



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

GABRIEL DO NASCIMENTO RIBEIRO

**Aplicação de ferramentas BIM em um projeto de cobertura do estádio Professor Dário
Rodrigues Leite**

Guaratinguetá - SP
2015

GABRIEL DO NASCIMENTO RIBEIRO

**Aplicação de ferramentas BIM em um projeto de
cobertura do estádio Professor Dário Rodrigues Leite**

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Civil.

Orientador: Prof Dr José Roberto Dale Luche

Guaratinguetá
2015

R484a

Ribeiro, Gabriel do Nascimento

Aplicação de ferramentas BIM em um projeto de cobertura do estádio
Professor Dário Rodrigues Leite / Gabriel do Nascimento Ribeiro –
Guaratinguetá, 2015.

68 f : il.

Bibliografia: f. 54-56

Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade
Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2015.

Orientador: Prof. Dr. José Roberto Dale Luche


1. Indústria de construção civil - Automação2. Projeto auxiliado por
computador 3. Sistema CAD/CAM I. Título

CDU 69

Gabriel do Nascimento Ribeiro

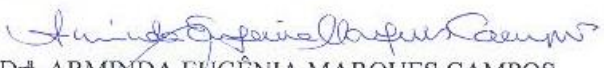
ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
"GRADUADO EM ENGENHARIA CIVIL"


APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL


Prof. Dr. GEORGE DE PAULA BERNARDES
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. JOSÉ ROBERTO DALE LUCHE
Orientador/UNESP-FEG


Prof.^a Dr.^a ARMINDA EUGÊNIA MARQUES CAMPOS
UNESP-FEG


Prof. Dr. OTÁVIO JOSÉ DE OLIVEIRA
UNESP-FEG

Dezembro de 2015

DADOS CURRICULARES

GABRIEL DO NASCIMENTO RIBEIRO

NASCIMENTO 27.04.1993 – SANTO ANDRÉ / SP

FILIAÇÃO Luis José Ribeiro
Maria Célia do Nascimento Ribeiro

2011/2015 Curso de Graduação em Engenharia Civil
Universidade Estadual Paulista – “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Guaratinguetá.

Dedico este trabalho aos meus pais que me ensinaram a importância de valores como respeito e dedicação e me deram a oportunidade de buscar meus sonhos e objetivos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a meus pais, Luis e Maria Célia, que sempre se dedicaram ao máximo para que eu tivesse todas as oportunidades possíveis durante minha vida e meus estudos e principalmente por me ensinarem a importância de valores como respeito, dedicação e honestidade.

A meus professores que, da infância à universidade, me forneceram o conhecimento necessário para realizar o objetivo de me tornar engenheiro civil.

A minha família e meus amigos que estiveram ao meu lado por toda a vida.

A Adriane A. D. Oliveira que esteve ao meu lado durante grande parte desta trajetória.

A meu orientador, *Prof Dr José Roberto Dale Luche*, que me auxiliou na realização deste estudo.

A empresa R. Sartori Engenharia, que me deu a oportunidade de estagiar e agregar conhecimento prático ao teórico, visto na universidade.

Aos moradores da República A.P.A.E, com os quais aprendi muito durante estes anos de convivência.

E, principalmente, agradeço a Deus pelas oportunidades que tive e por encontrar tantas pessoas maravilhosas em minha vida.

RIBEIRO, G. N. **Aplicação de ferramentas BIM em um projeto de cobertura do estádio Professor Dário Rodrigues Leite**. 2015. 68 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

RESUMO

Em todos os segmentos, as empresas buscam pela maior produtividade e menor perda possível, e no setor da construção civil não é diferente. Com o passar do tempo, técnicas que geraram uma maior produtividade suplantaram técnicas anteriores, um exemplo é a tecnologia *Computer Aided Design* (CAD) que substituiu desenhos a mão livre na execução de projetos. Porém a tecnologia CAD não lida com determinados fatores que permeiam todo o projeto, sendo necessária, em projetos tradicionais, a utilização de outras técnicas para que suprir esta necessidade. Por exemplo, é necessário o uso de um software para a gestão do cronograma, outro para o gerenciamento de ativos, de uma pessoa que faça os cálculos de quantitativos para estimativas e orçamentos. A tecnologia *Building Information Modeling* (BIM) visa integrar essas informações facilitando a comunicação entre membros de uma equipe de trabalho e reduzindo o tempo necessário para a realização do projeto. Este trabalho tem uma metodologia de natureza aplicada, sendo uma pesquisa descritiva, realizada por meio de modelagem e simulação, processos inerentes ao uso do BIM, uma *survey* foi usada para contextualização. Foi utilizado o BIM para o projeto de cobertura de um estádio de futebol, com o objetivo de verificar a viabilidade de tal uso, por meio das análises: de ferramentas BIM, das dificuldades encontradas, das implicações do uso do BIM, e da comparação dos métodos tradicionais e o uso de tecnologia BIM. Para auxílio na contextualização do tema, uma *survey* foi realizada para verificar a utilização do BIM nas médias e pequenas empresas.

PALAVRAS-CHAVE: BIM. Produtividade. Integração da informação.

RIBEIRO, G. N. **Application of BIM tools in a coverage project for the Professor Cário Rodrigues Leite Stadium.** 2015. 68 f. Graduate Work (Graduate in Civil Engineering) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

ABSTRACT

In all segments, the companies are looking for the highest productivity with the lowest possible cost, and in the construction industry, the thinking is the same. Over time, techniques that generate more productivity supplanted previous techniques; an example is the CAD technology that replaced free drawings in projects execution. However, the Computer Aided Design (CAD) technology does not deal with certain factors that permeate the entire project. It is required the use of other techniques to supply this need in traditional projects. For example, a software for schedule management, another for assets management and a person who makes calculations for estimates and budgets. The BIM (Building Information Modeling) technology aims to integrate all this information, facilitating the communication among members of a work team and reducing the time required to carry out the project. This work is a applied research, a descriptive research, carried out through modeling and simulation, processes inherent in the use of BIM, a survey was also used only to contextualization. BIM was used for a soccer stadium roof project, in order to verify the feasibility of such use through the analysis of: BIM tools, difficulties encountered and implications of BIM use, and comparison of traditional methods and the use of BIM. To aid the contextualization, a survey was conducted to verify the use of BIM in medium and small companies.

KEYWORDS : BIM. Productivity. Information integration.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Comparação do tempo de para se tornar tecnologia dominante entre CAD e BIM.....	15
Figura 2 – Gráfico de frequência de usos do BIM	21
Figura 3 - Gráfico de comparação de benefício dos usos do BIM	21
Figura 4 - Impactos do uso do BIM.....	24
Figura 5 - Gráfico: Fatores que limitam o andamento da obra	32
Figura 6 - Gráfico: Fontes de atraso	33
Figura 7 - Gráfico: Fontes de erro	33
Figura 8 - Gráfico: Dificuldades na fase de projeto	34
Figura 9 - Gráfico: conhecimento sobre BIM	34
Figura 10 - Grau de conhecimento sobre o BIM.....	35
Figura 11 - Gráfico: Utilização de ferramentas BIM	35
Figura 12 – Gráfico: Utilidade do uso do BIM	36
Figura 13 – Gráfico: Receptividade com o uso do BIM	36
Figura 14 - Corte a partir de uma planta.....	41
Figura 15 - Modelo de folha.....	41
Figura 16 - Mudança de projeto	42
Figura 17 - Alerta de inconsistência.....	43
Figura 18 - Edição de camadas de uma parede	43
Figura 19 - Diferentes filtros	45
Figura 20 - Tabela de quantitativos e preços por materiais.....	46
Figura 21 - Janela de edição e definição de filtros	47
Figura 22 - Tabela de quantitativos e preços dos elementos de parede	47
Figura 23 - Renderização do modelo: estacionamento	49
Figura 24 - Renderização do modelo: arquibancada	49
Figura 25 - Frames do vídeo de estudo solar.....	50
Figura 26 - Frames do vídeo de passeio virtual.....	51

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	10
1.2 OBJETIVO.....	10
1.3 DELIMITAÇÕES.....	11
1.4 JUSTIFICATIVAS.....	11
1.5 MÉTODO DE PESQUISA.....	12
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	13
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
2.1 EVOLUÇÃO DAS FERRAMENTAS DE PROJETO.....	14
2.2 BIM: DEFINIÇÃO.....	15
2.3 ORIGEM.....	15
2.4 DIMENSÕES DO BIM.....	16
2.5. USOS DO BIM.....	19
2.6 SOFTWARES BIM.....	22
2.7 IMPACTOS DO USO DO BIM.....	23
2.8 DIFICULDADES PARA A IMPLANTAÇÃO DO BIM.....	24
2.9 PANORAMA INTERNACIONAL DO BIM.....	25
2.10 PANORAMA DO BIM NO BRASIL.....	26
3. BIM NAS MÉDIAS E PEQUENAS CONSTRUTORAS.....	30
3.1 METODOLOGIA E OBJETIVO.....	30
3.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	31
3.3 RESULTADOS DA PESQUISA.....	32
4. OBJETO DE APLICAÇÃO: MODELO DE COBERTURA DO ESTÁDIO PROFESSOR DÁRIO RODRIGUES LEITE.....	37
4.1 COBERTURAS DE ESTÁDIOS.....	37
4.2 PROJETO DE COBERTURA DO ESTÁDIO DÁRIO RODRIGUES LEITE, EM GUARATINGUETÁ, SP.....	39
5. APLICAÇÃO DE BIM AO PROJETO.....	40
5.1 DOCUMENTAÇÃO.....	40
5.2 PROJETO.....	42
5.3 GERENCIAMENTO DE CRONOGRAMA.....	44
5.4 ORÇAMENTAÇÃO.....	45
5.5 APRESENTAÇÃO AO CLIENTE.....	48
6. CONCLUSÃO.....	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
Apêndice A - Softwares BIM.....	57

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização do problema

São muitos os exemplos de países que criam leis que exigem o uso do Modelagem da Informação da construção, do inglês *Building Information Modeling* (BIM), em obras públicas, assim como o número de empresas que também o exigem em seus projetos. No Brasil, Petrobrás, Infraero, DNIT e o Governo de Santa Catarina têm adotado medidas para a introdução do BIM em seus projetos. Pesquisa da *McGraw Hill Construction* (2007) no mercado dos Estados Unidos mostra que 75% das empresas que utilizaram o BIM reportaram uma taxa de retorno (ROI) positivo. Isso denota a importância que o BIM tem adquirido cada vez mais na indústria da construção civil.

Este trabalho apresenta características e ferramentas BIM, além de comparar os métodos tradicionais aplicados em atividades da construção civil com as mesmas atividades utilizando métodos, conceitos e ferramentas BIM. E com isso verificar a viabilidade do uso do BIM em um projeto de cobertura para o estádio Professor Dário Rodrigues Leite, em Guaratinguetá, evidenciando durante o processo: boas práticas, vantagens competitivas e dificuldades de tal uso.

1.2 Objetivo

O objetivo deste trabalho é verificar a viabilidade e as implicações do uso do BIM em uma proposta de projeto de cobertura do estádio Professor Dário Rodrigues Leite, situado na cidade de Guaratinguetá-SP, observando os ganhos e as dificuldades trazidas pelo uso do BIM, como vantagens competitivas e custos de implantação, e evidenciando boas práticas.

1.2.1 Objetivos específicos

- Análise das ferramentas que utilizam o conceito BIM;
- Análise das dificuldades enfrentadas nas diferentes fases de um projeto;
- Identificação das implicações do uso de BIM nas diferentes fases de um projeto;
- Comparação dos métodos tradicionalmente utilizados durante uma construção e a utilização de ferramentas BIM.

1.3 Delimitações

Este trabalho visa avaliar o uso do BIM em um projeto de cobertura para o estádio municipal estádio Professor Dário Rodrigues Leite, em Guaratinguetá, São Paulo, inaugurado em 7 de setembro de 1965, com capacidade atual para 15.769 pessoas. O local já sediou jogos do campeonato paulista de futebol série A1 e do campeonato brasileiro de futebol série B.

Neste trabalho, o foco está direcionado as etapas de elaboração de um empreendimento complexo como a cobertura de um estádio. As etapas abordadas serão: documentação, projeto, cronograma, orçamento e apresentação ao cliente.

1.4 Justificativas

Estão entre as razões para a realização deste trabalho:

O aumento do interesse na utilização de BIM no país pelas grandes empresas demanda um maior estudo sobre o tema e que os profissionais busquem mais informações para que se mantenham atualizados. Esse aumento de interesse é demonstrado em pesquisa realizada pela PINI (2013) na qual 52,84% dos entrevistados, entre engenheiros e arquitetos, pretendiam utilizar o BIM num prazo de 1 a 5 anos.

Estudar as implicações de uma nova tecnologia no mercado da construção civil, um relevante setor da economia brasileira. Segundo o Instituto de Educação Tecnológica, cerca de 172.703 empresas atuam neste setor, e a adoção de uma nova tecnologia pode impactar no trabalho de todos que são empregados por essas empresas.

Este trabalho apresenta boas práticas e vantagens competitivas do uso do BIM, fato este que pode contribuir para o crescimento de seu uso na indústria da construção civil, além de evidenciar algumas dificuldades encontradas durante seu uso, o que pode fazer com que as empresas interessadas na adoção do BIM tomem medidas diminuam ou eliminem tais dificuldades. Com uma visão mais operacional, este trabalho pode fornecer informações importantes para a implantação do BIM.

O setor acadêmico pode se beneficiar com este trabalho, visto que, além de trazer informações operacionais nem sempre abordadas em trabalhos acadêmicos, pode incentivar a realização de novos trabalhos a respeito do tema, fomentando a geração de conhecimento e evolução do BIM.

1.5 Método de pesquisa

Este trabalho se constitui de uma pesquisa com as seguintes características quanto a natureza, objetivos, procedimentos e resultados:

Natureza: Pesquisa aplicada;

Objetivo: Pesquisa descritiva;

Procedimentos: Modelagem, simulação e survey;

Resultados: Pesquisa qualitativa.

O estudo se dá a partir da aplicação de conceitos e ferramentas BIM a um projeto de cobertura do estádio Professor Dário Rodrigues Leite, buscando evidenciar as conseqüências, implicações, vantagens e dificuldades encontradas durante o processo. A aplicação de tecnologia BIM trás consigo o uso de modelagem e simulação, que são utilizadas em todas as etapas de um empreendimento abordadas deste trabalho, com grande destaque para a realização de: projeto, cronograma, orçamento e apresentação ao cliente. A partir desta aplicação do BIM, é realizada uma comparação com os métodos tradicionais utilizados na construção civil.

Modelagem e simulação são metodologias inerentes ao BIM, Eastman et al. (2007) afirmam que as atuais ferramentas BIM foram desenvolvidas a partir da modelagem paramétrica. Neste tipo de modelagem, alguns critérios e relações entre objetos pré-estabelecidas, visam facilitar e acelerar o processo, suprimindo a necessidade de que o autor da modelagem introduza todas as características geométricas dos objetos. Pesquisas bibliográficas e documentais também são utilizadas neste trabalho.

Para fins de complemento da contextualização do tema, apenas, este trabalho inclui também em sua realização uma *survey* com membros do setor de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) por meio de um questionário que têm como principais objetivos, verificar a inserção do BIM nas pequenas e médias empresas do setor e avaliar a receptividade dos profissionais em relação à nova tecnologia, podendo assim verificar o potencial de crescimento do uso do BIM neste segmento.

São esperados como resultados deste trabalho, a identificação de vantagens competitivas, boas práticas com o uso do BIM e dificuldades, dados qualitativos que permitam atingir o objetivo deste trabalho, verificar a viabilidade do uso do BIM a um projeto de cobertura para o estádio Professor Dário Rodrigues Leite.

1.6 Estrutura do trabalho

No Capítulo 2 encontra-se a fundamentação teórica que inclui aspectos como o histórico das ferramentas de projeto, aspectos importantes sobre BIM, o que é o BIM, sua origem, dentre outros conceitos. O Capítulo 3 apresenta uma pesquisa realizada sobre a inserção do BIM entre as pequenas e médias empresas do setor da construção civil. O Capítulo 4 é formado por um estudo sobre as coberturas dos estádios brasileiros, como forma de introdução à análise do objeto de aplicação, seus objetivos, materiais e dificuldades de execução. O Capítulo 5 mostra a aplicação do BIM ao objeto tratado no Capítulo 4, assim como a comparação com métodos tradicionais da construção. O Capítulo 6 apresenta a conclusão sobre o que foi observado nos capítulos anteriores. O Capítulo 7 mostra as referências bibliográficas utilizadas no trabalho. O Apêndice A traz as características de diferentes ferramentas BIM.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Evolução das ferramentas de projeto

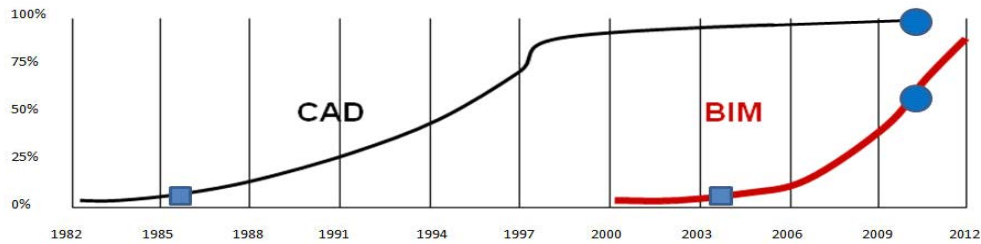
Até meados da década de 1980, os projetos de engenharia civil e arquitetura eram tradicionalmente realizados por meio de desenhos a mão. Alguns dos instrumentos utilizados eram pranchetas, gabaritos plásticos, régua, lápis e nanquim. E a apresentação dos projetos era feita em maquetes com diferentes materiais, por exemplo, papelão e isopor (SANTOS, 2012).

