de lâmpadas LED em todas as áreas comuns, inclusive nos subsolos, reduzindo o consumo de energia e os custos de manutenção, elaboração de um sistema de reaproveitamento das águas dos aparelhos de ar condicionado, entre outros.

#### **4.5.3 Construção**

Na fase Coordenação 3D, houve a criação de modelos BIM pelos projetistas, bem como a necessidade de elaboração de novos modelos e de sobreposição dos mesmos pela Empresa B, a fim de verificar *clashes*. Diversas inconsistências entre os projetos foram

detectadas, como a colocação de ductos, lâmpadas, janelas e portas de acesso em locais indesejados, bem como interferências entre sistemas de incêndio e climatização, e interferências entre elementos estruturais e de instalação, conforme foi comentado mais detalhadamente na seção dos exemplos práticos. Entre as vantagens obtidas com a utilização desse recurso, pôde-se verificar a elaboração de modelos interativos, evitando custos desnecessários por atividades que não agregam valor ao empreendimento, como retrabalhos.

A fase Planejamento de Usos do Canteiro foi utilizada para aspectos logísticos e gerenciais da obra, onde foram planejadas instalações permanentes e temporárias, como observado nas instalações elétricas dos subsolos. Ao utilizar modelos BIM, verificou-se um melhor controle do cronograma das atividades da obra.

Na fase Projeto do Sistema Construtivo, houve a criação de modelos tridimensionais, especialmente pelas Empresas A, B e E, para analisar a construtibilidade de elementos complexos, trabalhando mais facilmente a geometria das estruturas e oferecendo melhorias de planejamento para a execução desses elementos. Esse recurso possibilitou a viabilidade financeira para um projeto complexo, de forma eficiente, reduzindo conflitos e problemas que viriam a surgir caso essas tecnologias não fossem utilizadas.

Um exemplo da fase Fabricação Digital foi percebido na execução de mark ups das vigas. Os projetistas, por meio de modelos BIM, determinaram a posição aonde as aberturas deveriam ser feitas nessas vigas e, em seguida, o projeto, bem como o modelo foram repassados à empresa fabricante para que realizasse as aberturas, proporcionando maior precisão e menores custos, quando comparado ao procedimento se realizado em campo.

Na fase Controle e Planejamento 3D, a Empresa B auxiliou a Empresa E para a elaboração de modelos para a realização de montagens, e de outras etapas de execução da obra. Entre os modelos, pôde-se planejar a montagem dos arcos das torres, bem como dos helipontos, de forma mais eficiente, eliminando barreiras linguísticas entre os profissionais envolvidos no processo, otimizando a execução dessas etapas.

#### **4.5.4 Operação**

Para a fase Agendamento de Manutenções Preventivas, a Empresa B pretende ainda criar modelos BIM para facilitar futuras intervenções no empreendimento, como na realização de manutenções em máquinas. Com esses modelos, espera-se obter um histórico de

manutenções de forma mais detalhada, bem como estabelecer rotas de acesso facilitado às máquinas, garantindo melhor funcionamento do edifício.

Na fase da Gestão de Ativos, as Empresas B e E pretendem desenvolver modelos BIM que auxiliem no gerenciamento de atividades programadas, como na realização de manutenções preventivas. Para isso, aspira-se criar manuais de manutenção de equipamentos para os proprietários, especificando os materiais utilizados, além de visualizar mais facilmente as garantias e os dados dos fabricantes.

## 4.6 Estudo bibliométrico

### 4.6.1 Literatura nacional (ENTAC)

Ao todo, foram identificados 44 trabalhos, publicados e distribuídos conforme demonstrado no Quadro 6.

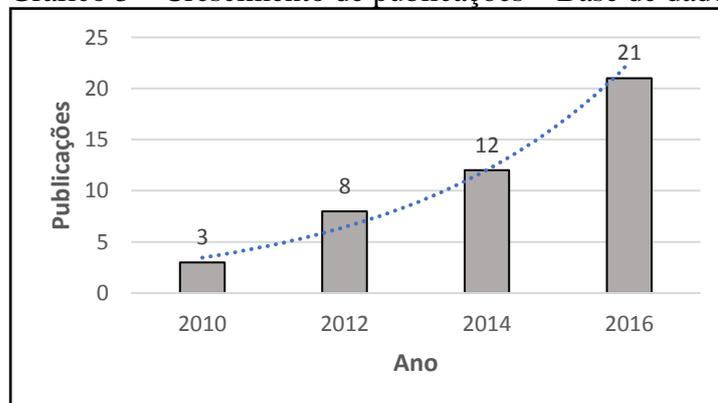
Quadro 7 – Publicações – Base de dados: ENTAC

Ano	2010	2012	2014	2016	Total
Publicações	3	8	12	21	44

Fonte: Autoria própria

Percebe-se que as publicações costumam apresentar números próximos, porém foi constatado um aumento significativo no ano de 2016, fator este que aponta a alta quantidade de pesquisas nessa área do conhecimento.

Gráfico 3 – Crescimento de publicações – Base de dados: ENTAC



Fonte: Autoria própria

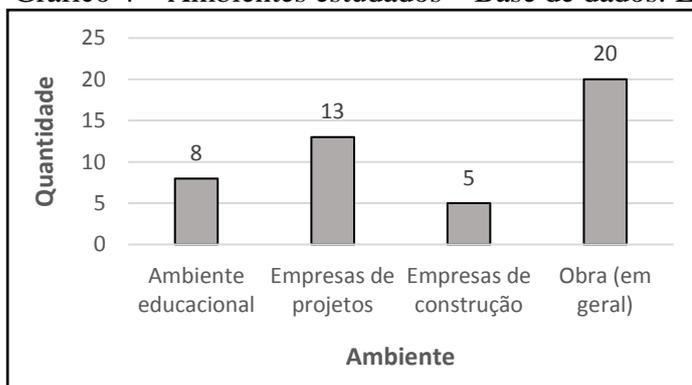
Em relação ao ambiente estudado, foi verificado que o BIM é principalmente aplicado em relação a obras como um todo, ou seja, voltado a processos de execução.

Em segundo lugar, percebeu-se que o BIM é voltado a empresas de projeto, caracterizando assim um dos ambientes de maior utilização da plataforma.

Em terceiro lugar, é percebida uma grande aplicação do BIM no ambiente educacional, principalmente por acadêmicos que estão desenvolvendo estudos e elaborando disciplinas voltada à filosofia do BIM, a fim de despertar em seus alunos o interesse por essa metodologia.

Por fim, compondo o último grupo, foram percebidos estudos voltados a empresas de construção, quer seja em incorporadoras ou indústrias, como a de pré-moldados.

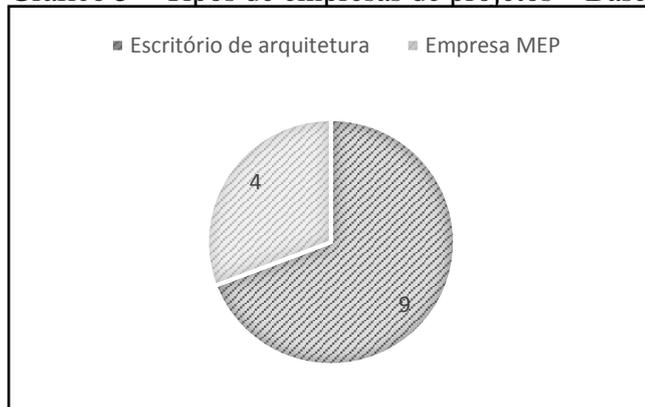
Gráfico 4 – Ambientes estudados – Base de dados: ENTAC



Fonte: Autoria própria

Ao avaliar o termo “Empresa de projetos” não fica evidenciado quais projetos são mais estudados e que tendem a utilizar mais frequentemente a plataforma BIM. Assim, a partir do Gráfico 5 foi realizado o refino desse quesito.

Gráfico 5 – Tipos de empresas de projetos – Base de dados: ENTAC



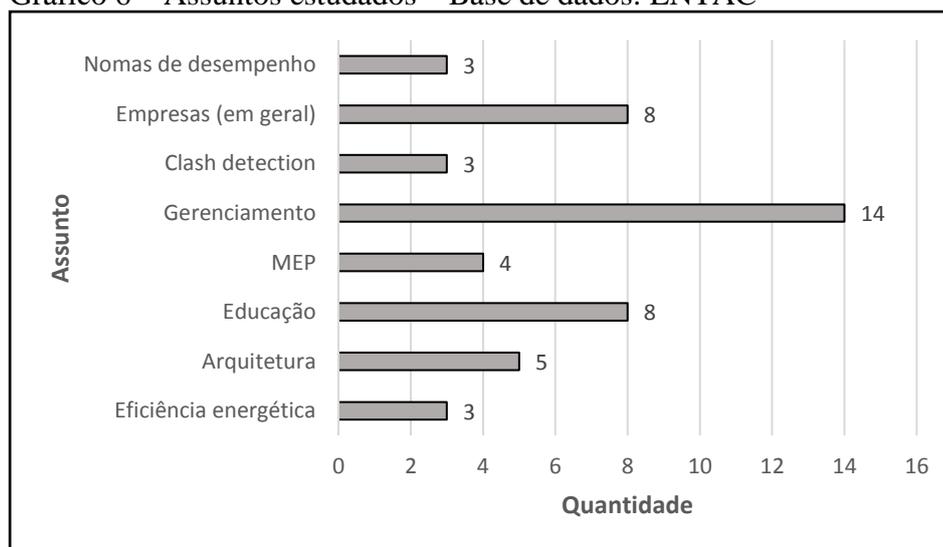
Fonte: Autoria própria

Em relação ao assunto estudado, foi verificado que o BIM é principalmente aplicado no gerenciamento, como um todo, de obras.

Em segundo lugar, percebeu-se um empate técnico, onde o BIM é voltado à educação e também a algumas empresas específicas (não contabilizando neste grupo escritórios de arquitetura e MEP), como escritórios que compatibilizam projetos de todas as disciplinas, imobiliárias, empresas de pré-moldados, etc, caracterizando assim um dos ambientes de maior utilização da plataforma.

Por fim, não menos importante, foi percebido uma grande aplicação do BIM em escritórios de arquitetura e escritórios de projetos MEP (voltados principalmente a projetos hidrossanitários). Além disso, há estudos envolvendo a verificação de normas de desempenho, *clash detection* e estudos de eficiência energética de edificações.

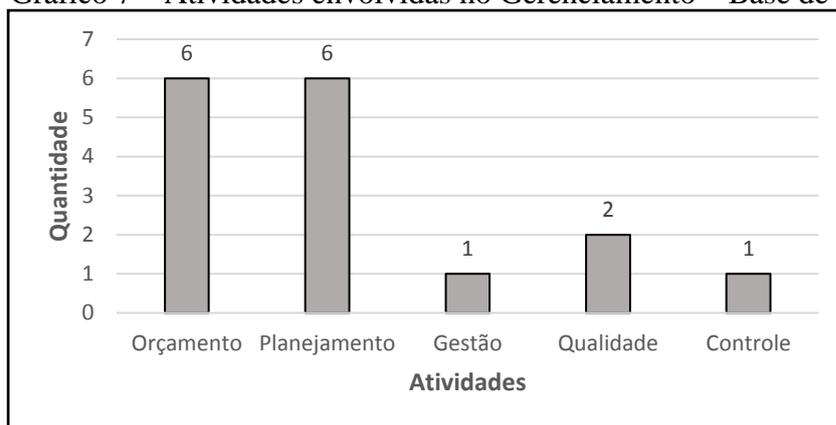
Gráfico 6 – Assuntos estudados – Base de dados: ENTAC



Fonte: Autoria própria

Como uma tentativa de diminuir a abrangência do termo “Gerenciamento”, verificou-se as atividades envolvidas neste processo, onde se observou uma maior quantidade de estudo principalmente nas áreas de orçamento, planejamento e qualidade, conforme mostrado no Gráfico 7.

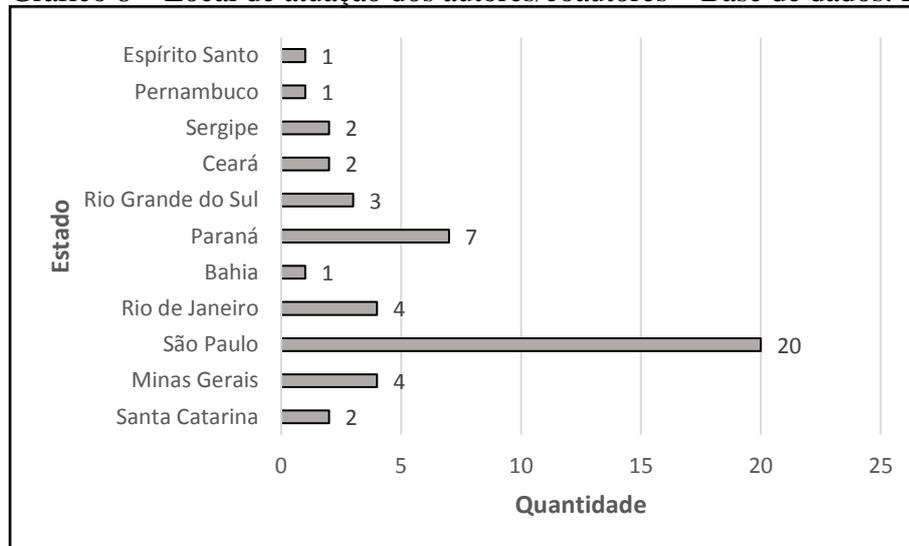
Gráfico 7 – Atividades envolvidas no Gerenciamento – Base de dados: ENTAC



Fonte: Autoria própria

Em relação ao local de atuação dos autores/coautores, ou seja, o local onde os artigos foram escritos, foi verificado que o estado de São Paulo foi o que apresentou a maior quantidade de estudos, seguido por Paraná, Minas Gerais e Rio de Janeiro.

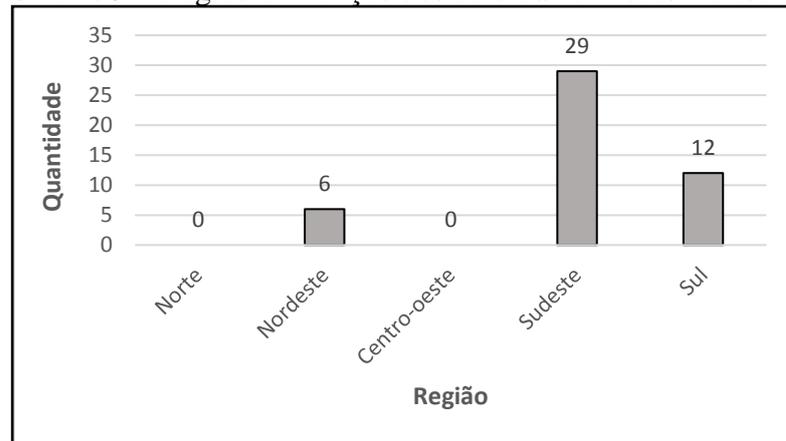
Gráfico 8 – Local de atuação dos autores/coautores – Base de dados: ENTAC



Fonte: Autoria própria

Após essa análise, foi identificado que atualmente há uma grande concentração na produção de artigos em algumas regiões do Brasil, principalmente sudeste e sul, verificando assim que ainda hoje existem grandes disparidades em relação ao avanço de tecnologias da construção civil em todo o País. Regiões como norte e centro-oeste não apresentaram nenhuma publicação ao longo do período analisado, demonstrando a precariedade de estudos sobre o BIM nestas regiões.

Gráfico 9 – Região de atuação dos autores/coautores – Base de dados: ENTAC



Fonte: Autoria própria

#### 4.6.2 Revista Gestão e Tecnologia de Projetos

Ao todo, foram identificados 21 trabalhos, publicados e distribuídos em períodos, conforme demonstrado no Quadro 7.

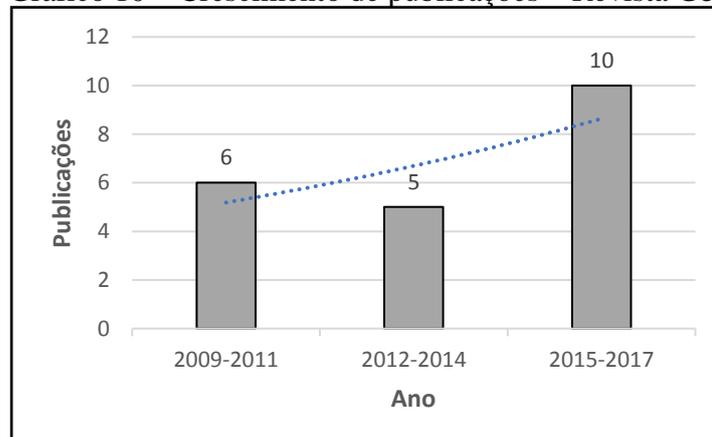
Quadro 8 – Publicações – Revista Gestão e Tecnologia de Projetos

Ano	2009 – 2011	2012 – 2014	2015 – 2017	Total
Publicações	6	5	10	21

Fonte: Autoria própria

Percebeu-se, assim como nos artigos do ENTAC, que o tema “BIM” apresenta uma tendência de crescimento, principalmente ao demonstrar o grande número de publicações entre os anos de 2015 e 2017.

Gráfico 10 – Crescimento de publicações – Revista G&TP



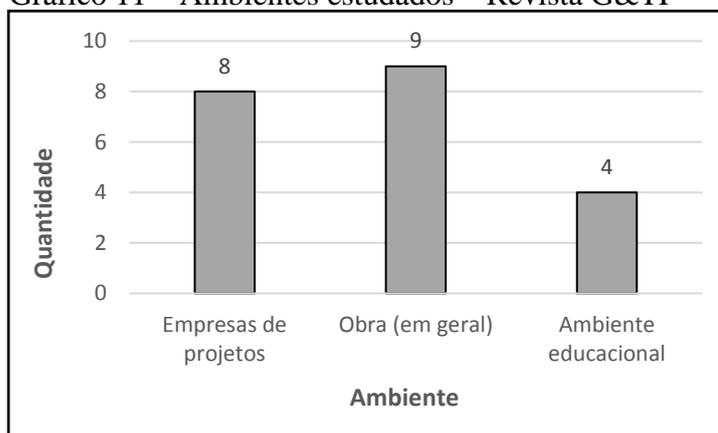
Fonte: Autoria própria

Em relação ao ambiente estudado, conseguiu-se classificar as publicações em apenas três categorias: Empresas de projetos, Obra (em geral) e Ambiente educacional.

Foi verificado que a maior aplicação do BIM é em relação a obras como um todo, ou seja, voltada a processos de execução. No entanto, notou-se que a metodologia também é amplamente aplicada a empresas de projeto, quer seja para propor métodos para aumentar a consistência de modelos, ou para melhorias no processo de gestão de projetos.

Por fim, não menos importante, percebeu-se uma considerável aplicação do BIM ao ambiente educacional, ou seja, notou-se que muitos dos estudos eram elaborados por profissionais da academia, a fim de obter um feedback de como a metodologia BIM vêm sendo lecionada em universidades.

Gráfico 11 – Ambientes estudados – Revista G&TP



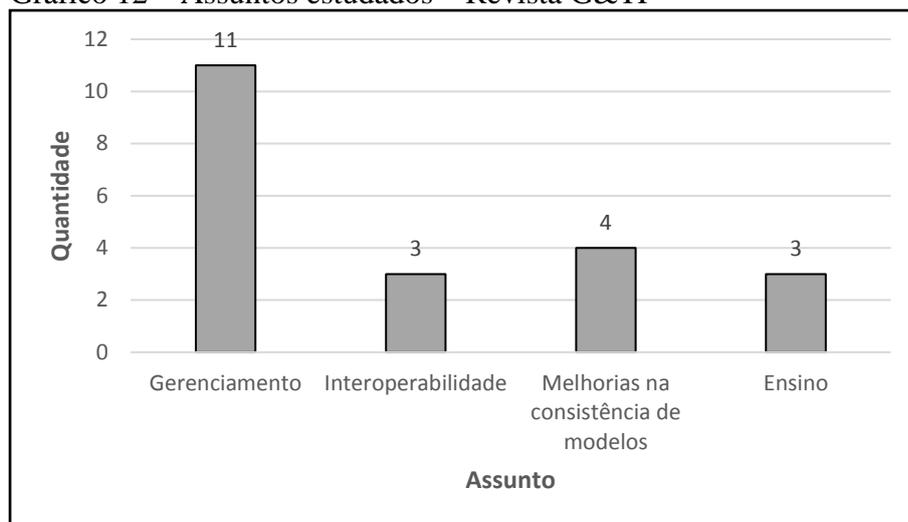
Fonte: Autoria própria

Em relação aos assuntos mais estudados, foi verificado que o BIM é principalmente aplicado no gerenciamento, como um todo, de obras e de projetos.