Após o advento dos computadores na década de 1980, foi criada a tecnologia CAD, que aos poucos passou a ser utilizada nos escritórios de arquitetura. Porém, os computadores da época não tinham um poder de processamento satisfatório e era preciso fazer um alto investimento para sua aquisição, se tornando assim, um recurso utilizado por poucos. Outra dificuldade para a introdução do CAD nos projetos era a ausência de internet, o que forçava a comunicação entre os profissionais ser realizada por meios físicos. Além destes fatores complicadores, existia uma resistência da indústria da construção civil em aderir a mudanças de sistemas consideradas arriscadas na época. Parte do setor acadêmico acreditava que o uso da tecnologia CAD, prejudicaria o traço, podendo até mesmo afetar a criatividade dos arquitetos. Alguns escritórios absorveram a tecnologia CAD, arcando com as dificuldades e desafios provenientes da mudança (ORCIOULE, 2010).

Atualmente, ocorre novamente um processo de mudança de tecnologia, o BIM vem sendo introduzido nos projetos de engenharia civil em diversas partes do mundo, Reino Unido e Estados Unidos são exemplos de países que possuem leis de introdução do BIM em projetos, e está substituindo o CAD. A mudança da tecnologia CAD para o BIM, tende a ser menos complicada do que foi a introdução da tecnologia CAD aos profissionais que se utilizavam apenas de desenhos a mão. No caso da introdução do CAD, a tecnologia utilizada e o instrumento estavam muito longe dos profissionais, portanto, a substituição das ferramentas e desenho pelo computador foi uma mudança drástica, na forma como eram realizados os projetos. Atualmente, os computadores são acessíveis aos profissionais e estes já estão familiarizados a utilizá-los em projetos, portanto a transição do CAD para o BIM tende a ser menos impactante (CAMPOS, 2015). Pesquisa realizada por Santos (2012) revela que 100% dos profissionais entrevistados utilizam ferramentas de computação gráfica em seus projetos, e não desenhos a mão.

Abaixo, segue o gráfico fornecido pela *American Institute of Architects* (AIA) sobre o tempo de implantação da tecnologia CAD, e o tempo de implantação da tecnologia BIM. O gráfico mostra que o CAD precisou de cerca de 12 anos para suplantiar os desenhos a mão, e projeta que o BIM precisará de menos da metade deste tempo para superar a tecnologia CAD.

Figura 1- Comparação do tempo de para se tornar tecnologia dominante entre CAD e BIM.



Fonte: AIA

2.2 BIM: Definição

A sigla BIM significa “Modelagem da Informação da Construção”, do inglês *Building Information Modeling*, e representa uma nova tecnologia para a realização de projetos da indústria da construção civil. BIM é o processo de integração da informação da construção, geralmente canalizado em um modelo virtual que apóia todas as etapas de um empreendimento, desde o projeto preliminar até a operação, passando pela documentação e construção. Não se trata, portanto, de um fabricante de softwares, ou um software efetivamente, mas sim de um processo (STRAFACI, 2008). Esta tecnologia permite a construção de modelos virtuais em três dimensões que podem ser feitos de maneira conjunta por profissionais de diferentes áreas: estrutural, arquitetônica, de instalações elétricas, hidráulicas, entre outras, e que tem a si agregado informações de custos, cronograma e fornecedores, por exemplo, e com isso propicia novos recursos no gerenciamento de obras e acelera a realização de diversas etapas da obra, da fase de projeto a operação.

As ferramentas BIM, diferentemente das ferramentas CAD, utilizam-se de uma linguagem paramétrica, na qual os elementos adaptam-se ao contexto e a regras de alto nível pré-definidas pelo usuário. Nos sistemas CAD, cada aspecto geométrico deve ser especificado pelo usuário. (EASTMAN et al. 2007). Softwares que não permitam a introdução de informações sobre os componentes, que não utilizem linguagem paramétrica, que se utilizem de múltiplas vistas em duas dimensões para criar o modelo, ou ainda que não alterem automaticamente as demais vistas quando uma, ou o próprio modelo 3D, é modificada, não são considerados tecnologia BIM.

2.3 Origem

Segundo Jerry Laiserin em BIM Handbook (EASTMAN et al. 2007), o registro mais antigo do conceito BIM foi encontrado em 1975 em “*Building Description System*” escrito por Charles M. “Chuck” Eastman no *Journal AIA*. Durante as décadas de 1970 e 1980

pesquisas foram realizadas na Europa e nos Estados Unidos com diferentes denominações: “*Product Information Models*” e “*Building Product Models*”, respectivamente. Posteriormente houve a união dos termos, gerando: “*Building Information Model*”. Robert Aish, em 1986, estabeleceu os argumentos do atual BIM e tecnologia para sua implementação sob o termo “*Building Modeling*”. G. A. vanNederveen e F. Tolman, em 1992, foram os primeiros a utilizar o termo “*Building Information Model*” de forma documentada e em inglês em *Automation in Construction* (VAN NEDERVEEN & TOLMAN, 1992). Tentativas de popularizar e tornar consenso o atual termo “*Building Information Modeling*” foram feitas por Jerry Laiserin (LAISERIN, 2002, 2003), embora o termo já tivesse sido utilizado dez anos antes.

2.4 Dimensões do BIM

Em 2007 já eram desenvolvidas extensões para incorporação de novos parâmetros de gerenciamento à análise feita por ferramentas BIM (EASTMAN et al. 2007). Para mostrar a adição de novos parâmetros, Eastman et al. (2007) utiliza a expressão “nD”, na qual “n” representa um número de parâmetros abrangidos e “D” é uma abreviação da palavra “dimensão”. Abaixo seguem as dimensões encontradas nas ferramentas BIM atualmente e os parâmetros abrangidos por elas.

2.4.1 BIM 2 Dimensões (2D)

BIM 2D é o termo usado para se referir a geração de documentos em papel a partir de ferramentas BIM.

A maior parte dos clientes e governos ainda exige documentação em papel de prédios, rodovias e demais empreendimentos, o que torna essencial que as ferramentas BIM sejam capazes de gerar tal documentação. Este aspecto é bastante facilitado em relação aos métodos mais tradicionais. Com o modelo 3D pronto, é possível realizar cortes em qualquer seção do modelo, o que permite grande facilidade de detalhamento na documentação e agilidade na realização de cortes, plantas e layouts. Outra vantagem em relação aos métodos mais tradicionais é o fato de que se houver alteração no modelo 3D, as ferramentas BIM automaticamente alteram as plantas, layouts e cortes já feitos, ou seja, não há necessidade de se corrigir cada prancha uma a uma.

A tecnologia BIM foi utilizada na construção do Centro Aquático de Pequim. Em Eastman et. al. (2007), Stuart Bull, modelador sênior da Arup, empresa envolvida no projeto,

relata que as habilidades do software BentleyStructural reduziram muito o tempo de produção da documentação 2D.

2.4.2 BIM 3 Dimensões (3D)

BIM 3D refere-se a geração de modelos dos projetos num ambiente virtual, atribuindo ao modelo todas as informações geométricas sobre os componentes dos projetos.

A modelagem do projeto pode se dar de forma colaborativa entre diferentes membros de uma equipe: arquiteto, engenheiro estrutural, projetista de instalação elétrica, projetista de instalação hidráulica, projetista de instalação de ar-condicionado, dentre outros. Essa colaboração permite a diminuição de mudanças de projeto e facilita as revisões de projeto permitindo a identificação de interferências entre os projetos: estrutural, arquitetônico e de instalações (*Clash detection*). Os modelos 3D podem ser utilizados para representar o projeto As-build, o que facilita identificação de mudanças posteriores realizadas pelos usuários e a atribuição de responsabilidades. Em obras de infra-estrutura, como rodovias, a utilização do BIM pode facilitar a escolha do traçado da rodovia, pois é possível ver o ambiente onde a obra será realizada em 3 dimensões, facilitando a visualização de fatores ambientais por exemplo.

Pesquisa no SmartMarketReport da McGraw Hill em 2007 no mercado dos Estados Unidos indicou uma redução de até 40% nas mudanças de projeto com o uso do BIM. Indicou também uma economia de 10% pelo valor de contrato gerado pela descoberta antecipada de interferências.

2.4.3 BIM 4 Dimensões (4D)

O termo BIM 4D refere-se a adição da variável tempo as 3 variáveis geométricas, ou seja, atrela o cronograma da obra ao modelo 3D. Com o BIM 4D é possível visualizar o andamento da obra passo a passo, dia a dia, ou mesmo como num filme dependendo da ferramenta. É possível elaborar e visualizar diferentes planos de ataque para o empreendimento e com isso optar com mais certeza pelo mais adequado, pois o BIM 4D permite elaborar diferentes cenários para a obra, como atrasos em determinados serviços e verificar o impacto causado na obra. Com a visualização em 3D dia a dia da obra, é mais fácil definir o layout do canteiro de obras em diferentes etapas do projeto. Verificando a melhor posição para equipamentos temporários como guindastes e outros.

Pela possibilidade de ver como a obra deveria estar em determinada data, a comparação entre o andamento esperado e o que efetivamente foi realizado é facilitada. Assim o engenheiro de obra pode mandar informações de forma rápida para os responsáveis pelo

planejamento da obra, acelerando, também, tomadas de decisões. Além disso, a visualização em forma de vídeo pode ser utilizada comercialmente, mostrada a clientes e usuários com objetivo de informar e gerar interesse pelo empreendimento.

2.4.4 BIM 5 Dimensões (5D)

BIM 5D tem a adição da variável custo às 4 anteriores. Com o BIM 5D é possível elaborar quantitativos de insumos e orçamentos de materiais de maneira fácil e com menor quantidade de erros. Isso se torna possível atrelando-se dados de custo aos elementos do modelo 3D e seus insumos. Além disso, o BIM 5D facilita a geração de relatórios de insumos e orçamentos em outro aspecto, caso os materiais ou dimensões dos elementos dos modelos sejam alteradas, os quantitativos de insumos e os orçamentos são automaticamente alterados, o que possibilita a rápida comparação entre diferentes opções desejadas.

Pesquisa no SmartMarketReport da McGraw Hill em 2007 no mercado dos Estados Unidos indicou uma redução de até 80% no tempo para a realização de estimativas de custo (com 97% de precisão) com o uso do BIM.

2.4.5 BIM 6 Dimensões (6D)

BIM 6D refere-se a análises de eficiência energética e impactos ambientais dos empreendimentos. Ferramentas específicas BIM, realizam tais análises, fornecendo dados sobre a iluminação natural, ventilação, acústica e outros fatores que facilitam obtenção de certificados de eficiência energética, por exemplo, o *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED).

O Edifício Federal de São Francisco é um exemplo de empreendimento que teve o uso BIM para avaliação energética e deu confiança aos projetistas e clientes sobre a efetividade do sistema de ventilação utilizado no edifício e ajudou a resolver problemas antes da construção do edifício (EASTMAN et. al., 2007).

2.4.6 BIM 7 Dimensões (7D)

O BIM 7D é caracterizado pela adição de informações de fabricantes e fornecedores, informações técnicas dos produtos, como garantias, o que facilita a elaboração de estratégias e

manuais de uso e de manutenção preventiva do equipamentos. Por meio do BIM 7D é possível ter acesso inclusive a fotos dos produtos e instalações. E a atribuição de responsabilidade em caso de falhas é facilitada visto que com as informações que são atribuídas aos elementos da obra é possível verificar se houve problema dentro do prazo de garantia, ou se não houve a manutenção necessária dos equipamentos. A modelagem As-build também permite verificar se houve modificações posteriores nas instalações. Todos esses aspectos facilitam a administração do ciclo de vida dos empreendimentos, o “*Facilities Management*” (Gerenciamento de instalações, em português).

Na *Sydney Opera House*, o gerenciamento de instalações com BIM foi utilizado durante trabalhos de manutenção durante os quais a energia elétrica precisaria ser cortada (MITCHELL E SCHEVERS, 2005).

2.5. Usos do BIM

O BIM tem diversos usos, que além de se dividirem entre as dimensões do BIM, podem ser divididos entre as fases de um empreendimento: planejamento, projeto, construção e operação. Alguns destes usos não se restringem apenas a uma fase, como Análise estrutural e Planejamento de canteiro de obras; podem estar presentes em duas, como é o caso da Coordenação 3D e Análise de local; em três, como o Planejamento de fases, ou mesmo em todas as fases citadas, como Estimativa de custos e Modelagem das condições existentes. Os usos do BIM podem, também, ser divididos em primários e secundários. Para Kreider e Messner (2013), Estimativa de custos, Análise de iluminação, Controle e planejamento 3D e o Armazenamento do modelo são considerados usos primários. Enquanto Revisão de design, Avaliação LEED, Adequação às leis e Planejamentos em caso de desastres são chamados de usos secundários. A quadro 1 a seguir mostra a divisão dos usos do BIM entre as diferentes fases de um empreendimento, assim como a classificação entre usos primários e usos secundários.

Quadro 1: Usos do BIM.

Planejamento	Projeto	Construção	Operação
Modelagem de condições existentes			
Estimativa de custo			
Planejamento de fases			
Cronograma			
Análise local			
	Revisão do projeto		
	Autoria do projeto		
	Análise estrutural		
	Análise de iluminação		
	Análise energética		

(Continua)

Quadro 1: Usos do BIM (Continuação)

Planejamento	Projeto	Construção	Operação
	Análise Mecânica		
	Outras análises		
	Avaliação LEED		
	Adequação às leis		
	Coordenação 3D		
		Planejamento do canteiro de obras	
		Projeto dos sistemas construtivos	
		Fabricação digital	
		Controle e planejamento 3D	
			Registro do modelo
			Agendamento de manutenção
			Análise do sistema construtivo
			Gerenciamento de ativos
			Gerenciamento e rastreamento do espaço
			Planejamento de desastres
Uso primário	Uso secundário		

Fonte: Adaptado de: BIM Execution Planning – Penn State

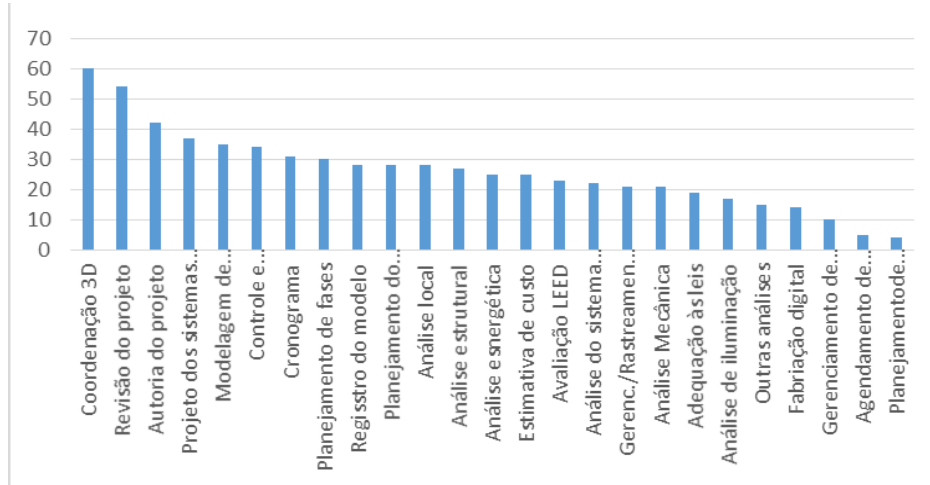
Para se verificar a frequência que as empresas utilizavam o BIM para os diferentes usos e o grau de benefício que estes usos têm trazido para as empresas, foi realizada uma pesquisa em 2009. Analisando-se os resultados verifica-se que os usos mais frequentes e que tem gerado mais benefícios são a Coordenação 3D e a revisão de projetos. Entretanto todos os usos estão sendo explorados e gerando ganhos às empresas (KREIDER et al. 2010). Na pesquisa, a frequência foi medida em porcentagem. Já os benefícios foram medidos em uma escala de -2 à +2, segundo a seguinte correspondência:

- -2: Muito negativo;
- -1: “Negativo”;
- 0: “Neutro”;
- +1: “Positivo”;

- +2: “Muito positivo”.

Segue-se, na figura 2, o gráfico referente à pesquisa sobre frequência de cada uso do BIM:

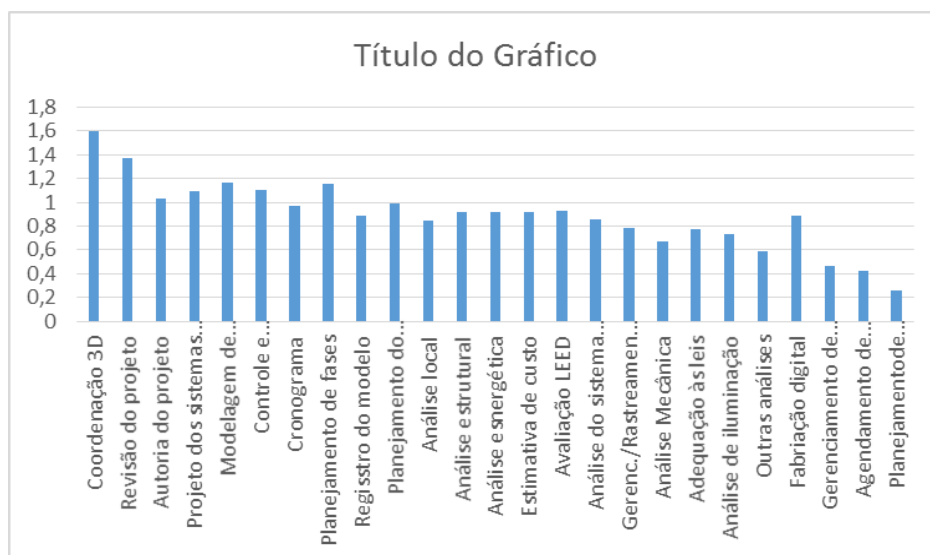
Figura 2 – Gráfico de frequência de usos do BIM



Fonte: Adaptação (KREIDER et al. 2010)

A figura 3 apresenta o gráfico de comparação dos benefícios do BIM, através da média dos votos dos entrevistados seguindo a escala citada.

Figura 3 - Gráfico de comparação de benefício dos usos do BIM



Fonte: Adaptação (KREIDER et al. 2010)

O quadro 2 a seguir mostra a comparação numérica entre a frequência de uso e os benefícios relatados.

Quadro 2: Tabela de comparação da frequência dos usos do BIM e seus respectivos benefícios relatados pelos entrevistados em (KREIDER et al, 2010)

Uso do BIM	Frequencia	Posição	Benefício	Posição
	%	1 a 25	"-2" a "+2"	1 a 25
Coordenação 3D	60	1	1,6	1
Revisão do projeto	54	2	1,37	2
Autoria do projeto	42	3	1,03	7
Projeto dos sistemas construtivos	37	4	1,09	6
Modelagem de condições existentes	35	5	1,16	3
Controle e planejamento 3D	34	6	1,1	5
Cronograma	31	7	0,97	9
Planejamento de fases	30	8	1,15	4
Registro do modelo	28	9	0,89	14
Planejamento do canteiro de obras	28	10	0,99	8
Análise local	28	11	0,85	17
Análise estrutural	27	12	0,92	13
Análise energética	25	13	0,92	11
Estimativa de custo	25	14	0,92	12
Avaliação LEED	23	15	0,93	10
Análise do sistema construtivo	22	16	0,86	16
Gerenc./Rastreamento do espaço	21	17	0,78	18
Análise Mecânica	21	18	0,67	21
Adequação às leis	19	19	0,77	19
Análise de iluminação	17	20	0,73	20
Outras análises	15	21	0,59	22
Fabricação digital	14	22	0,89	15
Gerenciamento de ativos	10	23	0,47	23
Agendamento de manutenção	5	24	0,42	24
Planejamento de desastres	4	25	0,26	25

Fonte: Adaptado (KREIDER et al. 2010)

2.6 Softwares BIM

Atualmente existem muitos *softwares* BIM disponíveis no mercado. Cada um apresenta vantagens, desvantagens e seu uso principal. Há *softwares* utilizados para projetos, outros para extração de quantitativos, de orçamentos, gerenciamento de cronograma, entre outros usos. Em Eastman et al (2007) obtém se uma análise de alguns dos principais *softwares* OBIM: o *software Autodesk Revit* tem como pontos positivos: a possibilidade de um rápido aprendizado, uma biblioteca ampla devido a contribuições de usuários, além da possibilidade da ação de mais de um usuário ao mesmo tempo, entretanto, por ser baseado em memória,

quando a complexidade do projeto aumenta, ocorre uma diminuição da velocidade de processamento das ações; o *Bentley Systems* possui uma ampla variedade de produtos que atendem o mercado AEC e um bom suporte ao usuário, porém sua biblioteca de objetos é menos ampla que a de outros concorrentes e a diferença de comportamento de um produto para outro, assim como a difícil interoperabilidade entre eles e as interfaces amplas, não integradas, dificultam o aprendizado; o *ArchiCAD* possui grande biblioteca de objetos e amplo número de aplicações, assim como um fácil aprendizado e pode ser utilizado no sistema operacional *Mac*, mas sua capacidade de modelagem paramétrica é limitada; o *Digital Project* possui grande capacidade de modelagem 3D, entretanto o aprendizado é difícil, o investimento inicial para sua utilização é grande e não possui uma biblioteca de objetos muito ampla; o *Tekla Structures* é uma ferramenta com grande poder de modelagem de estruturas permitindo o uso de diferentes materiais, por mais de um usuário ao mesmo tempo e suporta arquivos grandes, porém seu aprendizado é difícil e tem um custo relativamente alto; o *DProfiler* tem grande capacidade de gerar avaliações econômicas de projetos, porém não possui ampla variedade de aplicações. Uma lista de características de alguns *softwares* BIM será trazida no Apêndice A.

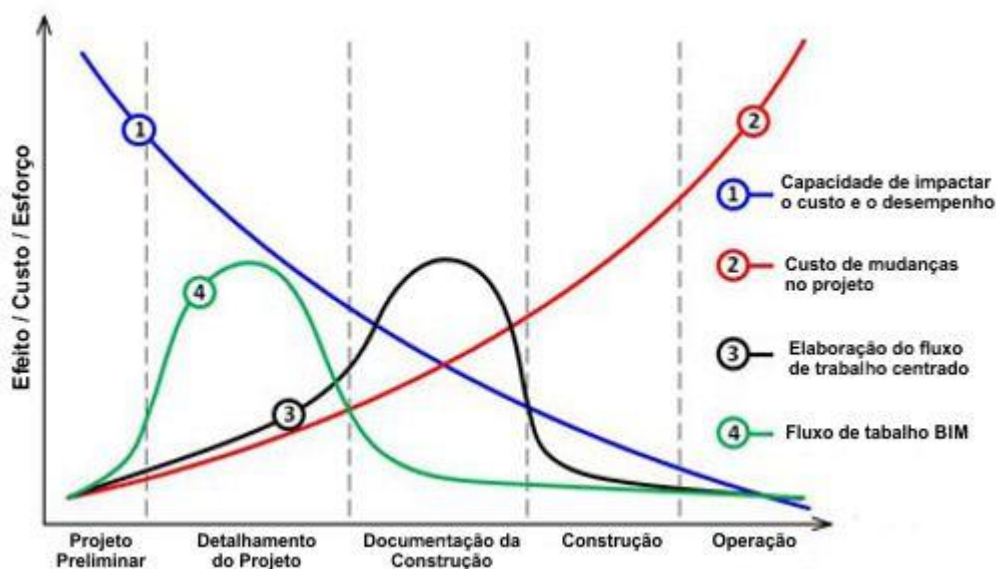
2.7 Impactos do uso do BIM

Tradicionalmente o fluxo de trabalho apresenta uma concentração maior na fase de construção e documentação, provenientes de retrabalhos, mudanças de projeto e decisões que são tomadas durante esta fase. Com o uso do BIM, esta concentração maior de trabalho é deslocada para a fase de detalhamento de projeto, isto acontece, pois ocorre uma antecipação de decisões, como, por exemplo, *layout* de canteiro de obras, cronograma de entrega de materiais, planos de ataque, frentes de trabalho, verificação de interferências, ao mesmo tempo em que são diminuídos os casos de retrabalho e alterações de projeto durante a execução da obra. Segundo Eastman et. al. (2007), a tempo para documentação é diminuído pela capacidade da tecnologia BIM de tornar automáticas formas padrão de detalhamento.

O uso do BIM pode reduzir gastos de um empreendimento. E quanto mais cedo ele for introduzido no empreendimento, maior será a capacidade do BIM de diminuir os custos, pois ele influencia todo o processo, gerando economia pela maior precisão das análises, melhora na comunicação e também por aspectos como diminuição do retrabalho e de mudanças de projeto. A mudança de projeto tem a característica inversa, ela aumenta os custos e quanto mais tarde ela ocorrer dentro do processo, maior será o aumento de custos. O gráfico na Figura 4 apresenta essas características. A linha 1 mostra porque a introdução do BIM nas fases iniciais de um projeto tende a diminuir mais os custos, a capacidade de influenciar custos e desempenho é maior durante as fases iniciais. A linha 2 mostra a importância do projeto com o mínimo de erros possíveis, mudanças de projeto em fases mais avançadas da obra geram custos maiores. O fluxo de trabalho tradicional é representado pela linha 3, enquanto o fluxo de trabalho gerado com o uso do BIM é retratado pela linha 4. É destacado

na figura o impacto das escolhas iniciais de projeto sobre custos, benefícios e funcionalidade do empreendimento (EASTMAN et al., 2007).

Figura 4 - Impactos do uso do BIM.



Fonte: PlataformaBIM.com, adaptado de: Patrick MacLeamy AIA/HOK.

2.8 Dificuldades para a implantação do BIM

A utilização do BIM traz muitos benefícios, mas sua implantação necessita superar algumas dificuldades, como investimento em softwares e hardwares que permitam desenvolver projetos com tecnologia BIM, o treinamento da equipe de trabalho para lidem com a forma colaborativa de trabalho e a antecipação de decisões trazidas pelo BIM. Interoperabilidade e a necessidade de criação de bibliotecas próprias estão entre as dificuldades encontradas para a implantação do BIM.

2.8.1 Interoperabilidade

Cada fornecedor de software utiliza um formato de arquivo próprio. Em geral, os formatos de arquivo de cada fornecedor permitem a exportação e importação entre os produtos deste. Entretanto, não é incomum, em um grupo de trabalho, diferentes escritórios utilizarem softwares de diferentes fornecedores, gerando um problema na troca de informações e arquivos entre os diferentes profissionais envolvidos em um projeto, arquitetos, engenheiros, empreiteiros, entre outros. A saída que tem sido utilizada pelas empresas é utilizar *softwares* que suportem o formato *International Foundation Classes (IFC)*, um

formato de domínio público desenvolvido pela indústria para atender necessidades em diversas fases da construção e publicada pela International *Alliance for Interoperability* (IAI).

2.8.2 Bibliotecas

A maioria das empresas utiliza elementos próprios ou de fornecedores específicos, isto faz com que exista a necessidade da criação de bibliotecas que representem estes elementos para a utilização em ferramentas BIM. Nestas bibliotecas, estes objetos são representados por famílias definidas por meio de diversas condições paramétricas. A criação destas bibliotecas demanda certo tempo por parte das empresas que utilizam o BIM. Alguns fornecedores têm se mobilizado para disponibilizar bibliotecas de seus produtos para modelagem BIM, dentre elas, a Tigre, que foi a primeira no Brasil e disponibiliza gratuitamente em seu site a biblioteca TigreCAD que pode ser utilizada nos *softwares*: AutoCAD, Revit e SketchUp. A Docol também lançou sua biblioteca, assim como a Deca, Phillips, Incepa, Legrand, entre outras. O exército brasileiro tem projeto que desenvolve bibliotecas públicas de objetos para modelos BIM.

2.8.3 Investimento

A adoção da tecnologia BIM requer um investimento inicial para: o treinamento dos profissionais, que precisam aprender a utilizar a ferramentas BIM e a lidar com as novas interações e as mudanças que o BIM traz ao projeto; aquisição de equipamentos que atendam aos requisitos mínimos exigidos pelos softwares com tecnologia BIM, como computadores que suportem os softwares de modelagem, gerenciamento e outros tipos de avaliações, *tablets* que suportem softwares de visualização dos modelos 3D, por exemplo; e a aquisição das licenças de uso dos *softwares* junto aos seus fornecedores, as empresas podem necessitar de mais de um *software* dependendo dos usos em que ela deseja empregar o BIM.

2.9 Panorama internacional do BIM

O uso do BIM está crescendo em diversos países. Este crescimento tem se desenvolvido pelo mundo de formas diferentes. Na Austrália, o processo de introdução do BIM tem acontecido de forma espontânea, pelos profissionais, são os chamados “*earlyadopters*”. A

utilização do BIM pode ser fomentada pela ação do governo, através da criação de leis que exijam a presença de BIM nos projetos. Tal fato ocorreu, por exemplo, no Reino Unido, onde o governo local criou, em 2011, uma lei que exige o uso do BIM, nível 2 (modelagem e interoperabilidade), em todos os projetos feitos para o governo a partir de 2016. Nota-se que o governo do Reino Unido deu um prazo de 5 anos para a adaptação das empresas, isso se deve ao fato de o BIM não pode ser implantado em uma empresa de forma abrupta, é um processo que demanda tempo. A lei criada no Reino Unido provocou aumento nas atividades relacionadas ao BIM no país de 37% (CAMPOS, 2015). Em março de 2014, o governo francês decidiu que o BIM deve estar presente em 100% das obras públicas até 2017.

Nos Estados Unidos, as fornecedoras de softwares foram grandes propulsoras na utilização do BIM (CAMPOS, 2015), porém também houve participação do governo. Em 2006, a *General Services Administration* (GSA) estabeleceu que todos os edifícios públicos deveriam ser projetados em BIM (MANZIONE, 2013). A utilização do BIM nos Estados Unidos passou de 40% para 71%, entre 2009 e 2012, segundo dados do *SmartMarketReport* (2012).

Em Cingapura, o órgão público *Construction Authority* (BCA) implantou um sistema de aprovação de projetos através do envio do modelo eletrônico em BIM, ou seja, as informações necessárias para a aprovação vêm junto ao modelo enviado pelo projetista. Este sistema, em 2013 tinha uma média de prazo de aprovação de 26 dias, com meta para 2015 de 10 dias (MANZIONE, 2013).

Na Dinamarca, Finlândia e Noruega empresas estatais passaram a exigir a adoção de BIM em seus projetos. Em Hong Kong e na Coreia do Sul, órgãos do governo também decidiram pela obrigatoriedade do uso do BIM em projetos; na Holanda pelo seu uso em manutenção de projetos de grande porte (MANZIONE, 2013).

Em Cancun, no México, o BIM é utilizado para atualização do imposto territorial de cidadãos que ampliam suas residências e comércios sem a necessidade de visitas in loco, segundo dados do site: planservice.com.br (2014).

2.10 Panorama do BIM no Brasil

2.10.1 Setor acadêmico

O setor acadêmico tem buscado contribuir para a disseminação do BIM no Brasil. Surgido como um projeto acadêmico em 2008, a Rede BIM Brasil é composta por 9 universidades que buscam introduzir o BIM em seus cursos de graduação, desenvolver e disseminar seus conceitos através de redes cooperadas de programas de pós-graduação.

Atualmente são encontrados cursos de pós-graduação e *Master of Business Administration* (MBA) voltados para o tema BIM na Bahia, no Paraná e no Rio Grande do Norte.

2.10.2 Setor público

Ao contrário do que se vê em muitos países do mundo, ainda não há no Brasil uma lei nacional para o uso do BIM, o que se tem são algumas iniciativas isoladas, mostrando que o poder público está começando a tomar conhecimento do BIM e suas vantagens.

Segundo Fernando Augusto Corrêa da Silva em *Construção mercado* (2015), o BIM é boa alternativa de desenvolvimento tecnológico no país em um período considerado de crise, visto que teve grande crescimento nos Estados Unidos num período recessivo, de 2009 a 2013.

Alguns exemplos de órgãos que tem inserido o BIM em seus projetos são:

- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT);
- Metrô de São Paulo;
- Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM);
- Exército;
- Petrobrás;
- Infraero.

Outras iniciativas que visam fomentar uso BIM estão acontecendo, a finalização do Sistema de Classificação da Informação da Construção, NBR 15965, subsidiada pelo Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio (MDIC), é um exemplo. O Exército, em parceria com o MDIC, criará a Biblioteca de Componentes Nacionais.

Ainda não existe uma norma nacional sobre o BIM, mas a comissão de estudo de modelagem de informação da construção (ABNT/CEE – 134), conjuntamente com o Grupo de Trabalho de Componentes BIM, tem desenvolvido diretrizes para a criação de bibliotecas de componentes BIM e uma norma brasileira.

A criação das bibliotecas e o desenvolvimento de normas e diretrizes fazem parte de um projeto do governo federal, por meio do MDIC, que visa incentivar a implantação do BIM no Brasil chamado Plano Brasil Maior. No site do programa é possível encontrar um balanço executivo do plano de 2011 a 2014 e um relatório de acompanhamento das medidas sistêmicas adotadas.

Ainda no âmbito público, o Governo do Estado de Santa Catarina tornou-se o primeiro governo estadual a autorizar editais de obras com o uso do BIM. O anúncio foi feito no dia 13 de março de 2014 no Seminário estadual sobre BIM – “Uma nova forma de fazer engenharia e arquitetura”, realizado em Florianópolis. As primeiras obras com editais autorizados foram:

- Instituto de Cardiologia de Santa Catarina, na cidade de São José;
- Anexo do Hospital Regional Hans Dieter Schmidt, na cidade de Joinville.

Segundo o secretário do planejamento, Murilo Flores em entrevista publicada no site do Governo de Santa Catarina, a intenção do governo é exigir cada vez mais a utilização do BIM em suas obras, pois o BIM pode gerar redução de custos pela diminuição de erros e maior transparência, planejamento e precisão nos custos e cronogramas.