Em segundo lugar, notou-se uma grande quantidade de publicações voltadas a melhorias na consistência de modelos, ou seja, voltada a estudar processos que procurem aumentar a eficiência de elaboração de projetos.

Por fim, observou-se um empate técnico entre os assuntos “Interoperabilidade” e “Ensino”. Em relação a interoperabilidade, percebeu-se uma grande quantidade de estudos voltados a IFCs, buscando compreendê-los melhor, visualizar problemas que precisam ser resolvidos e propor melhorias para facilitar o diálogo entre diversos profissionais AEC ao elaborar projetos ou gerir obras.

Gráfico 12 – Assuntos estudados – Revista G&TP



Fonte: Autoria própria

Para classificar melhor o termo “Gerenciamento”, foram verificadas as atividades envolvidas nesse processo, ou seja, se elas eram relacionadas principalmente a gestão de projetos ou a gestão de obras.

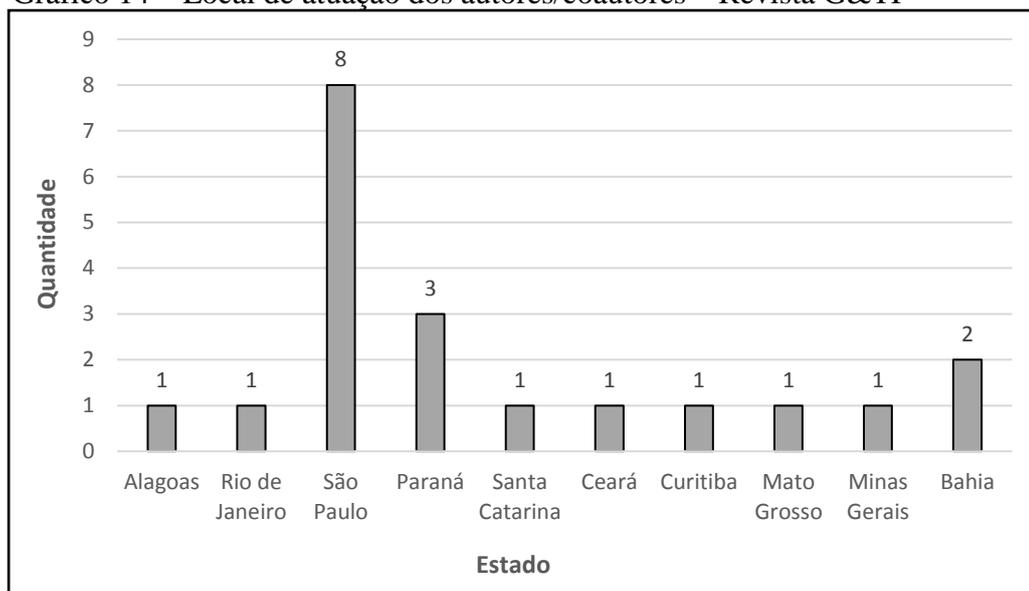
Gráfico 13 – Atividades envolvidas no Gerenciamento – Revista G&TP



Fonte: Autoria própria

Em relação ao local de atuação dos autores/coautores, ou seja, o local onde as publicações foram escritas, foi verificado que o estado de São Paulo foi o que apresentou a maior quantidade de estudos, seguido por Paraná e Bahia. Também houve inclusive a participação de três autores estrangeiros, sendo 2 norte-americanos e 1 holandês. No entanto, como o objetivo deste tópico é entender melhor o cenário nacional, esses autores não foram incluídos na análise.

Gráfico 14 – Local de atuação dos autores/coautores – Revista G&TP



Fonte: Autoria própria

#### 4.6.3 Literatura estrangeira (IGLC)

Ao todo, foram identificados 41 trabalhos, ou seja, 3 a menos que o analisado na literatura nacional. A análise é demonstrada conforme o Quadro 8.

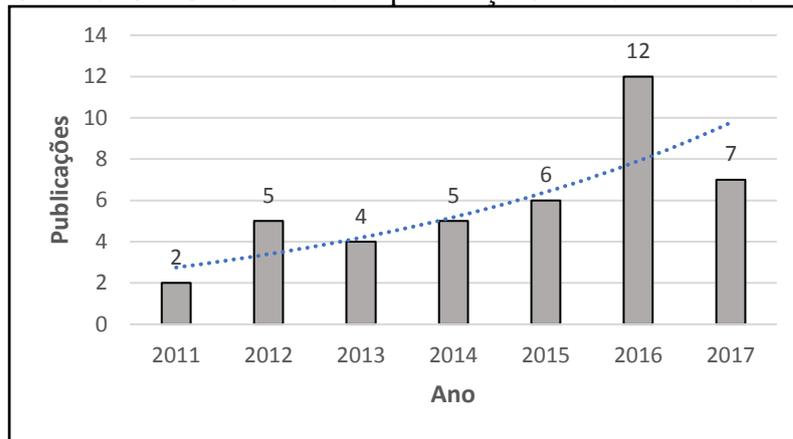
Quadro 9 – Publicações – Base de dados: IGLC

Ano	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Total
Publicações	2	5	4	5	6	12	7	41

Fonte: Autoria própria

Percebe-se que as publicações tendem a crescer com o decorrer dos anos, onde se constatou, assim como na literatura nacional, um aumento significativo no ano de 2016, fator este que aponta a alta quantidade de pesquisas nesta área do conhecimento.

Gráfico 15 – Crescimento de publicações – Base de dados: IGLC



Fonte: Autoria própria

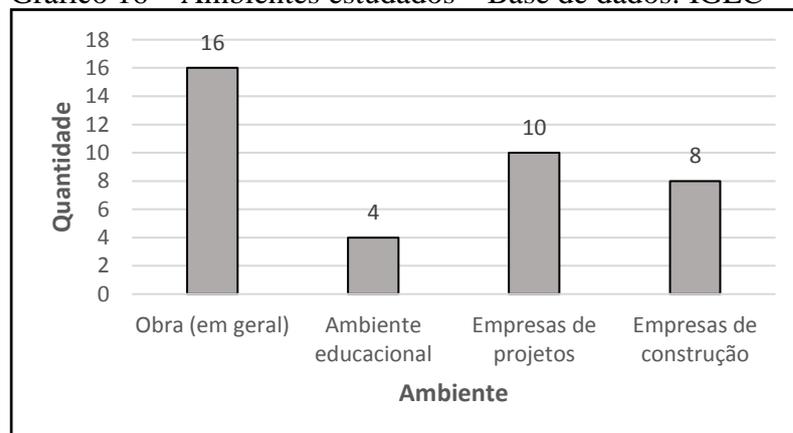
Em relação ao ambiente estudado, foi verificado que o BIM é principalmente aplicado em relação à obra como um todo, ou seja, voltado a processos de execução.

Em segundo lugar, percebeu-se que o BIM é voltado a empresas de projetos (em geral), caracterizando assim um dos ambientes de maior utilização da metodologia.

Em terceiro lugar, verificou-se que o BIM também é muito utilizado em empresas de construção, como um todo, em ambientes de incorporação ou na indústria da produção de pré-moldados.

Por fim, não menos importante, foi percebida uma grande aplicação do BIM no ambiente educacional, onde foram realizadas pesquisas, revisões da literatura, entre outros temas que envolveram o ambiente acadêmico.

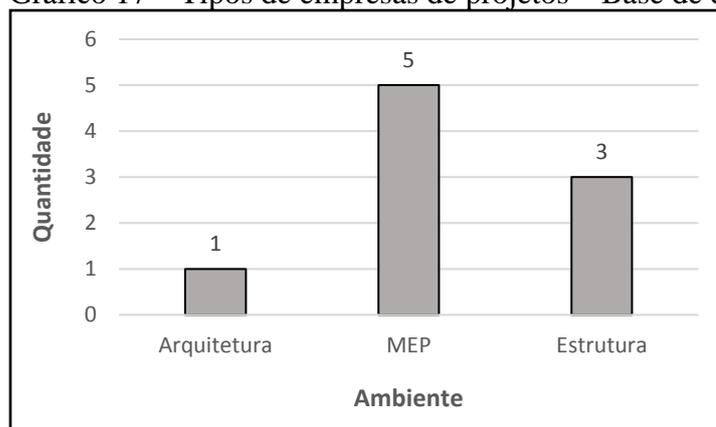
Gráfico 16 – Ambientes estudados – Base de dados: IGLC



Fonte: Autoria própria

Como a definição “Empresas de projetos” se enquadra de forma bastante generalizada, também se analisou quais os tipos de projetos essas empresas desenvolviam.

Gráfico 17 – Tipos de empresas de projetos – Base de dados: IGLC



Fonte: Autoria própria

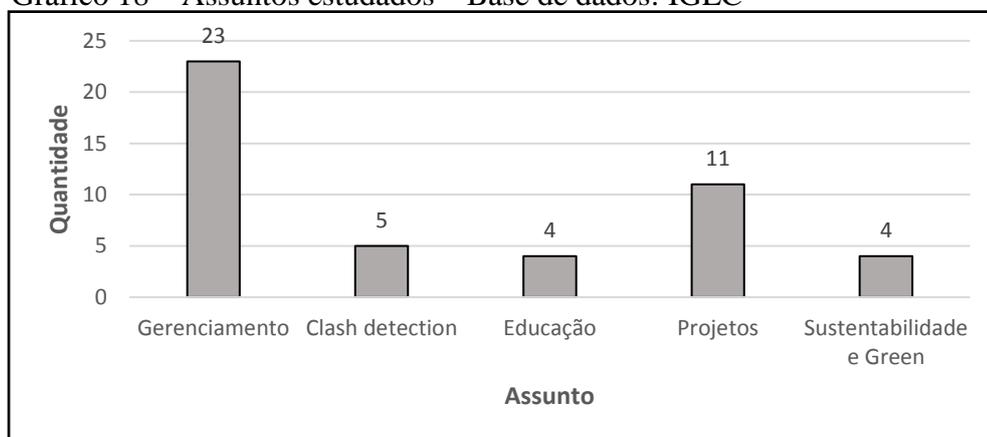
Em relação ao assunto estudado, verificou-se que o BIM é principalmente aplicado no gerenciamento de obras, como um todo, contabilizando 23 artigos.

Em segundo lugar, foi percebida uma grande quantidade de estudos relacionadas a aplicação do BIM em projetos, como um todo.