2.10.3 Setor privado

A utilização do BIM no Brasil começou a pouco mais de 10 anos (CAMPOS, 2015) e, apesar de ainda pequena, vem crescendo. Pesquisa realizada e divulgada pela PINI em 2013 com 358 entrevistados obteve os seguintes dados sobre o uso do BIM no Brasil:

- 62,07% dos entrevistados ainda não utilizavam o BIM;
- 37,78% pretendiam implantar o BIM dentro de um ano;
- 52,84% pretendiam utilizar o BIM num prazo de 1 a 5 anos;
- 9,38% não tinham intenção de utilizar o BIM.

Nesta pesquisa, 54,08% dos entrevistados eram engenheiros e 45,92% eram arquitetos.

Segundo a pesquisa realizada pela PINI, 89,95% dos entrevistados entendiam o BIM apenas como uma ferramenta de projeto, o que demonstra falta de conhecimento a respeito das potencialidades apresentadas pelo BIM, que pode auxiliar em diversas fases de um empreendimento, não apenas na fase de projeto. Outro dado da pesquisa mostra que livros especializados e cursos de extensão eram pouco procurados a época como fonte de conhecimento sobre o BIM, fato que contribui para o desconhecimento da totalidade de usos e benefícios do BIM.

Durante a pesquisa, a PINI verificou que 59,39% dos entrevistados tinha a extração de quantitativos para orçamentos como motivação para o uso do BIM e 51,27%, a compatibilização de projetos.

O mercado ainda se encontra imaturo e adoção do BIM é pequena; embora os grandes benefícios que podem ser obtidos superam em muito os investimentos a maioria ainda entende os investimentos em

softwares e treinamento como barreiras a mudança, reforçando o caráter conservador e de baixo investimento em mudanças e melhorias na gestão por parte do setor (MANZIONE, 2013).

Segundo Juliana Nakamura, em *Téchne* (edição 213, dezembro de 2014) a utilização do BIM pelas empresas brasileiras tem evoluído, tem ido além da produção de modelos 3D, partindo para o gerenciamento do cronograma da obra (BIM 4D) e para a introdução da variável custo (BIM 5D), embora ainda seja incipiente.

O Parque da Cidade, feito pela Odebrecht Realizações Imobiliárias em São Paulo (SP), o Jurubatuba Empresarial feito pela Camargo Corrêa Desenvolvimento Imobiliário em São Bernardo do Campo (SP), e a fábrica da BMW pela Perville, supervisionada pela Concremat em Araquari (SC), Condomínio Alto da Mata em Barueri (SP) e o Jardim das Perdizes em São Paulo (SP) ambos da Tecnisa, são alguns dos empreendimentos de grandes empresas que utilizaram o BIM.

3 BIM NAS MÉDIAS E PEQUENAS CONSTRUTORAS

Para fins de contextualização foi realizada uma *survey* com profissionais de construtoras de médio e pequeno porte da região metropolitana de São Paulo. A metodologia, o objetivo, os resultados e a análise dos resultados seguem abaixo:

3.1 Metodologia e objetivo

Para se obter uma visão sobre a atual situação do BIM, foi realizada uma pesquisa com membros da indústria AEC.

A pesquisa foi realizada por meio de um questionário realizado pessoalmente com engenheiros, arquitetos e construtores de empresas pequenas e médias do segmento da construção civil em São Paulo e no Grande ABC (localizado na região metropolitana de São Paulo). Foram ouvidos 13 representantes de 13 construtoras diferentes, todas de médio e pequeno porte. Não houve contato prévio com respondentes e as entrevistas foram feitas no local de trabalho de cada respondente.

As questões podem ser divididas em dois grupos com objetivos diferentes. O primeiro grupo de questões tinha por objetivo identificar com dados estatísticos, baseados na experiência dos entrevistados, as maiores deficiências no processo de realização de empreendimentos, desde o projeto até a finalização da obra.

A relação dos profissionais com o BIM foi o tema do segundo grupo de questões. Procurando verificar e quantificar a utilização do BIM pelas médias empresas da construção civil, o nível de conhecimento dos profissionais sobre o BIM, assim como a receptividade destes em relação à introdução desta nova forma de conduzir os empreendimentos. E, a partir destes dados, estabelecer uma análise sobre o potencial de crescimento do uso do BIM nestas empresas, que compõe grande parte do mercado da construção civil, que tem por característica a pulverização, ou seja, um grande número de pequenas e médias empresas atuantes. A Associação de Pequenas e Médias Empresas da Construção Civil do Estado de São Paulo (APEMEC), por exemplo, conta com aproximadamente 270 empresas associadas, segundo dados do site da instituição.

O questionário respondido pelos entrevistados é constituído pelas seguintes perguntas:

Primeiro grupo de questões:

- Quais fatores limitam o andamento da obra?
- Quais as fontes de atraso nos projetos que participou?
- Quais as fontes de atraso nos projetos que participou?

- Quais as fontes de erro nos projetos que participou?
- Quais as principais dificuldades na fase de projeto?

Segundo grupo de questões:

- Conhece o BIM?
- Qual seu grau de conhecimento sobre o BIM?
- Já utilizou ferramentas BIM?
- O BIM ajudaria nas obras em que trabalha?
- Gostaria de utilizar o BIM em suas obras?

3.2 Análise dos resultados

Dentre os entrevistados, a disponibilidade de mão de obra (36,84%) e a chegada de materiais (26,36%) foram apontadas como os principais fatores limitantes do andamento da obra, ou seja, fatores que não permitem um cronograma mais curto. As mudanças de projeto foram apontadas por 35,00% dos entrevistados como o principal motivo de atraso na obra, seguido pela entrega de materiais (20,00%). Os erros de execução em obras foram atribuídos principalmente a falhas de comunicação por 31,82% dos entrevistados e a falta de qualificação da mão de obra por 27,27% deles. Como principais dificuldades durante a fase de projeto, foram mais citadas: as mudanças de projetos (31,25%) e o tempo para documentação (25,00%).

Por esses dados pode-se notar que o uso do BIM traria grandes ganhos para o andamento da obra, visto que influencia diretamente em todos os fatores mais citados nas perguntas realizadas, exceto na qualificação da mão de obra, porém indiretamente também permite uma atenuação deste problema. O BIM permite um maior e melhor planejamento em relação à chegada de materiais e mão de obra, pois permite uma análise prévia de diferentes formatos de canteiro e planos de ataque, ou seja, estratégias de condução da obra, possibilitando a escolha do mais apropriado.

Com o BIM, as mudanças de projeto têm um impacto menor no tempo de projeto da obra, pois as mudanças são comunicadas mais rapidamente e o modelo se adapta a mudança devido à parametrização. Com o BIM as mudanças de projeto durante a obra são menos comuns, principalmente pela antecipação da verificação de interferências de projeto, que sem ele muitas vezes ocorre durante a execução da obra. O tempo para documentação é reduzido com o uso do BIM, pois as ferramentas BIM permitem realizar cortes e plantas em 2D a qualquer momento e atualiza estes, em caso de mudança no modelo 3D.

O BIM ainda permite uma comunicação mais rápida entre o engenheiro de obra e o engenheiro que cuida do planejamento da obra. Informações recém extraídas no canteiro podem ser enviadas para o escritório, facilitando e acelerando análises e tomadas de decisão. Há ainda a possibilidade do uso de *tablets* em obras, o que facilita a verificação de dimensões,

por exemplo, por meio do modelo 3D, isso diminui a quantidade de dúvidas no canteiro e atenuam, mesmo que não resolva totalmente, o problema da falta de qualificação da mão de obra.

No segundo grupo de questões, nota-se que o BIM não é totalmente difundido nas pequenas e médias empresas de construção civil, 38,46% dos entrevistados afirmaram desconhecer o BIM (61,54% disseram conhecer). 46,15% dos entrevistados afirmaram não ter nenhum conhecimento sobre o BIM. 15,38% deles afirmaram ter muito pouco conhecimento sobre o BIM, ou seja, já ouviram o termo, mas não sabem exatamente o que representa. Enquanto 15,38% afirmaram ter pouco conhecimento em BIM e apenas 23,08% afirmaram ter conhecimento razoável sobre o BIM. Nenhum dos entrevistados afirmou ter conhecimento profundo sobre o BIM. A maioria dos entrevistados afirmou nunca ter utilizado ferramentas BIM (84,62%).

Estes números mostram que o BIM ainda tem um grande campo de expansão entre as pequenas e médias empresas da construção civil. Essa expansão pode ser facilitada pela boa receptividade demonstrada pelos entrevistados em relação à introdução do BIM nos projetos em que participam. 91,67% dos entrevistados declaram acreditar que o uso do BIM ajudaria nas obras em que eles participam. Apenas 8,33% não vêem ganhos com o uso do BIM. E 76,92% declaram que gostariam de utilizar o BIM em suas obras, 15,38% afirmam que as empresas em que trabalham já utilizam o BIM e apenas 7,69% disseram não querer utilizar o BIM em suas obras.

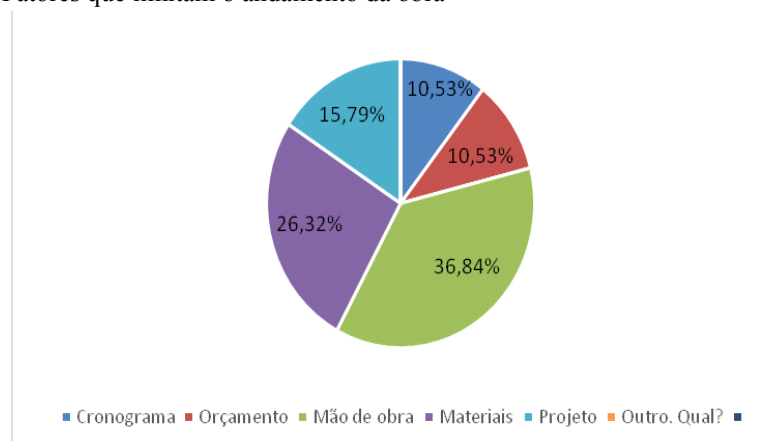
3.3 Resultados da pesquisa

A seguir têm-se os gráficos referentes a cada questão efetuada neste questionário:

1º Grupo de questões:

Questão: Quais fatores limitam o andamento da obra?

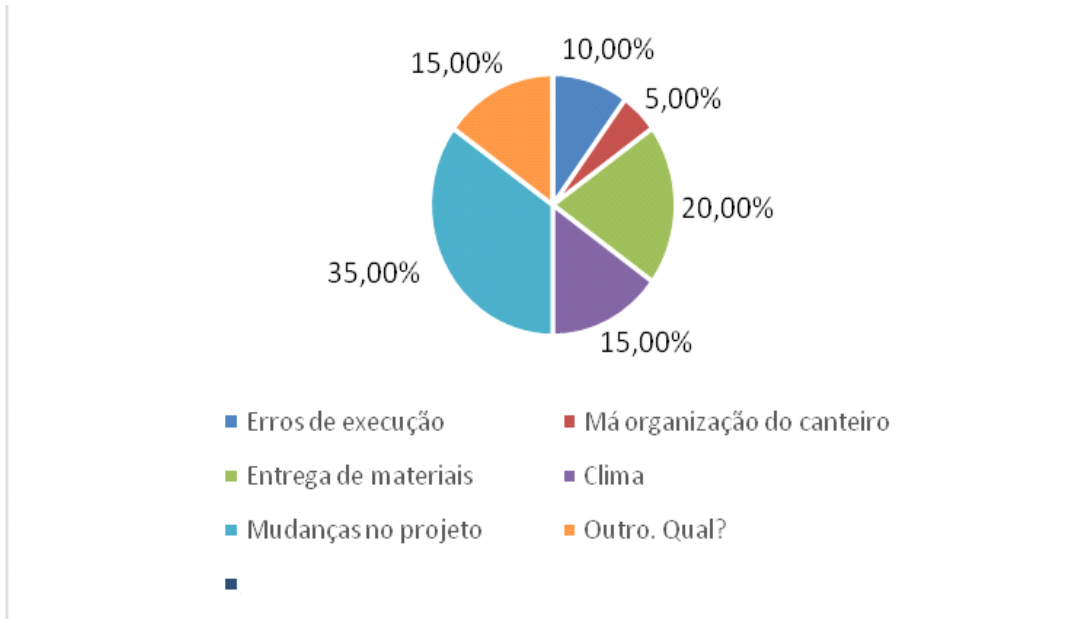
Figura 5 - Gráfico: Fatores que limitam o andamento da obra



Fonte: do autor

Questão: Quais as fontes de atraso nos projetos que participou?

Figura 6 - Gráfico: Fontes de atraso



Fonte: do autor

Questão: Quais as fontes de erro nos projetos que participou?

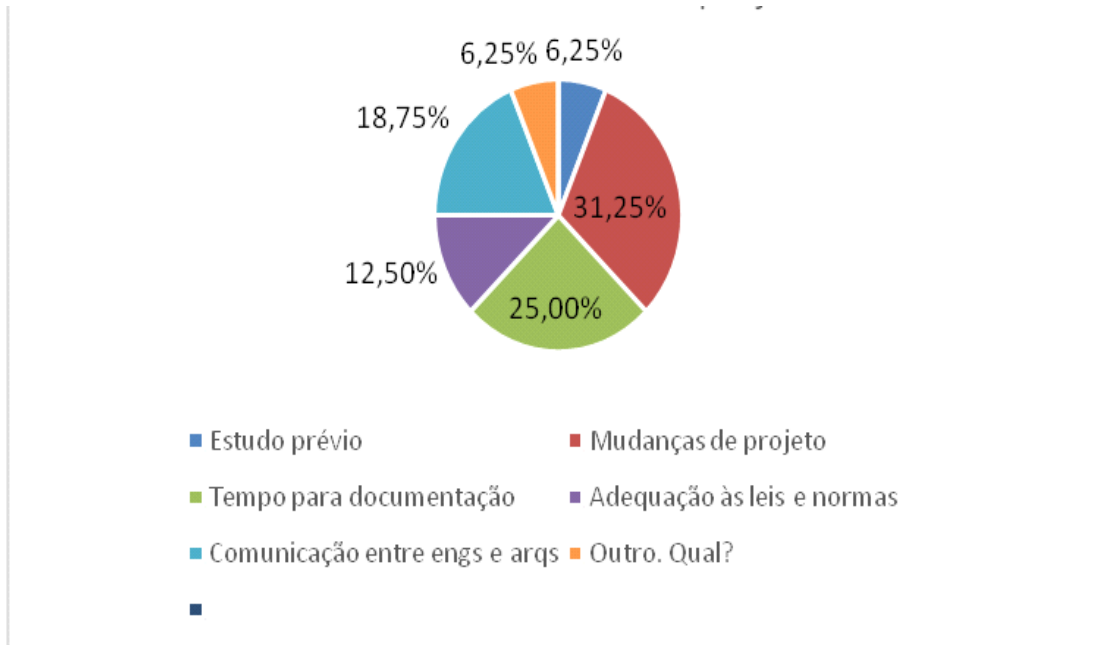
Figura 7 - Gráfico: Fontes de erro



Fonte: do autor

Questão: Quais as principais dificuldades na fase de projeto?

Figura 8 - Gráfico: Dificuldades na fase de projeto

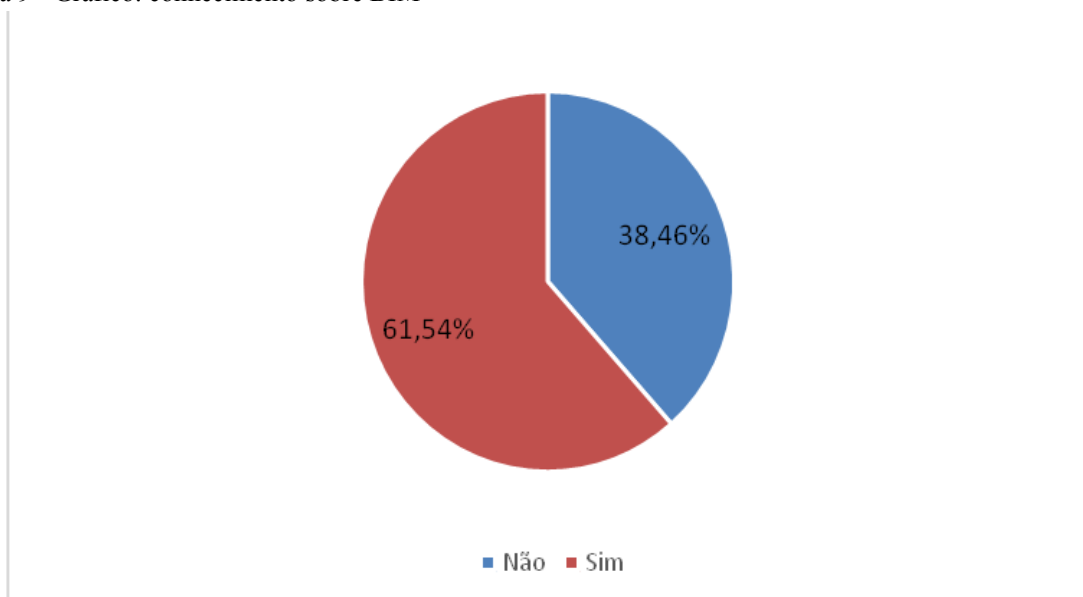


Fonte: do autor

2º Grupo de questões:

Questão: Conhece o BIM?