Em terceiro lugar, percebeu-se também uma tendência na utilização do BIM para a verificação de interferências construtivas, ou seja, *clash detection*. Isso prova o grande interesse de empresas de construção para identificar esses erros antes da execução, a fim de evitar custos desnecessários, como retrabalho.

Por fim, visualiza-se um empate técnico nos assuntos “Educação” e “Sustentabilidade e Green”, demonstrando que as aplicações do BIM nesses dois temas também estão em alta nos dias de hoje.

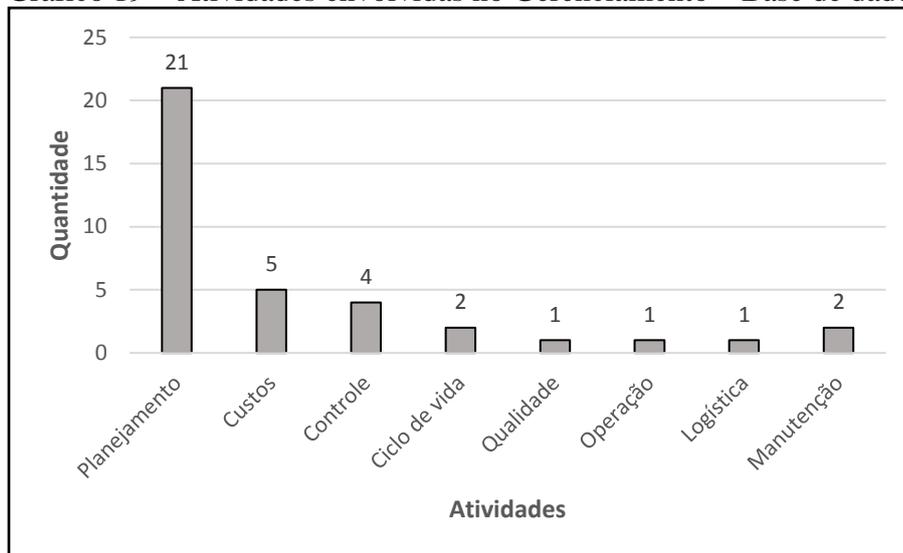
Gráfico 18 – Assuntos estudados – Base de dados: IGLC



Fonte: Autoria própria

Como uma tentativa de filtrar as atividades que englobam o termo “Gerenciamento”, verificou-se uma maior quantidade de estudo principalmente nas áreas de planejamento, custos e controle, conforme mostrado no Gráfico 19.

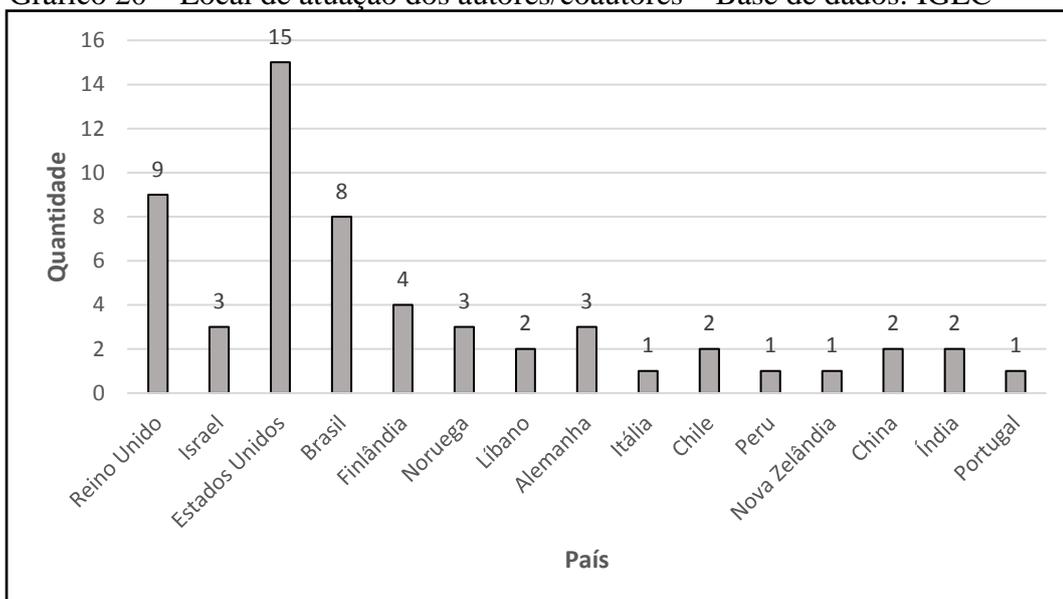
Gráfico 19 – Atividades envolvidas no Gerenciamento – Base de dados: IGLC



Fonte: Autoria própria

Em relação ao local de atuação dos autores/coautores, ou seja, o local onde os artigos foram escritos, verificou-se que os EUA lideram o quesito, seguido por Reino Unido e Brasil, demonstrando assim o grande potencial do Brasil quanto a pesquisas nessa área.

Gráfico 20 – Local de atuação dos autores/coautores – Base de dados: IGLC



Fonte: Autoria própria

#### **4.6.4 Comparação entre resultados das pesquisas bibliométricas**

Após realizadas as pesquisas bibliométricas nacional e estrangeira, pôde-se relacionar os resultados da seguinte forma:

a) Ambiente estudado:

Em todas as análises, o ambiente “Obra (em geral)” liderou a pesquisa, seguido por “Empresas de projetos”, demonstrando assim uma tendência em estudos voltados para esses dois ambientes.

Ao comparar a base do ENTAC e a do IGLC, os únicos ambientes que diferiram na análise foram o “Ambiente educacional” e “Empresas de construção”, onde percebeu-se então uma maior quantidade de estudos voltados ao ambiente educacional na literatura nacional, enquanto uma maior quantidade de estudos relacionados a empresas da construção na literatura estrangeira, demonstrando talvez um maior incentivo privado fora do Brasil para o desenvolvimento de pesquisas objetivando um melhor entendimento do mercado de trabalho.

b) Assunto estudado:

Em todas as análises, o assunto “Gerenciamento” liderou a pesquisa, seguido por “Projetos”, demonstrando assim uma tendência em estudos voltados para esses dois assuntos.

Os assuntos relacionados a “Projetos” comumente envolvem diversas disciplinas, entre arquitetura, estrutura, instalações, entre outras, demonstrando a grande amplitude dessa classificação.

Notou-se também uma grande diferença quando o assunto é o “Ambiente educacional”, verificando-se uma maior quantidade de estudo na literatura nacional do que na literatura estrangeira.

c) Local de atuação dos autores/coautores:

Nesse grupo não é possível estabelecer uma comparação entre a literatura nacional e a estrangeira, já que na literatura nacional se compara a produção científica de autores de diversos estados brasileiros, enquanto na estrangeira, verifica-se a produção científica em relação a diversos países do Planeta.

## **4.7 Feedback do BIM no estudo de caso: aspectos positivos x necessidades não atendidas**

### **4.7.1 Ganhos obtidos com a utilização do BIM no estudo de caso**

#### **4.7.1.1 Qualitativos**

##### **4.7.1.1.1 Melhor compreensão do projeto**

A utilização de modelos tridimensionais facilitou bastante a compreensão dos projetos, devido aos recursos visuais oferecidos, evitando-se assim perdas de tempo para sanar dúvidas ou até mesmo custos de retrabalho relacionados a má interpretação dos projetos.

##### **4.7.1.1.2 Capacitação das empresas na execução de construções complexas**

A utilização de softwares cada vez mais potentes permitiu ao estudo de caso grandes inovações ao projetar as torres do empreendimento em formato de vela de uma jangada, símbolo do estado onde a obra está sendo realizada. Antigamente era muito difícil a viabilização de construções de formatos complexos, devido à grande dificuldade na precisão dos cálculos. Hoje esses softwares permitem simular modelos cada vez mais realistas, garantindo ao projetista estrutural uma maior segurança ao trabalhar com diversas formas arquitetônicas.

##### **4.7.1.1.3 Compatibilização de projetos**

Graças a alguns softwares de modelagem 3D e a recursos de interoperabilidade entre alguns escritórios de projetos, foi possível inter-relacionar as disciplinas e trabalhá-las em conjunto, simulando a construção em plataforma virtual e identificando rapidamente incompatibilidades entre projetos, buscando corrigi-las.

##### **4.7.1.1.4 Eliminação de interferências**

O uso de softwares possibilitou identificar interferências e corrigi-las antes do início da etapa de construção, evitando assim custos desnecessários provindos de retrabalho ou até mesmo de ociosidade da mão de obra, ao buscar soluções para corrigir esses erros em campo.

#### 4.7.1.1.5 Análises de construtibilidade

Graças a poderosos softwares de modelagem, foi possível simular aspectos de construtibilidade do estudo de caso, de forma virtual, analisando aspectos relacionados à eficiência energética, à sustentabilidade e à segurança do empreendimento.

#### 4.7.1.1.6 Extração de quantitativos precisos

A utilização de softwares específicos de modelagem em BIM, em que se permite a adição de informações aos objetos em que se deseja quantificar, permitiu aos gestores a obtenção de quantitativos, bem como a elaboração de orçamentos de forma muito mais precisa do que em obras anteriores da mesma incorporadora/construtora.

#### 4.7.1.1.7 Antecipação de tomadas de decisão

Percebeu-se que a identificação prévia de inconsistências entre projetos permitiu a tomada de decisão da equipe gestora de forma antecipada, evitando assim problemas que ocorreriam em campo e que causariam grandes transtornos, caso não fossem solucionados.

#### 4.7.1.1.8 Aumento da produtividade com o uso de simulações virtuais

As simulações virtuais permitiram aos gestores ensaiar a construção da obra previamente, observando cenários, planejando e definindo processos que aumentassem a produtividade na obra.

#### 4.7.1.1.9 Coordenação e controle de contratados

Essa atividade beneficiou a gerência da obra, sendo realizada de forma mais organizada. No estudo de caso, pôde-se organizar a lista de atividades de forma mais clara, estabelecendo precedências, interrelações de dependência e prioridade entre as atividades, definindo a duração das mesmas. Tudo isso sendo facilitado graças aos recursos visuais, melhorando a compreensão da obra como um todo e facilitando o balanceamento e o controle das equipes envolvidas.

#### 4.7.1.1.10 As-built

No estudo de caso, após a compatibilização entre os projetos das diversas disciplinas, os modelos ficaram registrados, dispondo instantaneamente de todas as informações da obra, bem como alterações que foram necessárias. Esse recurso é muito importante, pois facilita manutenções e reformas em futuras intervenções.