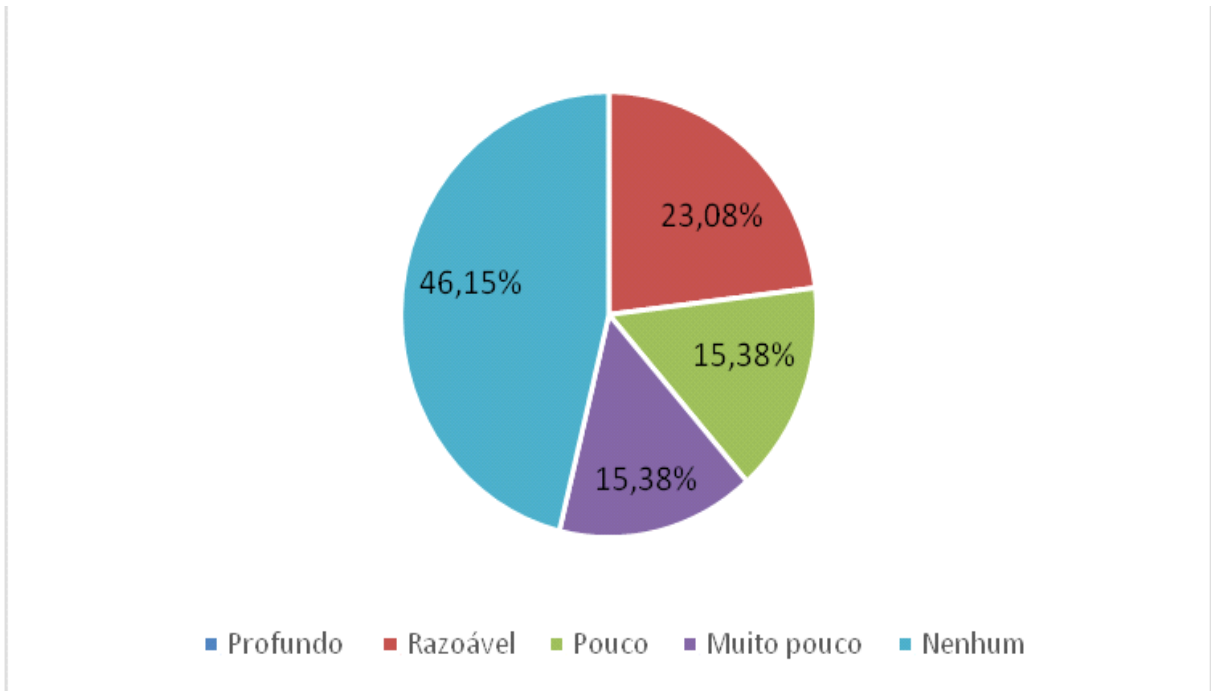
Figura 9 - Gráfico: conhecimento sobre BIM



Fonte: do autor

Questão: Qual seu grau de conhecimento sobre o BIM?

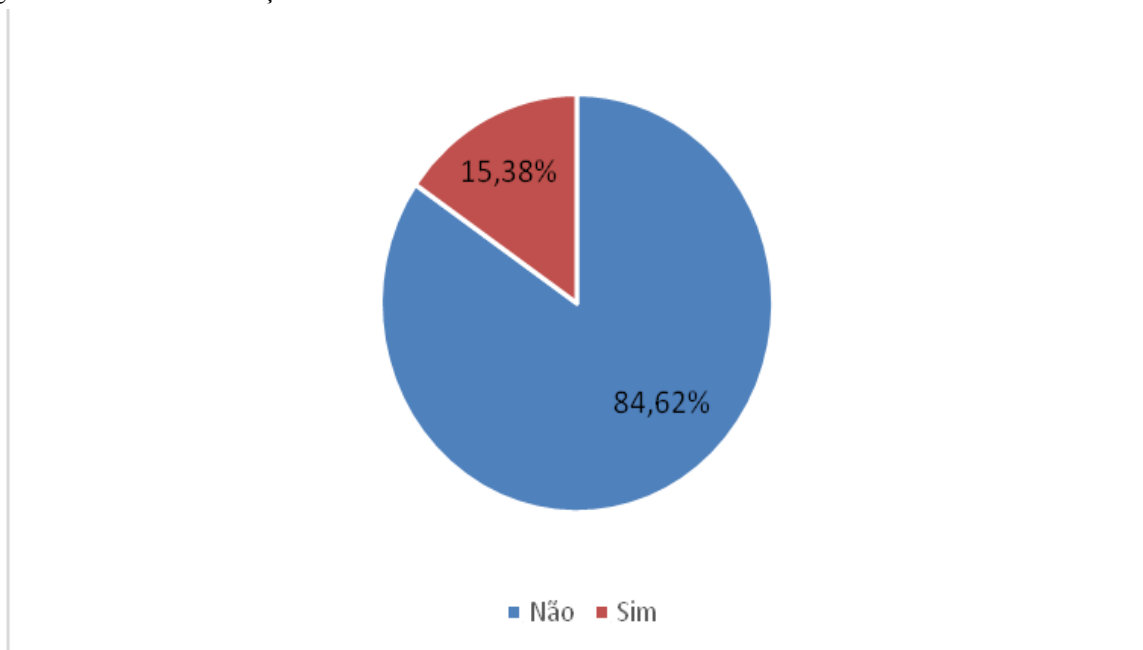
Figura 10 - Grau de conhecimento sobre o BIM



Fonte: do autor

Questão: Já utilizou ferramentas BIM?

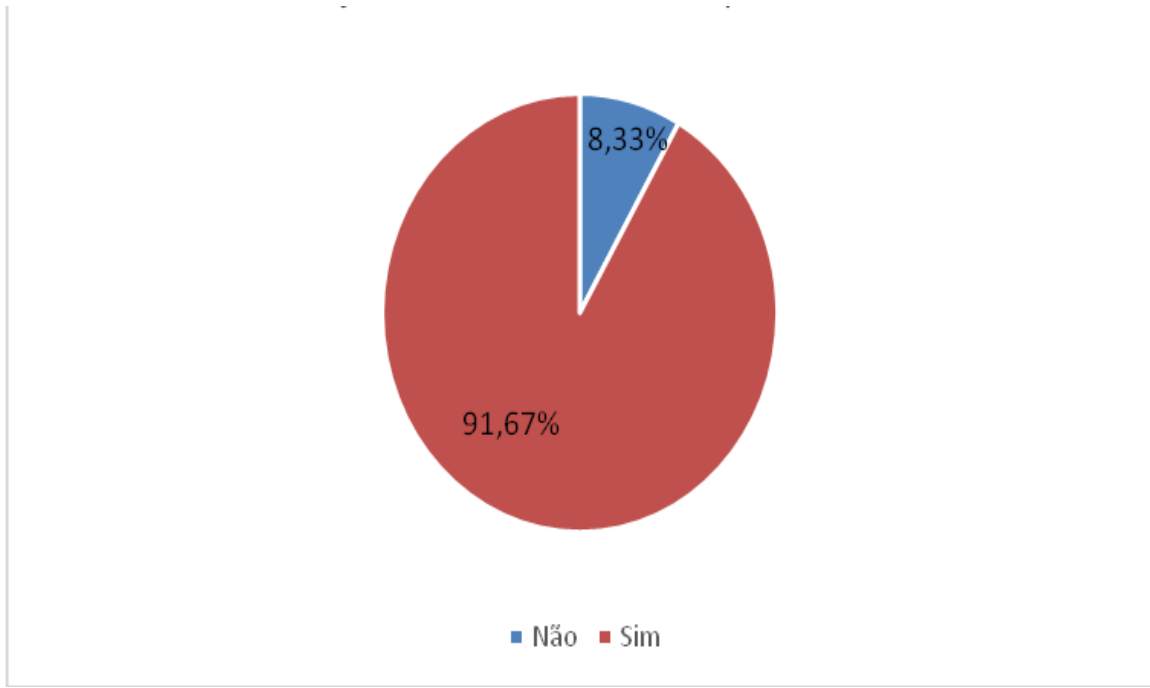
Figura 11 - Gráfico: Utilização de ferramentas BIM



Fonte: do autor

Questão: O BIM ajudaria nas obras em que trabalha?

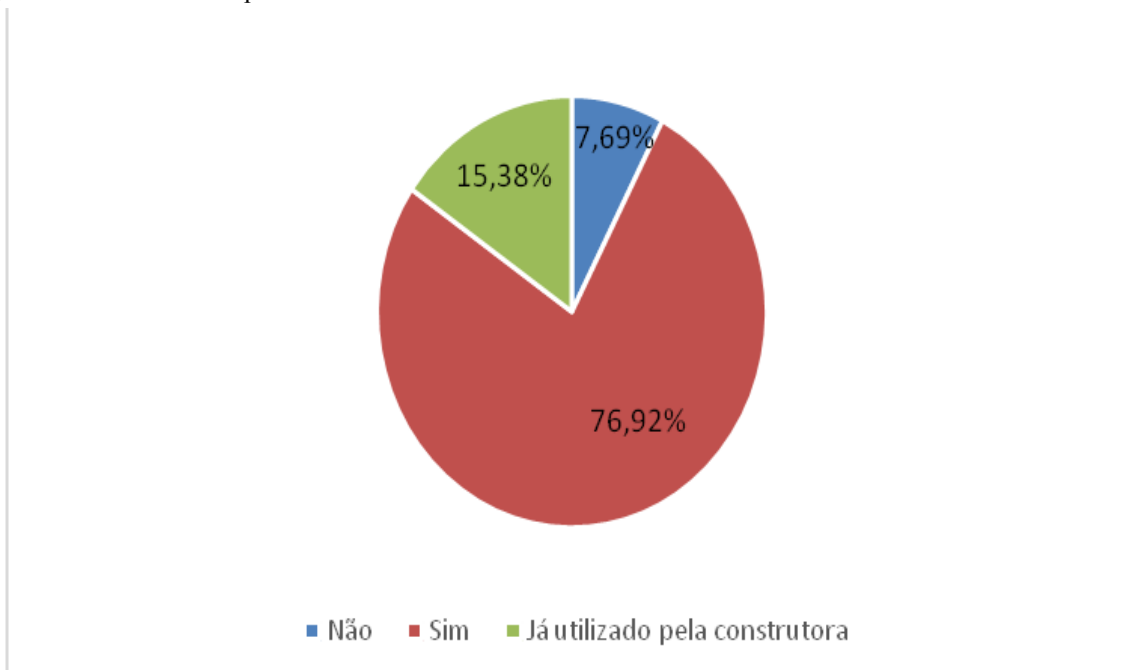
Figura 12 – Gráfico: Utilidade do uso do BIM



Fonte: do autor

Questão: Gostaria de utilizar o BIM em suas obras?

Figura 13 – Gráfico: Receptividade com o uso do BIM



Fonte: do autor

4 OBJETO DE APLICAÇÃO: MODELO DE COBERTURA DO ESTÁDIO PROFESSOR DÁRIO RODRIGUES LEITE

4.1 Coberturas de estádios

As coberturas de estádios de futebol se caracterizam por serem obras que ocupam uma grande extensão de área, visto que tem por objetivo cobrir as arquibancadas que circundam o campo de jogo, por vezes o próprio campo, além de serem obras com alturas elevadas. Essas características fazem com que a organização do canteiro seja um aspecto importante a ser observado, pois a quantidade de materiais é grande e é comum o uso de equipamentos como guindastes. Nos estádios utilizados para a Copa do Mundo da FIFA de futebol 2014, pode ser observado o uso de diferentes materiais em suas coberturas: estruturas metálicas, membranas de diferentes polímeros, painéis de acrílico, membranas de fibra de vidro, placas de policarbonato, entre outros. O projeto destes estádios incluiu na cobertura a função de captação de água e alguns deles a de captação de energia por meio de células fotovoltaicas. No Quadro 3 têm-se as características das coberturas destes estádios:

Quadro 3: Características dos estádios brasileiros

Estádio	Estrutura	Revestimento	Captação de água	Captação de energia solar
Arena Corinthians – SP	Treliça metálica	Painéis acrílicos, membrana metálica e membranas de polímeros	Sim	Sim
Estádio Governador Magalhães Pinto – MG	Treliça metálica ligada a estrutura de concreto armado	Membrana de Politetrafluoretileno (PTFE)	Sim	Sim
Estádio Nacional de Brasília Mané Garrincha – DF	Estrutura metálica e anel de compressão em concreto	Placas de policarbonato e membrana de Politetrafluoretileno (PTFE)	Sim	Sim
Estádio José Pinheiro Borda –RS	Estrutura metálica	Membrana de fibra de vidro e teflon	Sim	Não
Arena Amazônia	Estrutura metálica	Membrana de fibra de vidro e Politetrafluoretileno (PTFE)	Sim	Não

(Continua)

Quadro 3: Características dos estádios brasileiros (Continuação)

Estádio	Estrutura	Revestimento	Capitação de água	Capitação de energia solar
Estádio Jornalista Mário Filho- RJ	Cabos tensionados e anel de tensão metálico	Membrana de fibra de vidro e teflon	Sim	Sim
Arena da Dunas – RN	Estrutura metálica	Placas de aço e policarbonato	Sim	Sim
Arena Pernambuco – PE	Treliças e cabos metálicos ligados a estrutura de concreto armado	Placas de aço, manta termoplástica de poliolefina (TPO) e vidro	Sim	Não (a capitação ocorre ao lado do estádio)
Estádio Plácido Aderaldo Castelo Branco – CE	Pórticos planos, cabos e anéis metálicos	Placas de aço, placas de policarbonato e manta flexível	Sim	Não
Complexo Esportivo Octávio Mangabeira- BA	Cabos tensionados e anel de tensão metálico	Membrana de fibra de vidro e teflon	Sim	Sim
Arena Pantanal – MT	Treliças e pórticos metálicos	Telha metálica e membrana PVC	Sim	Sim
Estádio Joaquim Américo Guimarães- PR	Treliças e módulos metálicos	Policarbonato	Sim	Não

Fonte: do autor

A diversidade de materiais e sistemas construtivos aumenta a complexidade do projeto de coberturas de estádios, que sofrem influência de fatores climáticos e arquitetônicos. A introdução de características como capitação de águas pluviais e energia solar também contribuem para uma maior complexidade, já que introduzem na estrutura novos sistemas de instalações. Podem fazer parte da cobertura, além da estrutura e do revestimento, sistemas hidráulicos, elétricos, de ventilação, de iluminação, de capitação de água e energia solar, possivelmente sistemas mecânicos como no caso de tetos retráteis, como no estádio Joaquim Américo Guimarães, no Paraná. Tantos sistemas presentes em uma só estrutura podem ocasionar interferências entre os projetos de cada sistema, o que pode gerar atrasos. Caso haja um alto número de componentes e equipamentos, o gerenciamento da operação dos equipamentos torna-se mais complexo.

4.2 Projeto de cobertura do Estádio Dário Rodrigues Leite, em Guaratinguetá, SP

A proposta de cobertura em estudo neste trabalho tem por objetivos:

- Abrigar todos os espectadores de chuvas e da ação direta dos raios solares, aumentando o conforto dos espectadores;
- Coletar águas pluviais e conduzi-las a reservatórios para posterior reaproveitamento em irrigação do gramado, limpeza e nos banheiros do estádio, reduzindo assim custos na operação do estádio;
- Reservar local para a produção de energia elétrica por meio de células fotovoltaicas que utilizam a energia solar, uma fonte renovável. Com isso, gerar uma redução de custos na operação do estádio.

Na proposta planeja-se o uso dos seguintes materiais;

- Concreto armado nos reservatórios de águas pluviais;
- Aço na estrutura da cobertura;
- Placas de acrílico para revestimento da cobertura;
- Encanamento de PVC nas instalações hidráulicas;
- Fios de cobre, eletrodutos e gerador de energia para a instalação elétrica.

São dificuldades do projeto;

- A elaboração do canteiro de obras devido a planialtimetria do terreno;
- Extração de quantitativos e orçamentação devido a variedade de materiais e porte da obra.
- Preparação das vistas para documentação e detalhamento do projeto, pois a complexidade da obra tende a gerar a necessidade de uma grande quantidade de vistas a documentação e para que o detalhamento seja satisfatório e esteja completo durante a realização de obra.
- Compatibilização entre os projetos, estrutural, arquitetônico, elétrico e hidráulico. A complexidade destes pode levar a interferências.

5 APLICAÇÃO DE BIM AO PROJETO

5.1 Documentação

Parte importante do projeto, na qual são elaboradas folhas no padrão pedido pela lei da cidade onde a obra será executada, com os detalhes e informações exigidas. Dentre as informações requeridas estão plantas e cortes arquitetônicos, projetos de elétrica, hidráulica e incêndio. A documentação é enviada para órgãos municipais que avaliam a conformidade do projeto com as leis municipais e liberam o andamento da obra em caso positivo.

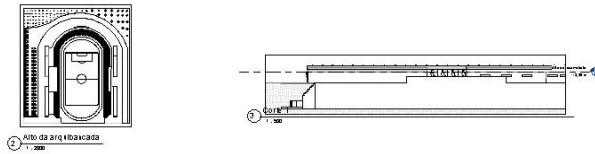
5.1.1 Utilização de tecnologia CAD

O uso de tecnologia CAD diminuiu o tempo de documentação de um projeto em relação aos desenhos a mão, pois substituiu os traços a mão por comandos digitais por meio do mouse/teclado e proporciona funcionalidades como "copiar" e "colar" que permitem replicar desenhos rapidamente, porém não impedem que o usuário tenha que fazer cada vista do projeto individualmente. Em um projeto, todas as vistas consideradas importantes devem estar presentes na documentação. Quanto mais complexo é um projeto, maior o número de detalhes a ser destacado e maior o número de vistas necessárias. Na documentação deve constar, além de vistas do projeto arquitetônico, cortes e elevações de projeto hidráulico, elétrico, de gás, ar condicionado, incêndio, entre outros. Nota-se que o número de vistas a ser desenhado é grande e por serem feitas individualmente demandam grande quantidade de tempo de execução. Em caso de mudança no projeto, cada vista deverá ser modificada individualmente gerando um gasto de tempo e a possibilidade de erros e inconsistências entre as vistas.

5.1.2 BIM 2D

O uso da tecnologia BIM para documentação se dá da seguinte forma: em qualquer momento do projeto, o usuário pode criar cortes, elevações e vistas de fachadas por meio de comandos simples. Com o modelo 3D pronto, é possível verificar quais os principais locais a serem detalhados e, com os mesmos comandos, são criadas as vistas. No processo de documentação BIM, não há necessidade de se desenhar as vistas, o usuário seleciona o comando desejado, corte, elevação, plantas ou vista 3D, escolhe o local onde o comando deverá ser executado e a vista é criada automaticamente pelo *software*. A figura 14 mostra um corte feito a partir de uma planta no *software* Autodesk Revit 2014.

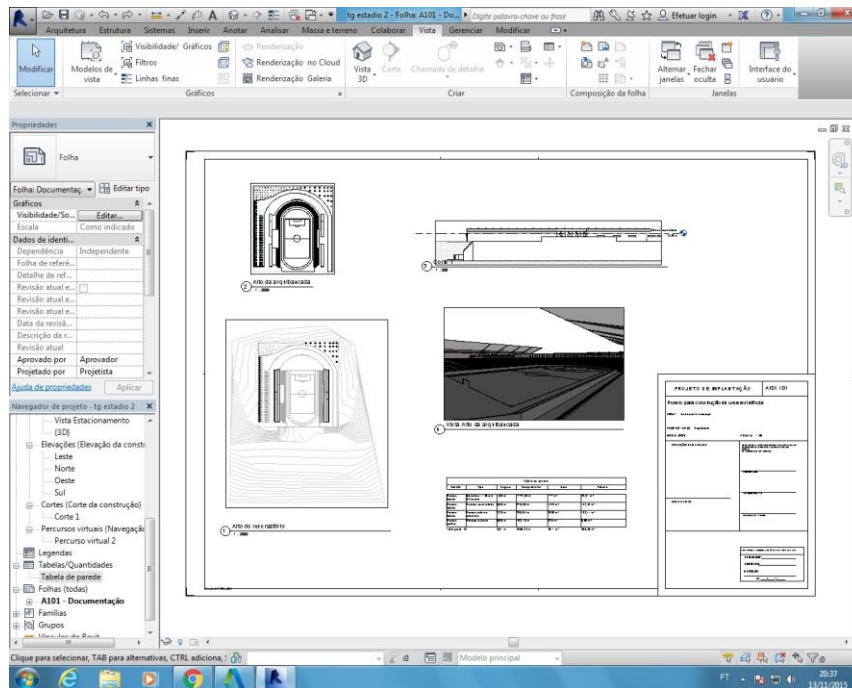
Figura 14 - Corte a partir de uma planta.



Fonte: do autor

Em caso de mudanças de projeto, não há necessidade de alteração vista a vista. Alterações feitas no modelo 3D são automaticamente atualizadas em todas as vistas, assim como mudanças em uma vista são atualizadas no modelo 3D e em todas as outras vistas atingidas pela mudança. Ferramentas BIM permitem ainda a importação de modelos de folhas de projetos requeridas por prefeituras. A figura 15 abaixo mostra a interface do *software* Autodesk Revit 2014 com um modelo de folha requerido pela prefeitura de São José dos Campos com vistas geradas pelo software a partir do modelo 3D.

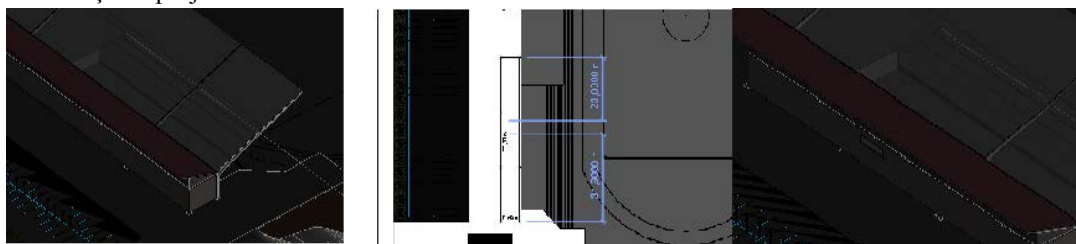
Figura 15 - Modelo de folha.



Fonte: do autor

A aplicação da tecnologia BIM no objeto de estudo demandou menos de 1h para a execução das vistas consideradas importantes. Ao simular uma mudança de projeto, verificou-se que todas as vistas foram atualizadas imediatamente a mudança feita no modelo 3D. A figura 16 mostra o efeito do acréscimo de uma janela em planta no projeto, a mesma é automaticamente inserida no modelo 3D.

Figura 16 - Mudança de projeto



Fonte: do autor

5.2 Projeto

Refere-se à concepção do projeto, elaboração de sua arquitetura, se seguirá padrões mais clássicos ou mais modernos, dos objetivos que a construção terá, no caso deste projeto é um exemplo de objetivo, além de proteger os espectadores contra chuva e raios solares, a captação de águas pluviais. Outro fator importante a ser definido nesta etapa é o sistema construtivo, concreto armado, estrutura metálica, estruturas mistas de metal e concreto armado, madeira (para outros tipos de construção).

5.2.1 Utilização de tecnologia CAD

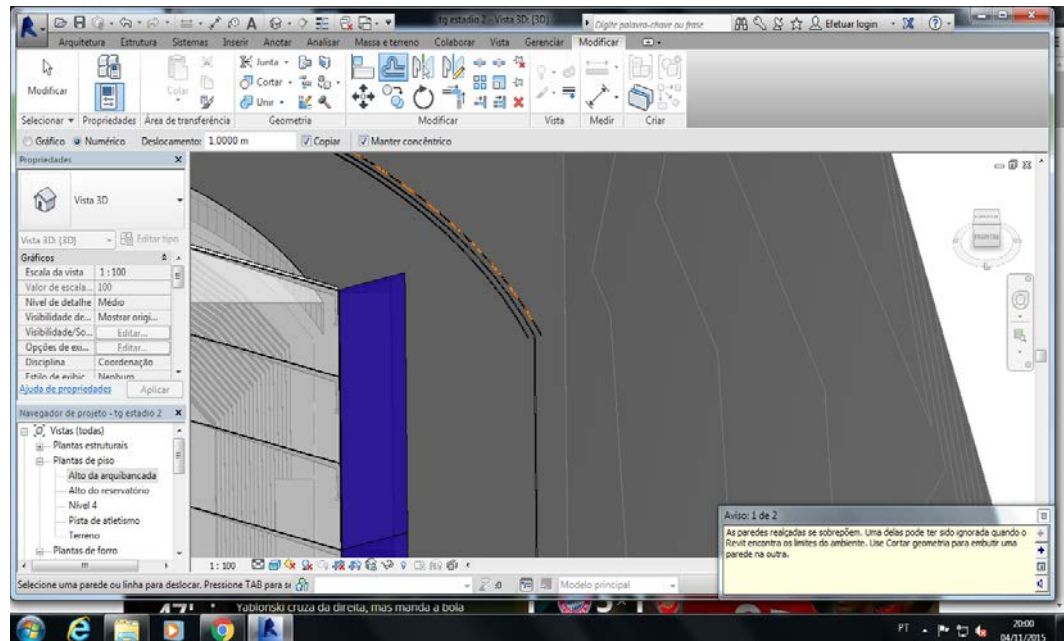
Os projetos realizados com tecnologia CAD são feitos por meio do desenho em duas dimensões das principais vistas. Como são feitas individualmente, podem apresentar inconsistências entre si. Geralmente os projetos de diferentes disciplinas de um empreendimento são executados separadamente. Projetos: arquitetônico, hidráulico, elétrico, de gás e ar-condicionado são algumas destas disciplinas. Como consequência, há um aumento nas chances de interferências entre eles. Não é possível ter uma visualização 3D imediata. Outros *softwares* fornecem uma visualização 3D, mas não possuem as mesmas funcionalidades para visualização 2D.

5.2.2 BIM 3D

A tecnologia BIM permite que o usuário projete em 2D e 3D, além de criar relações entre objetos que facilitam e diminuem o tempo de execução do modelo. Além de permitir a visualização 3D a qualquer momento do projeto. O *software* alerta o usuário imediatamente a

ocorrência de inconsistências. A figura 17 a seguir mostra a interface do software Autodesk Revit 2014 exibindo uma mensagem de alerta sobre uma inconsistência gerada no modelo:

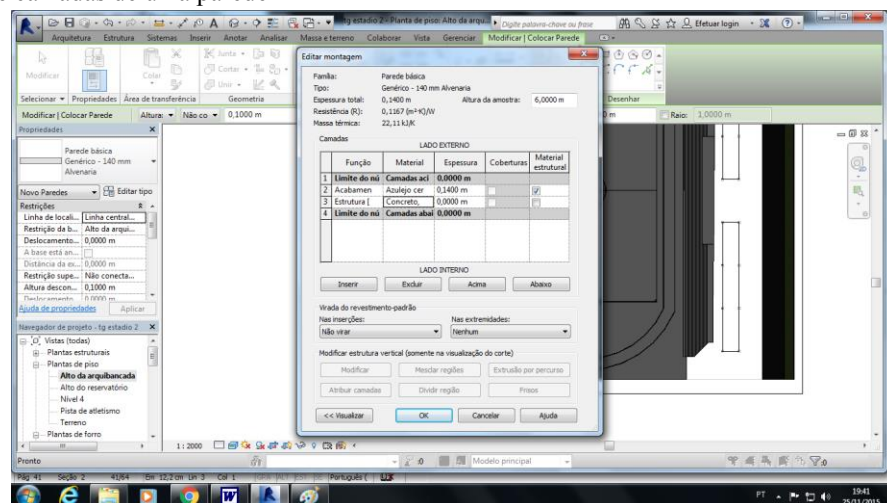
Figura 17 - Alerta de inconsistência



Fonte: do autor

É possível, com tecnologia BIM, que mais de um usuário realize mudanças no mesmo projeto, portanto projetistas de diferentes disciplinas podem modificar o projeto, verificando imediatamente sua consistência e evitando assim interferências que possivelmente seriam notadas apenas durante a execução da obra. O modelo 3D a partir de tecnologia BIM, permite grande detalhamento, inclusão de materiais, camadas em paredes, lajes e pisos, por exemplo. A figura 18 a seguir mostra a interface do *software* Autodesk Revit 2014 exibindo uma janela de edição de camadas de uma parede.

Figura 18 - Edição de camadas de uma parede



Fonte: do autor

Ao aplicar a tecnologia BIM ao objeto de estudo, verificou-se a possibilidade de visualização 3D do projeto a qualquer momento, facilitando decisões arquitetônicas, por exemplo. Um item que se mostrou de grande utilidade foi a verificação de inconsistências, os alertas exibidos pelo *software* permitiram rápida correção dos erros. Entretanto foi notável a perda de velocidade de execução de comandos, conforme o projeto foi se tornando mais complexo, o que denota a necessidade de máquinas de maior desempenho na execução de projetos complexos. Essa perda de velocidade limitou a aplicação da tecnologia BIM ao projeto arquitetônico e a alguns itens de elétrica e hidráulica.

5.3 Gerenciamento de Cronograma

O gerenciamento de cronograma é o controle do andamento da obra, controle do andamento das diferentes fases da obra. Alguns serviços necessitam do término de outros serviços para que possam ser executados. Outros serviços podem ser executados de forma simultânea. Cabe ao engenheiro definir a melhor ordem para os serviços, assim como controlar seu tempo de execução, se há atrasos ou se o serviço está dentro do prazo e executar modificações durante a realização da obra quando necessário.

5.3.1 Utilização do software MS Project

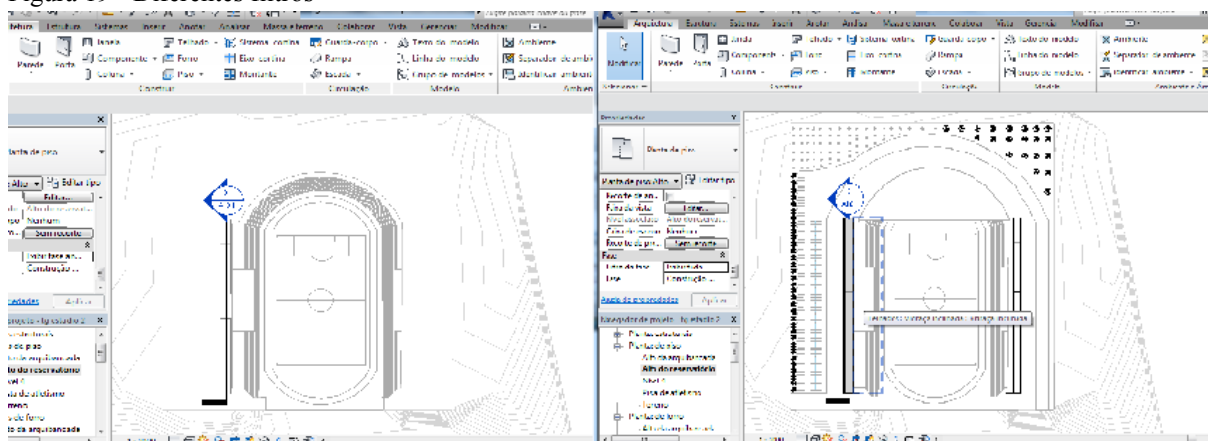
O *software* MS Project permite que o usuário insira dados sobre as fases e serviços de uma obra, suas durações estimadas e suas inter-relações de predecessão. A partir destes dados o *software* pode exibir de diferentes formas o cronograma esperado para a obra, a forma mais comum é o gráfico de Gantt. Por meio do qual é possível verificar o caminho crítico, ou seja, serviços da obra interligados entre si que limitam o tempo da obra, um atraso em uma dos serviços do caminho crítico provoca atraso na obra. Com o gráfico de Gantt pronto é possível definir serviços prioritários e calcular o número de colaboradores necessários para cada serviço, além de verificar quais serviços podem ser postergados em caso de necessidade.

5.3.2 BIM 4D

Ferramentas BIM permitem a divisão do projeto em fases, e os componentes do modelo podem ser associados a cada uma dessas fases. O *software* conta com filtros de exibição que permitem mostrar separadamente os elementos de cada fase em uma mesma vista. Abaixo, na figura 19, uma a interface do software Autodesk Revit 2014 com dois filtros diferentes em

uma mesma vista, o primeiro contém apenas a fase de construção, o segundo filtro abrange também o paisagismo da obra. É possível ainda em alguns *softwares* BIM, criar uma animação com o andamento esperado da obra.

Figura 19 - Diferentes filtros



Fonte: do autor

5.4 Orçamentação

Parte do projeto executada, por exemplo, para o estudo de viabilidade do projeto, avaliação dos custos que o projeto trará e até mesmo ser utilizado como ferramenta para o acompanhamento da evolução da obra, já que ao final do orçamento sabe-se o valor final esperado e comparando com valor gasto até o momento que se deseja avaliar, tem-se a porcentagem do que já foi executado. O orçamento pode sofrer variações de um estado para outro, pois os preços dos insumos variam. Pode sofrer alterações com a situação da economia, obras que demoram anos para serem concluídas podem ter insumos mais caros no momento da compra do que quando foram orçados no começo do projeto.