#### 4.7.1.2 Quantitativos

Estima-se, tomando como base os relatórios McGRAW Hill SmartMarket Construction Report (2012) e McGRAW Hill SmartMarket Construction Report (2014), que a aplicação de metodologias BIM proporcionou uma redução de custos na obra estudada na ordem de:

- a) Custos de construção: redução prevista em até 30%;
- b) Tempo empregado nas etapas de projeto e de execução: redução prevista em cerca de 35%;
- c) Quantidade de erros em documentação: redução prevista em cerca de 35%;
- d) Atividades de retrabalho: redução prevista em cerca de 45% em relação à todas as atividades da obra.

#### 4.7.2 *Necessidades não atendidas com a utilização BIM no estudo de caso*

Analisando os questionários aplicados aos entrevistados, percebeu-se que a pergunta discursiva de nº 8 “Quais as desvantagens do BIM para você? O que poderia ser melhorado?” teve forte impacto para avaliar as necessidades que não foram atendidas com a utilização do BIM no estudo de caso. Os pontos que foram mais comentados entre as empresas entrevistadas são:

##### 4.7.2.1 *Interoperabilidade entre ferramentas BIM*

Uma das empresas considerou que a interoperabilidade entre as ferramentas BIM ainda é precária. Algumas das empresas utilizam softwares que não são utilizados por outras, ocorrendo dificuldades de interoperabilidade entre as disciplinas e seus projetos. Isso gera

custos adicionais à incorporadora para a compatibilização dos projetos, além de estender o tempo para a criação/alteração dos modelos;

#### *4.7.2.2 Custo de implantação*

Por ser considerada ainda por muitos como uma tecnologia bastante onerosa, muitas empresas ainda hesitam em contratar serviços ou empreender tempo e recursos, tanto para a compra de novos softwares, como para a capacitação de funcionários para desenvolver modelos em BIM;

#### *4.7.2.3 Automatização de modelos*

Uma das empresas sentiu a necessidade de haver processos que deixem a criação de modelos de forma mais automatizada, pois se notou algumas vantagens em softwares que utilizavam metodologias mais antigas nesse quesito, evitando-se perdas de produtividade em alguns processos da modelagem;

#### *4.7.2.4 Representação impressa dos modelos*

Uma das empresas relatou a necessidade de melhorias na representação impressa, pois em muitos casos houve a necessidade de importar o modelo BIM para softwares que não fazem parte dessa metodologia, como o Autocad, a fim de fazer modificações editando *layers* para facilitar a visualização de pranchas;

#### *4.7.2.5 Compreensão de ferramentas BIM*

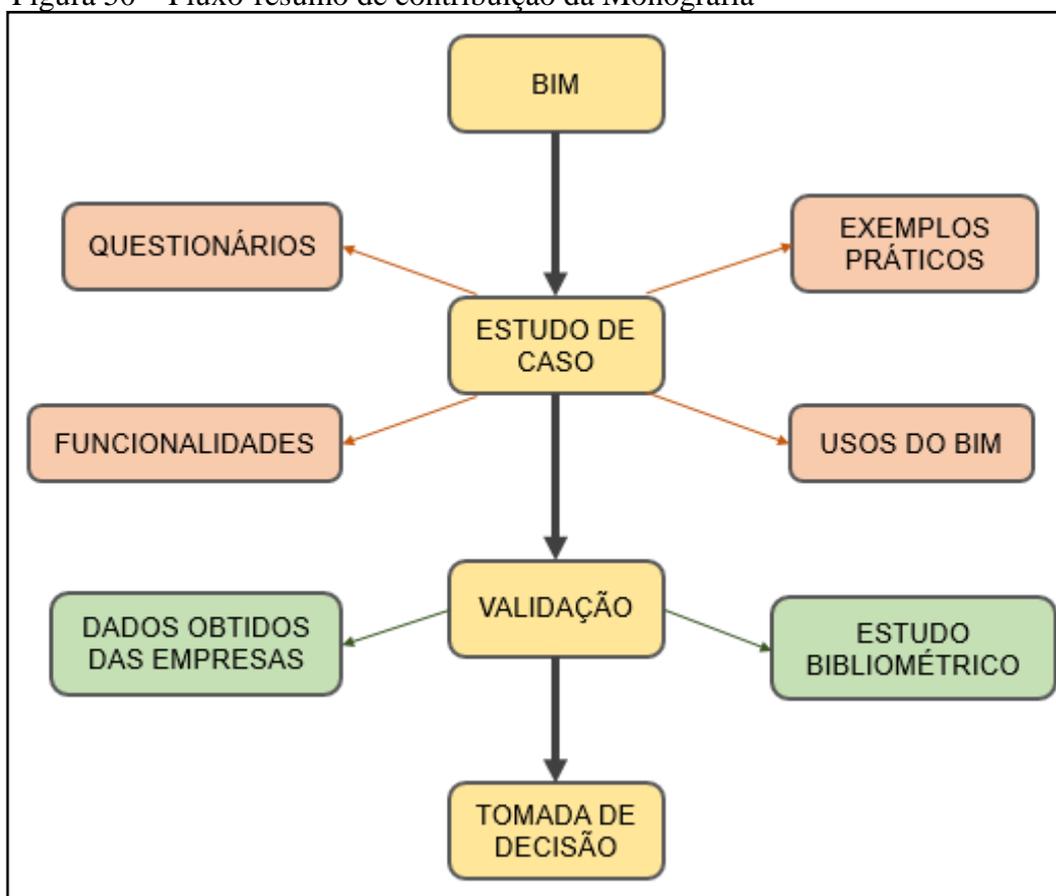
Foi percebido que muitas das empresas desconheciam muitas funcionalidades do BIM e que também muitas delas eram operadas de forma bastante ineficiente, ou seja, avaliou-se a necessidade de buscar desenvolver ferramentas de uma forma mais intuitiva, facilitando o contato do usuário com a tecnologia.

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 5.1 Considerações gerais

Diante de todos os resultados obtidos, percebeu-se a grande importância da realização de estudos que abordem as TICs para a construção civil. Essas tecnologias têm estado cada vez mais presentes no dia a dia de profissionais AEC, sendo quase que indispensáveis a utilização de seus recursos para a construção de novos empreendimentos.

Figura 50 – Fluxo-resumo de contribuição da Monografia



Fonte: Autoria própria

Após a escolha do BIM como objeto de estudo, bem como a realização do estudo de caso, aplicando métodos que permitissem a visualização do emprego dessas tecnologias no mercado, buscou-se validar o BIM na construção. A validação se deu após a obtenção de todos os dados pelas empresas entrevistadas e pelo estudo bibliométrico, onde foi percebido que apesar de algumas desvantagens, como os elevados custos dessas tecnologias, elas são bastante competitivas em relação aos métodos mais tradicionais, pois proporcionam diversos ganhos

para profissionais voltados à construção, principalmente em termos de aumento da produtividade.

Por fim, diante de tudo o que foi apresentado, chegou-se ao processo da tomada de decisão, onde o profissional AEC deverá escolher se vai optar ou não pelo uso da metodologia BIM em sua obra.

## **5.2 Limitações do estudo**

Apesar da presente Monografia apresentar oportuna contribuição à comunidade técnico-científica, bem como à indústria AEC, deve-se destacar que existem algumas limitações a serem explicitadas, e que devem ser observadas para uma melhor aplicação dos resultados até então descritos. Entre elas, pode-se citar:

- a) Necessidade de estudar e avaliar uma maior quantidade de obras para definir melhor os resultados obtidos em relação ao BIM, verificando as vantagens e as necessidades não atendidas ao se utilizar essa metodologia;
- b) Necessidade de entrevistar uma maior quantidade de empresas para definir melhor como o BIM vem sendo utilizado no mercado, e quais as tendências de utilização a curto e a longo prazo;
- c) Necessidade de elaborar matrizes de maturidade para definir de forma mais precisa o nível de maturidade das empresas;
- d) Necessidade de levantamento e estudo de uma maior quantidade de artigos em bases nacionais e estrangeiras, que proporcionem maior facilidade para verificar a tendência do BIM para os anos futuros;
- e) Necessidade de atualização de questionários, bem como realização de novas entrevistas, pois como os recursos ou funcionalidades proporcionadas pelo BIM mudam ao longo dos anos, de acordo com as necessidades do mercado, devem ser feitos novos estudos a cada ano.

Diante do apresentado, espera-se estimular o desenvolvimento de novas pesquisas e, por consequência, oportunidades de melhorias do estudo realizado, buscando constantemente inovações para a construção civil.

### 5.3 Proposições para estudos futuros

As recomendações aqui apresentadas têm o objetivo de promover a continuidade de estudos e pesquisas voltadas à construção, buscando desenvolver cada vez mais essa indústria:

- a) Desenvolver estudos acerca dos usos do BIM em outros estudos de caso, adaptando o quadro elaborado por Kreider e Messner (2011) nos EUA, para atender às necessidades locais do estudo;
- b) Desenvolver estudos sobre as funcionalidades do BIM comparando diversas empresas, quer sejam projetistas ou construtoras, a fim de verificar se elas estão captando facilmente os recursos que são disponibilizados por softwares a cada ano;
- c) Realizar estudos e desenvolver matrizes de maturidade para verificar o nível de maturidade que as empresas estudadas possuem em relação à utilização de metodologias BIM;
- d) Realizar estudos bibliométricos em bases nacionais e estrangeiras comparando pelo menos 300 artigos que utilizam a metodologia BIM para verificar em quais tipos de empresas as funcionalidades do BIM tem sido mais ou menos adotadas, gerando *feedbacks* para que os desenvolvedores das tecnologias BIM disponham novos recursos que impactem a indústria AEC com maior amplitude;
- e) Realizar trabalhos que verifiquem em outras obras novos exemplos práticos de aplicação da metodologia BIM, conferindo aos estudiosos AEC novas opções de empregabilidade dessa metodologia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A solidez e a importância econômica do mercado da construção civil no Brasil, evidenciam cada vez mais a necessidade de aumentar a produtividade no setor. **Sienge**, Florianópolis, 30 junho 2015. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/dispositivos-moveis-para-a-construcao-civil-a-receita-da-produtividade/>>. Acesso em: 29 junho 2017.

AISH, R. Three-dimensional input and visualization. **Evolution**, v. 1, p. 72-78, 1986.