5.4.1 Tabelas e índices de insumos

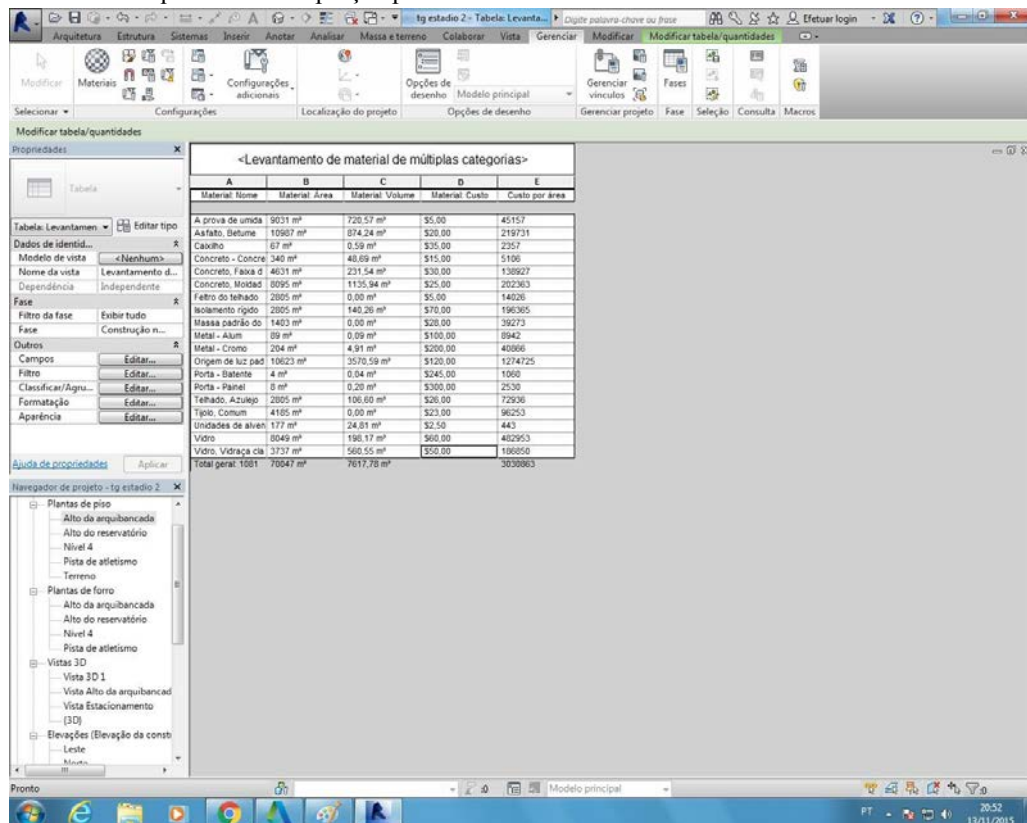
Para fins de orçamento e estimativa de custo, são geralmente utilizadas tabelas como a SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) e a TCPO (Tabelas de Composição de Preços para Orçamento). Ambas se tratam de tabelas que apresentam os custos de insumos da construção civil. Elas são atualizadas e divulgadas com frequência para que os cálculos feitos a partir delas sejam os mais realistas possíveis. Estes métodos geram um grande gasto de tempo, pois é necessária a quantificação dos insumos, que juntamente com os preços encontrados nas tabelas, geram a estimativa de custo. O CUB (Custo Unitário Básico) é um índice que fornece uma estimativa de custo para a obra a partir

do tipo de obra e área construída. Porém é uma análise que não leva em consideração detalhes da construção, servindo apenas como estimativa inicial.

5.4.2 BIM 5D

As ferramentas BIM permitem definir o material assim que um componente é criado e gera tabelas de quantidades a qualquer momento durante o projeto. O mesmo acontece com os preços, eles podem ser associados aos componentes no momento da criação e o *software* permite a extração de tabelas de preços a qualquer momento do projeto. A aplicação ao objeto de estudo evidenciou uma notável economia de tempo devido a quantificação automática feita pelo *software* e pelos valores totais serem gerados também de forma automática. A diversidade de filtros, que podem ser aplicados às tabelas, oferecida pelo *software* permite a extração de quantitativos e orçamentos de elementos específicos ou do projeto em geral. Associando aos elementos do modelo 3D digital os valores encontrados em tabelas como a SINAPI e a TCPO, tem-se uma estimativa do custo da obra. Associando aos elementos do modelo digital 3D valores de fornecedores reais, tem-se um orçamento real da obra. A figura 20 a seguir mostra uma tabela de quantitativos e preços (hipotéticos) por materiais, gerada pelo *software* Autodesk Revit 2014.

Figura 20 - Tabela de quantitativos e preços por materiais

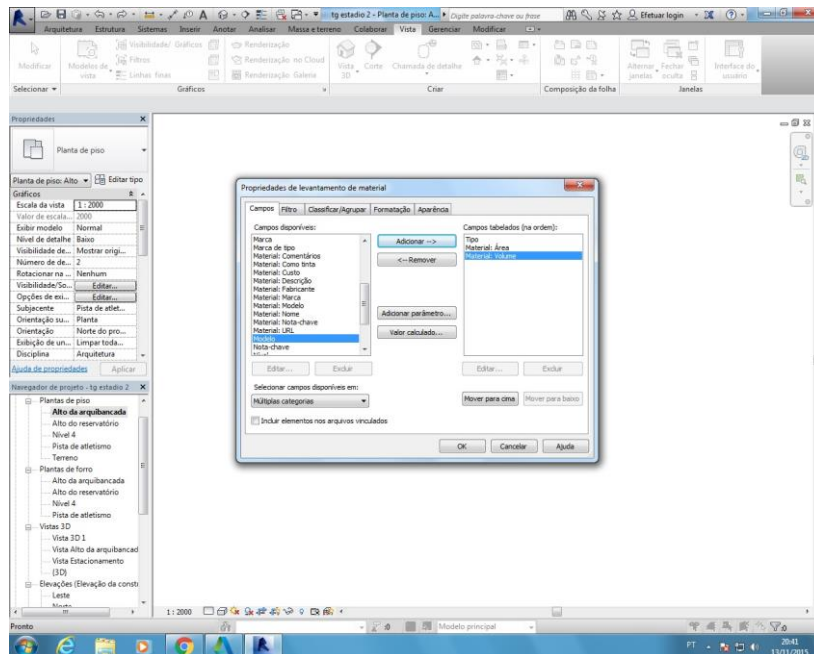


<Levantamento de material de múltiplas categorias>					
A	B	C	D	E	
Material	Nome	Material Área	Material Volume	Material Custo	
				Custo por área	
A	prova de umidade	9031 m²	720,57 m³	\$5,00	45157
	Asfalto, Betume	10567 m²	874,24 m³	\$20,00	219731
	Caxinho	67 m²	0,59 m³	\$35,00	2357
	Concreto - Concre	340 m²	48,69 m³	\$15,00	5106
	Concreto, Faixa d	4631 m²	231,54 m³	\$30,00	138927
	Concreto, Modad	8695 m²	1155,94 m³	\$25,00	202363
	Feltro do telhado	2805 m²	0,09 m³	\$5,00	14026
	Isolamento rígido	2805 m²	140,20 m³	\$70,00	196305
	Massa padrão do	1403 m²	0,00 m³	\$20,00	39273
	Metal - Alum	89 m²	0,09 m³	\$100,00	8942
	Metal - Cromo	264 m²	4,91 m³	\$200,00	40896
	Origem de luz pad	10623 m²	3570,59 m³	\$120,00	1274725
	Porta - Batente	4 m²	0,04 m³	\$245,00	1060
	Porta - Painel	8 m²	0,20 m³	\$300,00	2530
	Telhado, Azulejo	2805 m²	106,60 m³	\$26,00	72936
	Tijolo, Comum	4185 m²	0,00 m³	\$23,00	96253
	Unidades de alven	177 m²	24,81 m³	\$2,50	443
	Vidro	8049 m²	196,17 m³	\$60,00	482953
	Vidro, Vidraça ca	3737 m²	560,55 m³	\$50,00	186850
	Total geral:	1001	70047 m²	7617,76 m³	3030863

Fonte: do autor

A figura 21 mostra uma janela de edição e definição de filtros para a tabela de um elemento específico (no caso, paredes) no *software* Autodesk Revit 2014.

Figura 21 - Janela de edição e definição de filtros



Fonte: do autor

A figura 22 apresenta uma tabela de quantitativos e preços (hipotéticos) dos elementos de parede gerada pelo *software* Autodesk Revit 2014.

Figura 22 - Tabela de quantitativos e preços dos elementos de parede

A	B	C	D	E	F
Família	Tipo	Largura	Comprimento	Área	Volume
Parede básica	Genérico - 140 mm Alvenaria	1,96 m	1772,49 m	347,41 m²	24,81 m³
Parede básica	Parede resaca	0,60 m	270,50 m	162,30 m²	142,42 m³
Parede básica	Parede sala de máquinas	2,25 m	705,84 m	1588,13 m²	183,11 m³
Parede cortina	Vidraço externo	0,60 m	158,10 m	94,86 m²	0,00 m³
Parede gesso		0,60 m	2000,00 m	1200,00 m²	360,00 m³

Fonte: do autor

5.5 Apresentação ao cliente

A apresentação ao cliente e ao usuário é como a empresa comunica mostra as características e detalhes do empreendimento. Quanto maior a quantidade de detalhes, quanto mais o cliente e o usuário souberem sobre as características do projeto, menor as chances de mudança no projeto por insatisfação do cliente. Fato que geralmente ocorre com a obra em andamento, acarretando atrasos e retrabalhos.

5.5.1 Folders, layouts e maquetes

Na comunicação com o cliente, as empresas utilizam diferentes métodos dependendo da plataforma, em mídias impressas, são apresentadas imagens digitalizadas da fachada em perspectiva e layouts, assim como em mídias digitais. Para contato pessoal, as empresas fazem uso de maquetes para mostrar ao cliente como será o empreendimento. Tais métodos apresentam limitações. *Layouts* em 2D não permitem que o cliente tenha uma visão espacial do produto que deseja comprar. Imagens digitalizadas mostram um ângulo do empreendimento, mas não sua totalidade. E as maquetes podem ocultar o interior da construção.

5.5.2 Apresentação em BIM

Ferramentas BIM apresentam diversas ferramentas de apresentação ao cliente que permitem uma imersão maior do cliente nos conceitos e detalhes do empreendimento. Os *softwares* BIM são capazes de gerar layouts, imagens em perspectiva em diversos níveis de realismo, desde linhas de contorno apenas a renderizações realistas. O próprio modelo 3D criado durante o projeto pode ser utilizado como maquetes virtuais, com a vantagem da possibilidade de se ver o interior da construção. Todas essas possibilidades puderam ser observadas durante a execução do objeto de estudo, projeto da cobertura do Estádio Professor Dário Rodrigues Leite, em Guaratinguetá. A figura 23 a seguir mostra a renderização da perspectiva do objeto de estudo a partir do estacionamento.

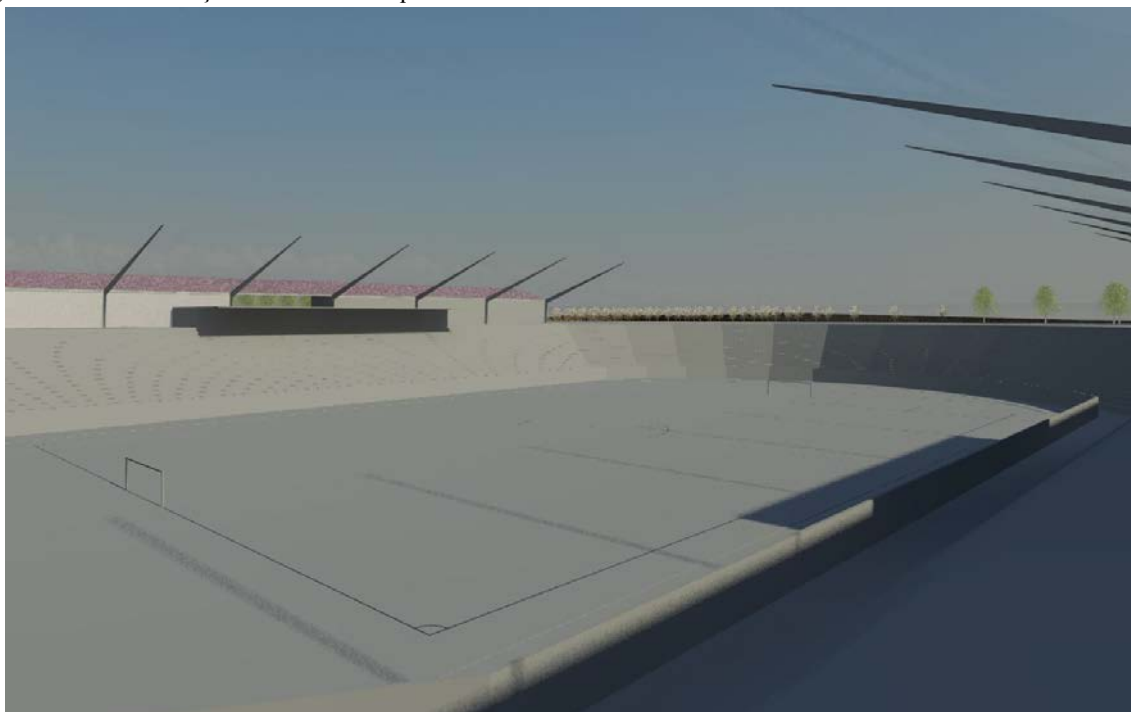
Figura 23 - Renderização do modelo: estacionamento



Fonte: do autor

A figura 24 a seguir mostra a renderização da perspectiva do objeto de estudo a partir da arquibancada.

Figura 24 - Renderização do modelo: arquibancada

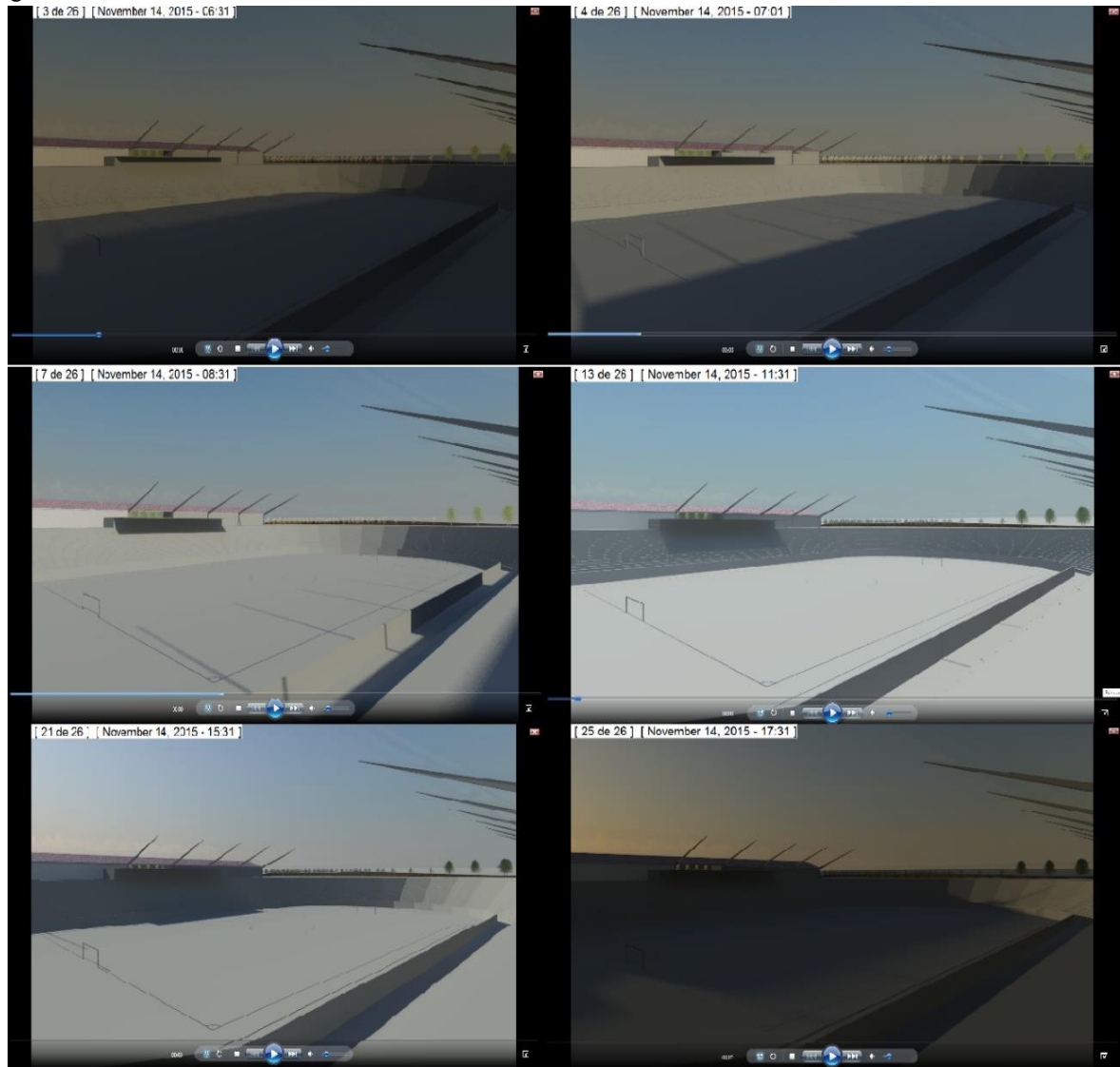


Fonte: do autor

Além dessas funcionalidades, o *software* Autodesk Revit 2014 permitiu aplicar outras formas de apresentação, foi realizado um estudo solar em vídeo, ou seja, uma animação com a

variação de sombras com durante o passar do dia. Outra forma de apresentação utilizada durante este trabalho foi a função “Passeio virtual” com a qual é possível simular um observador caminhando pela construção. Tanto o estudo solar, quanto o passeio virtual pode ser executado com diferentes níveis de realismo. A figura 25, abaixo, mostra frames do vídeo de estudo solar e de passeio virtual.