ARAÚJO, C. Eficiência em novas formas de projetar. **BIMExperts**, João Pessoa, abr. 2017. Disponível em: <<http://bimexperts.com.br/bim-e-sustentabilidade/>>. Acesso em: 24 ago. 2017.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. **Anais de Eventos ENTAC**. Porto Alegre. Disponível em: <<http://www.antac.org.br/anais/>>. Acesso em: 27 julho 2017.

Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Programa Inovação Tecnológica. **Caderno de casos de inovação na construção civil**. Disponível em: <[http://cbic.org.br/1caderno\\_inovacao/CBIC\\_PIT\\_Caderno%20Cases\\_2011.pdf](http://cbic.org.br/1caderno_inovacao/CBIC_PIT_Caderno%20Cases_2011.pdf)>. Acesso em: 20 junho 2017.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. Fundamentos BIM - Parte 1. **Implementação do BIM para construtoras e incorporadoras**, v. 1, p. 124, 2016.

CAMERA, E. **Lean Construction como estratégia para melhorias em canteiros de obras: uma revisão sistemática na literatura nacional**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Faculdade de Engenharia de Bauru, Bauru, 2015.

CÂNDIDO, L. F.; BARRETO, J. M. L.; BARROS NETO, J. P. **Análise da produção científica relacionada ao custeio-meta (target costing) na construção civil nos últimos 5 anos (2009-2013)**. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 15. Anais... Maceió: 2014, p 1388-1397.

EASTMAN, C. *et al.* BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors, **John Wiley & Sons**, v. 1, p. 12-23, 2011.

EASTMAN, C. **The Use of Computers Instead of Drawings In Building Design**, American Inst. of Architects, (March), pp. 46-50, 1975.

FORMOSO, C. T.; CESARE, C. M.; LANTELME, E. M. V. As perdas na construção civil: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor. **Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação**, v. 1, p. 1-4, 1996.

FORTES, B. A. C. **Estudo do Planejamento para a Implementação de Construção Industrializada em Aço**, Ouro Preto, 2009.

Gerenciamento e Coordenação de Projetos. **ndBIM Virtual Building**, Vila Nova de Famalicão, 18 julho 2017. Disponível em: < <http://ndbim.eu/index.php/pt/servicos/gerencimento-de-empendimento/>>. Acesso em: 25 setembro 2017.

KIM, L. UTTERBACK, J. M. The Evolution of Organizational Structure and Technology in a Developing Country. **Management Science**, Catonsville, v. 29, n. 10, p. 1185-1197, out. 1983.

KOSKELA, L. Application of the new production philosophy to construction. **Center for Integrated Facility Engineering**, p. 1–81, 1992.

KOTAIRA, K. O que é BIM?. **ENG DTP & Multimídia Ltda**, São Paulo, abr. 2016. Disponível em: < <http://www.eng.com.br/artigo.cfm?id=43/>>. Acesso em: 16 ago. 2017.

KREIDER, R. G.; MESSNER, J. I. The Uses of BIM: Classifying and Selecting BIM Uses. **The Pennsylvania State University**, n. September, p. 0–22, 2013.

LOPES, P.; CARVALHO, P. M.; GOIS, D. DE. Perdas na Construção Civil: Estudo de Caso. **ENTAC**, Canela, 2010.

MENEZES, G. L. B. B. DE. Breve histórico de implantação da plataforma BIM. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, v. 18, n. 22, 2012.

MONDEN, Y. Toyota Production System: Practical Approach to Production Management. **Industrial Engineering and Management Press**, Norcross, GA, v. 1, 1983.

MÜNCH, J. R. Tecnologia BIM: Ciclo do 3D ao 7D. **MAKEBIM**, São Paulo, jan. 2017. Disponível em: < <http://www.makebim.com/2017/01/13/tecnologia-bim-ciclo-do-3d-ao-7d/>>. Acesso em: 17 ago. 2017.

OLIVEIRA, C.; MOURA, S. P.; SOUSA, E. R. **TICs na educação: A utilização das Tecnologias da Informação e Comunicação na aprendizagem do aluno**. 75. p. 75–95, 2012.

PENTTILÄ, H. Describing the Changes in Architectural Information Free-Form Architectural Expression. **ITcon**, v. 11, n. January, p. 395–408, 2006.

PITHAN, D. N; AZAMBUJA, M. M. B; FORMOSO, C. T. BARROS NETO, J. P; Caracterização da produção científica de áreas de conhecimento específicas: aplicação à gestão e economia da construção. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 5, n. 3, p. 7-18, jul./set. 2005.

ROCHA, A. P. Por dentro do BIM. Projetos. **Revista técnica**, PINI. v. 168, n. 1, mar. 2011. Disponível em: < <http://techn17.pini.com.br/engenharia-civil/168/artigo287822-1/>>. Acesso em: 19 ago. 2017.

ROSSO, S. M. Especial - BIM: quem é quem. **AU - Arquitetura e Urbanismo**, São Paulo, v. 208, p. 61-64, jul. 2011.

SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia**. 1989. 336p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1989.

Saiba qual a importância da TI para a Construção Civil. **Teclógica Mobuss Construção**, Santa Catarina, 2 outubro 2015. Disponível em: <<https://www.mobussconstrucao.com.br/blog/2015/10/saiba-qual-a-importancia-da-ti-para-a-construcao-civil-2/>>. Acesso em: 29 junho 2017.

Setor da construção civil aposta em crescimento e geração de empregos com mudanças no MCMV. **Palácio do Planalto**, São Paulo, 06 fevereiro 2017. Disponível em: <<http://www2.planalto.gov.br/acompanhe-planalto/noticias/2017/02/setor-da-construcao-civil-aposta-em-crescimento-e-geracao-de-empregos-com-mudancas-no-mcmv>>. Acesso em: 19 jun. 2017.

SLACK, Nigel; Chambers, Stuart; Johnston, Robert. **Administração da produção**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SMARTMARKET REPORT. The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets: How Contractors Around the World Are Driving Innovation With Building Information Modeling. **Mcgraw Hill Construction**, Bedford, 2014. Anual.

SMARTMARKET REPORT. The Business Value of BIM in North America: Multi-Year Trend Analysis and User Ratings (2007-2012). **Mcgraw Hill Construction**, Bedford, 2012. Anual.

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

TATUM, C. B., Potential Mechanisms for Construction Innovation, **Journal of Construction Engineering and Management**, ASCE, v. 112, n. 2, jun. 1986.

VASCONCELOS, I. A. *et al.* Análise da produção científica de área de conhecimento específico: caracterização do tema requisitos do cliente do mercado da construção civil. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 1, p. 95-108, jan./mar. 2013.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A Mentalidade Enxuta nas Empresas**: elimine os desperdícios e crie riqueza. 4ª ed. Rio de Janeiro, 2004.

## APÊNDICE A – MODELO DE QUESTIONÁRIO: PERGUNTAS OBJETIVAS

PERGUNTAS	Avaliação do entrevistado					
	Conc. total	Conc. parcial	Neutro	Disc. parcial	Disc. total	Não Sei Resp.
1) A Empresa incentivou e buscou treinar todos os funcionários no processo de adesão da metodologia BIM.						
2) Houve fácil adesão do BIM entre todos os membros da Empresa.						
3) A implantação da metodologia foi gerenciada por meio de um plano para controle de tempo, pessoas, custos e riscos.						
4) Os processos de trabalho em BIM na empresa encontram-se bem definidos e em operação por todos da Empresa.						
5) A Empresa procura estar sempre atenta aos novos recursos que o BIM vem proporcionando em suas atualizações a cada ano, bem como se empenha em utilizá-los na sua rotina.						
6) Em reuniões com terceiros, a empresa utiliza o BIM como principal recurso.						
7) O BIM é utilizado para visualização 3D.						
8) O BIM é utilizado para compatibilização.						
9) O BIM proporciona a redução de erros e retrabalho para a empresa.						
10) O BIM é utilizado para a extração de quantitativos e elaboração de orçamentos.						

**APÊNDICE A – MODELO DE QUESTIONÁRIO: PERGUNTAS OBJETIVAS**  
**(continuação)**

PERGUNTAS	Avaliação do entrevistado					
	Conc. total	Conc. parcial	Neutro	Disc. parcial	Disc. total	Não Sei Resp.
13) A Empresa utiliza uma base de indicadores para medir a melhoria da qualidade e produtividade em função da utilização do BIM.						
14) O BIM proporciona melhoria da definição do projeto no momento das vendas.						
15) O BIM tem facilitado as vendas, bem como aumentado o ganho de receita da Empresa.						
16) O BIM tem reduzido os custos indiretos para a Empresa.						
17) A imagem da Empresa frente aos empreendedores melhorou após a utilização do BIM.						
18) Estou bastante satisfeito com tudo que o BIM vem proporcionando para minha Empresa.						

## APÊNDICE B – MODELO DE QUESTIONÁRIO: PERGUNTAS DISCURSIVAS

---

### PERGUNTAS

1) Como você definiria o BIM?

2) De quem foi a iniciativa de introduzir o BIM na Empresa?

3) O que levou a Empresa a optar pela implantação do BIM?

4) Quais as principais barreiras encontradas pela Empresa ao aderir a metodologia BIM?

5) Quanto foi aproximadamente o custo para a Empresa na implantação do BIM? (ou quais os processos que mais custaram durante a implantação do BIM?)

6) Você já ouviu falar sobre verificação automática de normas técnicas em softwares que estão ligados ao BIM? Você usaria?

7) Quais as vantagens do BIM para você?

8) Quais as desvantagens do BIM para você? O que poderia ser melhorado?

9) Qual a perspectiva da Empresa em relação ao BIM para os próximos anos? (Horizonte de 5 anos; Horizonte de 10 anos)

**APÊNDICE C – RESPOSTA DO QUESTIONÁRIO DE PERGUNTAS OBJETIVAS:  
EMPRESA A**

PERGUNTAS	Avaliação do entrevistado					
	Conc. total	Conc. parcial	Neutro	Disc. parcial	Disc. total	Não Sei Resp.
1) A Empresa incentivou e buscou treinar todos os funcionários no processo de adesão da metodologia BIM.	X					
2) Houve fácil adesão do BIM entre todos os membros da Empresa.				X		
3) A implantação da metodologia foi gerenciada por meio de um plano para controle de tempo, pessoas, custos e riscos.	X					
4) Os processos de trabalho em BIM na empresa encontram-se bem definidos e em operação por todos da Empresa.			X			
5) A Empresa procura estar sempre atenta aos novos recursos que o BIM vem proporcionando em suas atualizações a cada ano, bem como se empenha em utilizá-los na sua rotina.	X					
6) Em reuniões com terceiros, a empresa utiliza o BIM como principal recurso.	X					
7) O BIM é utilizado para visualização 3D.	X					
8) O BIM é utilizado para compatibilização.	X					
9) O BIM proporciona a redução de erros e retrabalho para a empresa.	X					

**APÊNDICE C – RESPOSTA DO QUESTIONÁRIO DE PERGUNTAS OBJETIVAS:  
EMPRESA A (continuação)**

PERGUNTAS	Avaliação do entrevistado					
	Conc. total	Conc. parcial	Neutro	Disc. parcial	Disc. total	Não Sei Resp.
10) O BIM é utilizado para a extração de quantitativos e elaboração de orçamentos.	X					
11) O BIM é utilizado para a simulação da produção visando a racionalização dos recursos.			X			
12) O BIM é utilizado para simulação da operação das edificações.						X
13) A Empresa utiliza uma base de indicadores para medir a melhoria da qualidade e produtividade em função da utilização do BIM.						X
14) O BIM proporciona melhoria da definição do projeto no momento das vendas.	X					
15) O BIM tem facilitado as vendas, bem como aumentado o ganho de receita da Empresa.	X					
16) O BIM tem reduzido os custos indiretos para a Empresa.	X					
17) A imagem da Empresa frente aos empreendedores melhorou após a utilização do BIM.	X					
18) Estou bastante satisfeito com tudo que o BIM vem proporcionando para minha Empresa.	X					

**APÊNDICE D – RESPOSTA DO QUESTIONÁRIO DE PERGUNTAS DISCURSIVAS:  
EMPRESA A**

---

**PERGUNTAS**

**1) Como você definiria o BIM?**

Uma metodologia que permite por meio de diversos softwares adicionar informações aos modelos, permitindo a criação de modelos mais consistentes.

**2) De quem foi a iniciativa de introduzir o BIM na Empresa?**

Minha.

**3) O que levou a Empresa a optar pela implantação do BIM?**

As necessidades do mercado, ao perceber em viagens que fiz que o BIM já vinha sendo utilizado por diversas empresas fora do Brasil.

**4) Quais as principais barreiras encontradas pela Empresa ao aderir a metodologia BIM?**

A principal delas é a impossibilidade de parar toda a equipe para estudar e aprender a utilizar os recursos oferecidos pelo BIM, devido a necessidade de entregar projetos já em andamento no prazo determinado.

**5) Quanto foi aproximadamente o custo para a Empresa na implantação do BIM? (ou quais os processos que mais custaram durante a implantação do BIM?)**

Os processos mais custosos foram a compra de hardwares e de softwares, e de treinamento dos colaboradores. O investimento foi por volta de R\$ 200 mil.

**APÊNDICE D – RESPOSTA DO QUESTIONÁRIO DE PERGUNTAS DISCURSIVAS:  
EMPRESA A (continuação)**

---

**PERGUNTAS**

6) Você já ouviu falar sobre verificação automática de normas técnicas em softwares que estão ligados ao BIM? Você usaria?

Sim. Utilizo.

7) Quais as vantagens do BIM para você?

As principais vantagens que vejo é a visualização tridimensional de modelos, detecção de conflitos entre disciplinas e elaboração de quantitativos.

8) Quais as desvantagens do BIM para você? O que poderia ser melhorado?

Não vejo desvantagens na metodologia BIM. O que percebo é que atualmente muitas empresas não conseguem utilizar a metodologia de forma plena, ou seja, usufruir de todos os recursos oferecidos pela mesma.

9) Qual a perspectiva da Empresa em relação ao BIM para os próximos anos?  
(Horizonte de 5 anos; Horizonte de 10 anos)

Espero que meus colaboradores aprendam a utilizar alguns recursos que são oferecidos pelo BIM e que ainda não estão em operação em minha empresa.

---

**APÊNDICE E – RESPOSTA DO QUESTIONÁRIO DE PERGUNTAS OBJETIVAS:  
EMPRESA B**

PERGUNTAS	Avaliação do entrevistado					
	Conc. total	Conc. parcial	Neutro	Disc. parcial	Disc. total	Não Sei Resp.
1) A Empresa incentivou e buscou treinar todos os funcionários no processo de adesão da metodologia BIM.	X					
2) Houve fácil adesão do BIM entre todos os membros da Empresa.		X				
3) A implantação da metodologia foi gerenciada por meio de um plano para controle de tempo, pessoas, custos e riscos.			X			
4) Os processos de trabalho em BIM na empresa encontram-se bem definidos e em operação por todos da Empresa.		X				
5) A Empresa procura estar sempre atenta aos novos recursos que o BIM vem proporcionando em suas atualizações a cada ano, bem como se empenha em utilizá-los na sua rotina.	X					
6) Em reuniões com terceiros, a empresa utiliza o BIM como principal recurso.	X					
7) O BIM é utilizado para visualização 3D.	X					
8) O BIM é utilizado para compatibilização.	X					
9) O BIM proporciona a redução de erros e retrabalho para a empresa.	X					

**APÊNDICE E – RESPOSTA DO QUESTIONÁRIO DE PERGUNTAS OBJETIVAS:  
EMPRESA B (continuação)**

PERGUNTAS	Avaliação do entrevistado					
	Conc. total	Conc. parcial	Neutro	Disc. parcial	Disc. total	Não Sei Resp.
10) O BIM é utilizado para a extração de quantitativos e elaboração de orçamentos.	X					
11) O BIM é utilizado para a simulação da produção visando a racionalização dos recursos.	X					
12) O BIM é utilizado para simulação da operação das edificações.			X			
13) A Empresa utiliza uma base de indicadores para medir a melhoria da qualidade e produtividade em função da utilização do BIM.		X				
14) O BIM proporciona melhoria da definição do projeto no momento das vendas.	X					
15) O BIM tem facilitado as vendas, bem como aumentado o ganho de receita da Empresa.	X					
16) O BIM tem reduzido os custos indiretos para a Empresa.	X					
17) A imagem da Empresa frente aos empreendedores melhorou após a utilização do BIM.	X					
18) Estou bastante satisfeito com tudo que o BIM vem proporcionando para minha Empresa.	X					

**APÊNDICE F – RESPOSTA DO QUESTIONÁRIO DE PERGUNTAS DISCURSIVAS:  
EMPRESA B**

---

**PERGUNTAS**

**1) Como você definiria o BIM?**

O BIM é um conceito que, a partir da representação virtual 3D da edificação, é possível gerenciar processos, políticas e tecnologias, ao longo do ciclo de vida da edificação.

**2) De quem foi a iniciativa de introduzir o BIM na Empresa?**

Foi minha, em 2008, quando conheci o BIM no IGLC.

**3) O que levou a Empresa a optar pela implantação do BIM?**

O BIM surgiu, para nós, como um complemento ao LEAN, que já praticávamos na época. Acreditamos que o BIM e o LEAN, quando combinados, trazem inúmeros benefícios à construção da edificação.

**4) Quais as principais barreiras encontradas pela Empresa ao aderir a metodologia BIM?**

Mão de obra especializada, pois quando começamos, tivemos que treinar todos os profissionais que contratávamos já que, na época, não existiam muitos cursos de extensão nem disciplinas nas universidades.

**5) Quanto foi aproximadamente o custo para a Empresa na implantação do BIM? (ou quais os processos que mais custaram durante a implantação do BIM?)**

O custo não tenho como medir, mas os processos que mais custaram foram: compra de software, compra de equipamentos e treinamentos da equipe.

**APÊNDICE F – RESPOSTA DO QUESTIONÁRIO DE PERGUNTAS DISCURSIVAS:  
EMPRESA B (continuação)**

---

**PERGUNTAS**

6) Você já ouviu falar sobre verificação automática de normas técnicas em softwares que estão ligados ao BIM? Você usaria?

Sim. Usaria sim, caso fosse demandado do cliente.

7) Quais as vantagens do BIM para você?

Dentre as inúmeras vantagens do BIM, destaco aquelas que vejo constantemente: identificação de inconsistências antes da execução, extração de quantitativos precisos, simulação 4D e compreensão de detalhes construtivos para auxílio em tomadas de decisões.

8) Quais as desvantagens do BIM para você? O que poderia ser melhorado?

Com certeza, o que pode ser melhorado, é a interoperabilidade entre ferramentas BIM de diferentes empresas.

9) Qual a perspectiva da Empresa em relação ao BIM para os próximos anos?  
(Horizonte de 5 anos; Horizonte de 10 anos)

---

\*\* A pergunta 9 do questionário aberto não foi respondida pelo entrevistado por acreditar que não cabia ao perfil da Empresa.

**APÊNDICE G – RESPOSTA DO QUESTIONÁRIO DE PERGUNTAS OBJETIVAS:  
EMPRESA C**

PERGUNTAS	Avaliação do entrevistado					
	Conc. total	Conc. parcial	Neutro	Disc. parcial	Disc. total	Não Sei Resp.
1) A Empresa incentivou e buscou treinar todos os funcionários no processo de adesão da metodologia BIM.	X					
2) Houve fácil adesão do BIM entre todos os membros da Empresa.			X			
3) A implantação da metodologia foi gerenciada por meio de um plano para controle de tempo, pessoas, custos e riscos.		X				
4) Os processos de trabalho em BIM na empresa encontram-se bem definidos e em operação por todos da Empresa.			X			
5) A Empresa procura estar sempre atenta aos novos recursos que o BIM vem proporcionando em suas atualizações a cada ano, bem como se empenha em utilizá-los na sua rotina.		X				
6) Em reuniões com terceiros, a empresa utiliza o BIM como principal recurso.			X			
7) O BIM é utilizado para visualização 3D.			X			
8) O BIM é utilizado para compatibilização.		X				
9) O BIM proporciona a redução de erros e retrabalho para a empresa.	X					

**APÊNDICE G – RESPOSTA DO QUESTIONÁRIO DE PERGUNTAS OBJETIVAS:  
EMPRESA C (continuação)**

PERGUNTAS	Avaliação do entrevistado					
	Conc. total	Conc. parcial	Neutro	Disc. parcial	Disc. total	Não Sei Resp.
10) O BIM é utilizado para a extração de quantitativos e elaboração de orçamentos.						X
11) O BIM é utilizado para a simulação da produção visando a racionalização dos recursos.						X
12) O BIM é utilizado para simulação da operação das edificações.						X
13) A Empresa utiliza uma base de indicadores para medir a melhoria da qualidade e produtividade em função da utilização do BIM.					X	
14) O BIM proporciona melhoria da definição do projeto no momento das vendas.						X
15) O BIM tem facilitado as vendas, bem como aumentado o ganho de receita da Empresa.						X
16) O BIM tem reduzido os custos indiretos para a Empresa.		X				
17) A imagem da Empresa frente aos empreendedores melhorou após a utilização do BIM.		X				
18) Estou bastante satisfeito com tudo que o BIM vem proporcionando para minha Empresa.	X					

**APÊNDICE H – RESPOSTA DO QUESTIONÁRIO DE PERGUNTAS  
DISCURSIVAS: EMPRESA C**

---

**PERGUNTAS**

**1) Como você definiria o BIM?**

Defino o BIM como uma ferramenta aliada à construção civil, proporcionando ganhos, como os de produtividade.

**2) De quem foi a iniciativa de introduzir o BIM na Empresa?**

Da diretoria.

**3) O que levou a Empresa a optar pela implantação do BIM?**

A necessidade de se manter competitiva diante do Mercado.

**4) Quais as principais barreiras encontradas pela Empresa ao aderir a metodologia BIM?**

O tempo, pois há a impossibilidade de parar toda a equipe para a implantação, devido a necessidade de entregar projetos já em andamento no prazo determinado.

**5) Quanto foi aproximadamente o custo para a Empresa na implantação do BIM? (ou quais os processos que mais custaram durante a implantação do BIM?)**

**APÊNDICE H – RESPOSTA DO QUESTIONÁRIO DE PERGUNTAS  
DISCURSIVAS: EMPRESA C (continuação)**

---

PERGUNTAS

6) Você já ouviu falar sobre verificação automática de normas técnicas em softwares que estão ligados ao BIM? Você usaria?

Sim.

7) Quais as vantagens do BIM para você?

Os ganhos de tempo, devido ao aumento da produtividade.

8) Quais as desvantagens do BIM para você? O que poderia ser melhorado?

A representação impressa, pois ainda não percebo melhorias proporcionadas por softwares BIM após a plotagem do projeto em pranchas.

9) Qual a perspectiva da Empresa em relação ao BIM para os próximos anos?  
(Horizonte de 5 anos; Horizonte de 10 anos)

Curto prazo (5 anos): Finalizar a implementação BIM;

Longo prazo (10 anos): Migração completa de todos os projetos para a plataforma BIM.

---

**APÊNDICE I – RESPOSTA DO QUESTIONÁRIO DE PERGUNTAS OBJETIVAS:  
EMPRESA D**

PERGUNTAS	Avaliação do entrevistado					
	Conc. total	Conc. parcial	Neutro	Disc. parcial	Disc. total	Não Sei Resp.
1) A Empresa incentivou e buscou treinar todos os funcionários no processo de adesão da metodologia BIM.	X					
2) Houve fácil adesão do BIM entre todos os membros da Empresa.		X				
3) A implantação da metodologia foi gerenciada por meio de um plano para controle de tempo, pessoas, custos e riscos.	X					
4) Os processos de trabalho em BIM na empresa encontram-se bem definidos e em operação por todos da Empresa.		X				
5) A Empresa procura estar sempre atenta aos novos recursos que o BIM vem proporcionando em suas atualizações a cada ano, bem como se empenha em utilizá-los na sua rotina.	X					
6) Em reuniões com terceiros, a empresa utiliza o BIM como principal recurso.			X			
7) O BIM é utilizado para visualização 3D.	X					
8) O BIM é utilizado para compatibilização.	X					
9) O BIM proporciona a redução de erros e retrabalho para a empresa.	X					

**APÊNDICE I – RESPOSTA DO QUESTIONÁRIO DE PERGUNTAS OBJETIVAS:  
EMPRESA D (continuação)**

PERGUNTAS	Avaliação do entrevistado					
	Conc. total	Conc. parcial	Neutro	Disc. parcial	Disc. total	Não Sei Resp.
10) O BIM é utilizado para a extração de quantitativos e elaboração de orçamentos.	X					
11) O BIM é utilizado para a simulação da produção visando a racionalização dos recursos.	X					
12) O BIM é utilizado para simulação da operação das edificações.	X					
13) A Empresa utiliza uma base de indicadores para medir a melhoria da qualidade e produtividade em função da utilização do BIM.		X				
14) O BIM proporciona melhoria da definição do projeto no momento das vendas.	X					
15) O BIM tem facilitado as vendas, bem como aumentado o ganho de receita da Empresa.			X			
16) O BIM tem reduzido os custos indiretos para a Empresa.						X
17) A imagem da Empresa frente aos empreendedores melhorou após a utilização do BIM.	X					
18) Estou bastante satisfeito com tudo que o BIM vem proporcionando para minha Empresa.	X					

**APÊNDICE J – RESPOSTA DO QUESTIONÁRIO DE PERGUNTAS DISCURSIVAS:  
EMPRESA D**

---

**PERGUNTAS**

1) Como você definiria o BIM?

Modelo de construção virtual que possibilita verificar conflitos com todas as disciplinas de projeto.

2) De quem foi a iniciativa de introduzir o BIM na Empresa?

Da diretoria da Empresa.

3) O que levou a Empresa a optar pela implantação do BIM?

A exigência do mercado.

4) Quais as principais barreiras encontradas pela Empresa ao aderir a metodologia BIM?

Falta de treinamento específico para a área da engenharia.

5) Quanto foi aproximadamente o custo para a Empresa na implantação do BIM? (ou quais os processos que mais custaram durante a implantação do BIM?)

**APÊNDICE J – RESPOSTA DO QUESTIONÁRIO DE PERGUNTAS DISCURSIVAS:  
EMPRESA D (continuação)**

---

**PERGUNTAS**

6) Você já ouviu falar sobre verificação automática de normas técnicas em softwares que estão ligados ao BIM? Você usaria?

Não. Sim, usaria.

7) Quais as vantagens do BIM para você?

Verificação de conflitos e melhor compreensão dos projetos.

8) Quais as desvantagens do BIM para você? O que poderia ser melhorado?

No caso de instalações, vejo como desvantagem uma demora maior na modelagem (em alguns processos). Ou seja, percebo que em softwares mais tradicionais, como o Autocad, essa modelagem é mais rápida.

9) Qual a perspectiva da Empresa em relação ao BIM para os próximos anos?  
(Horizonte de 5 anos; Horizonte de 10 anos)

---

**APÊNDICE K – RESPOSTA DO QUESTIONÁRIO DE PERGUNTAS OBJETIVAS:  
EMPRESA E**

PERGUNTAS	Avaliação do entrevistado					
	Conc. total	Conc. parcial	Neutro	Disc. parcial	Disc. total	Não Sei Resp.
1) A Empresa incentivou e buscou treinar todos os funcionários no processo de adesão da metodologia BIM.	X					
2) Houve fácil adesão do BIM entre todos os membros da Empresa.	X					
3) A implantação da metodologia foi gerenciada por meio de um plano para controle de tempo, pessoas, custos e riscos.	X					
4) Os processos de trabalho em BIM na empresa encontram-se bem definidos e em operação por todos da Empresa.	X					
5) A Empresa procura estar sempre atenta aos novos recursos que o BIM vem proporcionando em suas atualizações a cada ano, bem como se empenha em utilizá-los na sua rotina.	X					
6) Em reuniões com terceiros, a empresa utiliza o BIM como principal recurso.	X					
7) O BIM é utilizado para visualização 3D.	X					
8) O BIM é utilizado para compatibilização.	X					
9) O BIM proporciona a redução de erros e retrabalho para a empresa.	X					

**APÊNDICE K – RESPOSTA DO QUESTIONÁRIO DE PERGUNTAS OBJETIVAS:  
EMPRESA E (continuação)**

PERGUNTAS	Avaliação do entrevistado					
	Conc. total	Conc. parcial	Neutro	Disc. parcial	Disc. total	Não Sei Resp.
10) O BIM é utilizado para a extração de quantitativos e elaboração de orçamentos.	X					
11) O BIM é utilizado para a simulação da produção visando a racionalização dos recursos.	X					
12) O BIM é utilizado para simulação da operação das edificações.			X			
13) A Empresa utiliza uma base de indicadores para medir a melhoria da qualidade e produtividade em função da utilização do BIM.			X			
14) O BIM proporciona melhoria da definição do projeto no momento das vendas.		X				
15) O BIM tem facilitado as vendas, bem como aumentado o ganho de receita da Empresa.			X			
16) O BIM tem reduzido os custos indiretos para a Empresa.		X				
17) A imagem da Empresa frente aos empreendedores melhorou após a utilização do BIM.	X					
18) Estou bastante satisfeito com tudo que o BIM vem proporcionando para minha Empresa.	X					

**APÊNDICE L – RESPOSTA DO QUESTIONÁRIO DE PERGUNTAS DISCURSIVAS:  
EMPRESA E**

---

**PERGUNTAS**

1) Como você definiria o BIM?

Construção virtual do empreendimento.

2) De quem foi a iniciativa de introduzir o BIM na Empresa?

Da diretoria da Empresa.

3) O que levou a Empresa a optar pela implantação do BIM?

Inovação e maior facilidade em compatibilizar de projetos.

4) Quais as principais barreiras encontradas pela Empresa ao aderir a metodologia BIM?

a) Uma maior demora quanto ao retorno de projetistas aos "clashes" apresentados;

b) O custo.

5) Quanto foi aproximadamente o custo para a Empresa na implantação do BIM? (ou quais os processos que mais custaram durante a implantação do BIM?)

Bem oneroso. Em média, R\$ 10.500,00 / mês.

**APÊNDICE L – RESPOSTA DO QUESTIONÁRIO DE PERGUNTAS DISCURSIVAS:  
EMPRESA E (continuação)**

---

**PERGUNTAS**

6) Você já ouviu falar sobre verificação automática de normas técnicas em softwares que estão ligados ao BIM? Você usaria?

Sim, mas acho que isso é mais adequado aos projetistas.

7) Quais as vantagens do BIM para você?

Antecipação na tomada de decisão, ao visualizar previamente possíveis problemas que possam ocorrer.

8) Quais as desvantagens do BIM para você? O que poderia ser melhorado?

O custo.

9) Qual a perspectiva da Empresa em relação ao BIM para os próximos anos?  
(Horizonte de 5 anos; Horizonte de 10 anos)

Já estamos aplicando essa metodologia em todos os nossos empreendimentos.

---