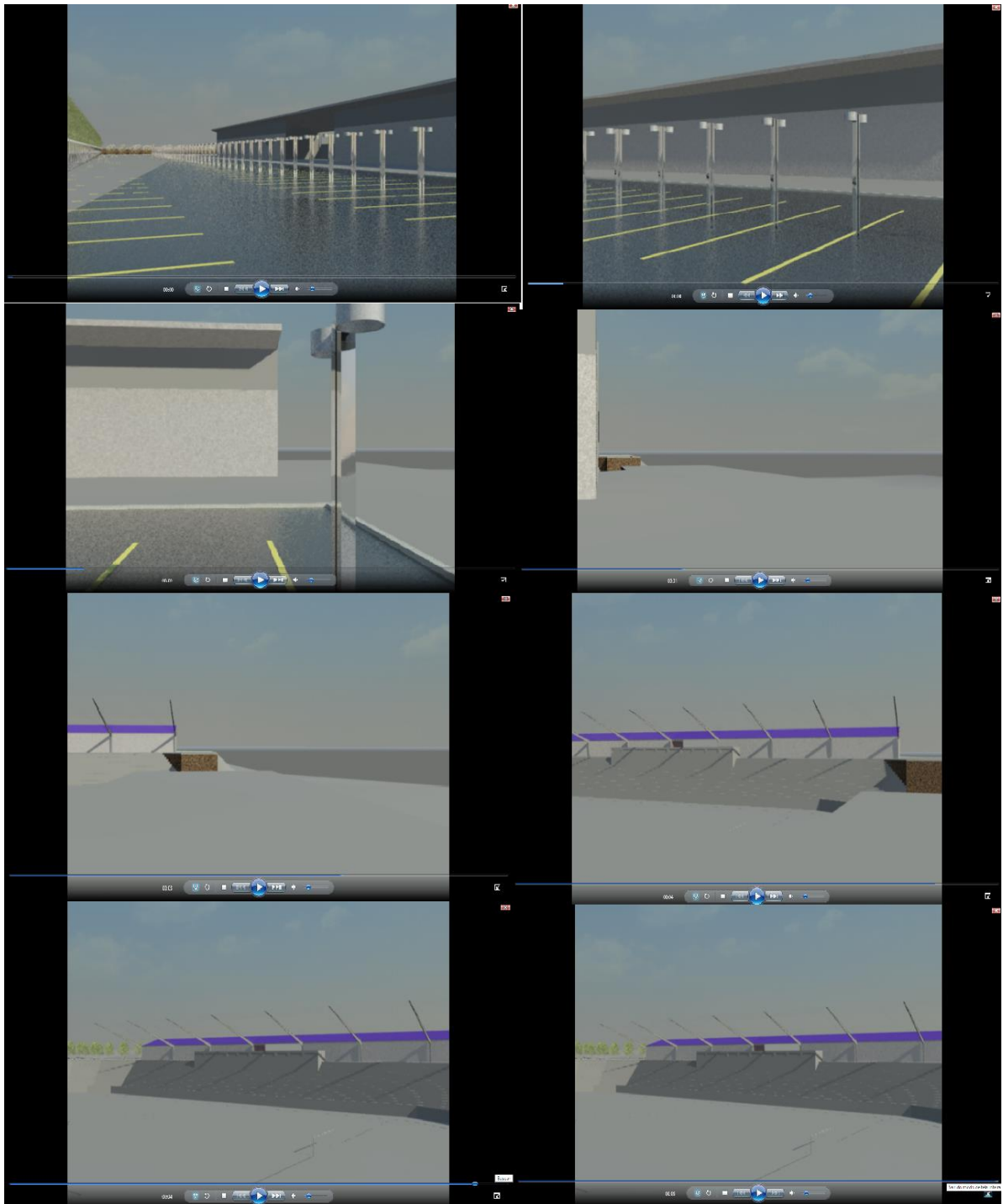
Figura 25 - Frames do vídeo de estudo solar



Fonte: do autor

A figura 26, abaixo, mostra frames do vídeo de passeio virtual.

Figura 26 - Frames do vídeo de passeio virtual



Fonte: do autor

6 CONCLUSÃO

Este estudo permitiu verificar a facilidade gerada pela linguagem paramétrica que, por meio de regras pré-definidas no sistema da ferramenta BIM utilizada, Autodesk Revit 2014, e outras definidas pelo usuário, suprimem a necessidade de inserção de diversos dados referentes a geometria do modelo 3D, além de dados repetidos. Outro conceito importante observado foi a integração da informação, o modelo 3D carrega consigo dados não apenas geométricos de seus componentes, mas também sobre os materiais, preços e relações entre eles.

A capacidade de exportação e importação de informações com outros softwares foi explorada e se mostrou bastante eficiente, permitindo a execução do modelo 3D do estádio Professor Dário Rodrigues Leite como é atualmente em um software de modelagem 3D sem tecnologia BIM, para que o objeto de estudo, um projeto de cobertura para o estádio, fosse projetado com tecnologia BIM. Os vídeos de análise solar e passeio virtual puderam ser exportados em diferentes formatos de arquivo que podem ser executados em diferentes softwares de visualização de vídeo.

Na pesquisa realizada durante a execução desse estudo, foi verificada a existência de uma grande diversidade de softwares BIM com diferentes características, funcionalidades e objetivos. O que amplia as possibilidades de que um interessado na tecnologia BIM tenha seus interesses atendidos. Todas as áreas da engenharia civil (geotecnia, construção civil, estruturas, saneamento e transportes) possuem *softwares* BIM que buscam atender suas necessidades. E diversos profissionais do setor AEC, podem utilizar *softwares* BIM em seus projetos, principalmente de maneira integrada, colaborativa, mais um dos conceitos BIM que proporcionam a diminuição de interferências e erros de projeto.

A adoção do BIM gera integração da informação em todas as fases do projeto e antecipa decisões, o que faz com que erros que sejam descobertos e evitados antes mesmo da obra começar. Isso acelera o processo como um todo. Além de diminuir a necessidade de alterações no projeto no decorrer da obra, resultando em um menor índice de retrabalho.

Foi identificada como uma dificuldade no uso do BIM, a necessidade de um hardware de bom desempenho devido ao tamanho dos arquivos gerados. Conforme os arquivos vão se tornando mais complexos aumenta a memória exigida e o desempenho necessário para o processamento das ações efetuadas pelo *software*. Para arquivos muito complexos é necessário um investimento em hardwares de desempenho compatível, pois é notável a queda de rendimento em computadores com processadores menos potentes. Este investimento em hardware, juntamente com a compra da licença de uso dos *softwares* e o treinamento dos profissionais, podem gerar um valor elevado, dificultando a implantação do BIM.

É possível encontrar muitos exemplos do uso do BIM pelas grandes construtoras, o que já não ocorre para as médias e pequenas construtoras. Tal fato foi observado na pesquisa abordada no Capítulo 3. Muitos dos entrevistados afirmaram nunca ter usado ferramentas BIM, entretanto a maioria mostrou-se receptiva a sua implantação por verem como algo que traria benefícios, dentre os mais citados estão: a detecção de interferências durante o projeto e a melhora da comunicação entre a equipe de trabalho. Essa receptividade mostra que a tecnologia BIM tem um grande mercado de expansão.

Este estudo permitiu verificar na prática a economia de tempo decorrente da utilização do BIM nos diferentes processos de um projeto, além da possibilidade de integração entre os processos. Os problemas decorrentes da falta de integração dos processos construtivos e de comunicação, como interferências entre projetos, erros de execução, retrabalhos, geram aumento de custos e atraso em prazos. Com isso, o uso do BIM, que tem como um de seus objetivos mitigar as causas destes problemas, tende a tornar-se uma importante vantagem de mercado. Diminuindo prazos, desperdício de recursos, permitindo uma comunicação mais rápida entre os envolvidos nos projetos e permitindo uma maior compreensão do cliente em relação ao empreendimento antes mesmo que ele esteja pronto. O BIM mostrou muitas vantagens em relação aos métodos tradicionais e as características do objeto de estudo, projeto de cobertura do estádio Professor Dário Rodrigues Leite, atenuam as dificuldades encontradas. Por ser uma obra de longo prazo, o tempo gasto para elaboração de bibliotecas BIM adequadas ao projeto representa uma porcentagem pequena do tempo total da obra. Por se tratar de um empreendimento com alto investimento, o custo com *hardwares* e *softwares* representa uma porcentagem pequena em relação ao custo total da obra. A alta complexidade do empreendimento, apesar gerar arquivos maiores pra elaboração dos modelos digitais, faz com que as vantagens geradas pelo BIM tenham uma representatividade ainda maior. Logo, pode-se afirmar que sua aplicação ao objeto de estudo é viável e traria benefícios em caso de execução do projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZHAR, S. **Building Information Modeling (BIM): trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry.** leadership manage eng. Auburn: Auburn University, 2011, p. 241-252.

CAMPOS, C. **O copo está meio cheio: os progressos do BIM no Brasil e no mundo.** IDGNOW!, 2015. Disponível em: <<http://idgnow.com.br/ti-corporativa/2015/06/24/o-copo-esta-meio-cheio-os-progressos-do-bim-no-brasil-e-no-mundo/>>. Acesso em: 20 mai 2015.

EASTMAN, C. et al. **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores;** [tradução: Cervantes Gonçalves Ayres Filho. et al]; revisão técnica: Eduardo Toledo Santos. Porto Alegre: Bookman, 2014.

ELBELTAGI, E; HOSNY O. BIM-based Cost Estimation/Monitoring for Building Construction. **International Journal of Engineering Research and Applications**, v. 4, n. 7, pág.56-66, jul 2014.

GOEDERT, J.; MEADATI, P. Integrating Construction Process Documentation into Building Information Modeling. **Journal of Construction Engineering and Management**, Reston, v. 134, n. 7, p. 509-516, jul 2008

JONES, J. Barclays Center delivered using BIM. **Civil Engineering**, Reston, v. 82, n. 7, p. 14-17, Jul-Aug 2012.

KAMIDA, S. T. **Conceito BIM aplicado ao desenvolvimento de projetos estruturais.** 2013. 85 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá. Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2013.

KREIDER, R; MESSNER, J. **The uses of BIM: Classifying and Selecting BIM Uses.** Computer Integrated Construction.v.9. University Park: The Pennsylvania State University, 2013.

KREIDER, R.; MESSNER, J.; DUBLER, C. **Determining the frequency and impact of applying BIM for different purposes on building projects.** University Park: The Pennsylvania State University, 2010.

KRYGIEL, E; NIES, B. **Green BIM Sucessful sustainable design with building information modeling.** 1st ed. Wiley: Sybex Inc, 2008.

MANZIONE, L. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM.** 2013. 325 f. Tese (doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2013.

MARCONI, M. A.; LAKATOS E. M. **Fundamentos da metodologia científica.** 5 ed. São Paulo: Atlas, 2010. 297 p.

MARTINS, A. R.; MELLO, C. H. P.; TURRIONI, J. B. 1 ed. **Guia de elaboração de monografia e TCC em Engenharia de Produção.** São Paulo: Atlas, 2014.

MCGRAW-HILL CONSTRUCTION. **Interoperability in the construction industry.** SmartMarket Report. 1st ed. Bedford: 2007. Mc Graw Hill Construction, 2007. 34 p.

MCGRAW-HILL CONSTRUCTION. **The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets:** How Contractors around the world are driving innovation with Building Information Modeling. SmartMarket Report. 1st ed. Bedford: Mc Graw Hill Construction, 2014.

MITCHELL, J.; SCHEVERS, H. **Building Information Modeling for FM at Sydney Opera House.** Disponível em: <http://www.construction-innovation.info/images/pdfs/Research_libraryC/Project_Reports/2005-001-C/5._Report_-_Building_Information_Modeling_forFM_at_the_SOH.pdf>. Acesso em: 26 jul 2015.

ORCIUOLI, Projeto assistido por computador: ontem, hoje e amanhã. **Arquitetura e Urbanismo**, São Paulo, v. 25, n. 197, ago 2010. Disponível em: <au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/197/artigo181405-1.aspx>. Acesso em: 20 mai 2015.

SANTOS, A. P. L. et al. A utilização do BIM em projetos de Construção Civil. **Revista Iberoamericana de Engenharia Industrial**, Florianópolis, Vol. 1 Fasc. 2, pág 24-42, 2010.

SANTOS, O. A computação gráfica como ferramenta de construção em projetos arquitetônicos. **Revista Especialize On-line IPOG**, Fortaleza, v. 1, n. 5, jul 2013.

STRAFACI, A. **What Does BIM Mean For Civil Engineers? Road and highway projects can benefit from design using building information modeling.** Disponível em <[://www.cenews.com/article.asp?id=3232](http://www.cenews.com/article.asp?id=3232)>. Acesso em: 21 ago 2015.

SUZUKI, R. T.; SANTOS, E. T. Planejamento 4D no Brasil: levantamento orientado à percepção de resultados pelos diversos “stakeholders” da construção. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 7, 2015, Recife. **Anais do VII Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção - TIC2015 [Blucher Engineering Proceedings]**. São Paulo: Blucher, 2015. p. 168-178.

AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS. **Integrated project delivery: a guide**. 2nd. ed. San Francisco: AIA, 2007.

Sobre nós. Associação de Pequenas e Médias Empresas da Construção Civil do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.apemec.com.br/>>. Acesso em: 02 de jun 2015.

BIMNetEB – A rede BIM do Exército Brasileiro. Diretoria de Obras Militares. Disponível em: <http://www.dom.eb.mil.br/?page_id=316>. Acesso em: 11 mai 2015.

Autorizados primeiros editais do Governo do Estado com uso de tecnologia BIM. Governo de Santa Catarina: BIM Santa Catarina, 2014. Disponível em: <<http://sc.gov.br/mais-sobre-ciencia-e-tecnologia/autorizados-primeiros-editais-da-saude-com-uso-da-tecnologia-bim>>. Acesso em 12 mai 2015.

Como os outros países enxergam o BIM. Plan Service, 2014. Disponível em: <http://www.planservice.com.br/noticias_interna.aspx?id=41>. Acesso em 20 mai 2015.

Apêndice A - Softwares BIM

Esta seção mostra características de alguns *softwares* BIM e exemplos de *softwares* utilizados para aplicações específicas.

Revit, Autodesk:

De acordo com dados fornecidos no site da empresa Autodesk, o software Revit 2016 no *Building Design Suite Premium* ou *Ultimate* possui as seguintes funcionalidades:

Modelagem 3D:

- Parede de arquitetura, parede cortina, piso, telhado, forro e coluna;
- Opções de projeto;
- Componente carregável;
- Ambiente e área;
- Projeto de terreno;
- Escada por componente, rampa e corrimão;
- Suavização de serrilhado;
- Modelagem de construção de peças e montagens;
- Escada por croqui.

Modelagem estrutural:

- Paredes estruturais, laje de piso e fundação;
- Colunas estruturais, vigas e contraventamentos;
- Colunas inclinadas e treliças;
- Reforço.

Engenharia mecânica, elétrica e hidráulica:

- Sistemas de dutos HVAC;
- Sistemas hidráulicos e de tubulações;
- Sistemas de alimentação e iluminação.

Modelagem 3D avançada:

- Criar grupos de elementos repetidos;

- Ambiente do Editor de família;
- Modelagem no local¹
- Massas conceituais, componentes adaptativos;
- Apresentação de visualização;
- Linhas de croqui;
- Estilos de vistas realistas;
- Vistas ortográficas/em perspectiva, passeios virtuais;
- Renderização com realismo fotográfico na nuvem² (renderização do A360);
- Materiais de renderizaçãofotorrealista;
- Renderizaçãofotorrealista dentro do produto;
- *Ray Trace* (na tela de renderização);
- Visualizar filtros.

Análise:

- Análise energética do A360 para o Revit³;
- Análise de área;
- Modelo analítico;
- Cargas estruturais e de condições dos limites;
- Análise estrutural do A360 para Revit⁴
- Cargas de aquecimento e resfriamento;
- Estudos de massa;
- Estudos solares⁶

Documentação:

- Linhas de detalhes 2D e componentes de detalhe 2D;
- Acompanhamento da revisão;
- Cotas, identificadores e anotação;
- Fase;
- Tabelas, material derivação.

Colaboração:

- Verificar interferência, copiar/monitorar;
- Compartilhamento de trabalho (ambiente multiusuário);
- Coordenadas compartilhadas entre os projetos;
- Revit *Server*.

Vinculação a outros arquivos do Revit:

- Vincular arquivos de outros aplicativos Revit;
- Identificar e tabular elementos em arquivos vinculados;
- Copiar/colar elementos a partir de vínculos;
- Personalizar a visibilidade de modelos vinculados.

Vinculação/importação

- DWG™, formato de arquivos DXF, tecnologia TrustedDWG, imagens;
- IFC;
- SketchUp, DGN, revisão DWF;
- Nuvem de pontos, decalque.

Exportação:

- DWG, DXF, DGN, DWF e DWFX;
- Passeios virtuais e imagens, FBX, NWC⁵
- Relatórios de ambiente/área, tabelas;
- Estudos solares⁶
- IFC;
- SAT, ADSK, gbXML, ODBC, tipos de família.

Suporte à *Application Programming Interface* (API).

Observações da Autodesk em seu site;

- ¹Somente as paredes no Revit LT.
- ²Disponível para clientes do *Maintenance Subscription* do Revit LT, Revit, RevitArchitecture, Revit MEP e RevitStructure, durante a vigência da assinatura.

- ³Disponível para clientes do *Building Design Suite (Premium, Ultimate)*, *Infrastructure Design Suite (Ultimate)*, *RevitArchitecture* e *Revit MEP* com *MaintenanceSubscription*, durante a vigência de sua assinatura.
- ⁴Disponível para clientes do *Building Design Suite (Premium, Ultimate)*, *Infrastructure Design Suite (Ultimate)*, *Plant Design Suite (Premium, Ultimate)* e *RevitStructure* com *MaintenanceSubscription*, durante a vigência de sua assinatura.
- ⁵Para ativar o recurso de exportação NWC, instale o utilitário de exportação NWC do Navisworks disponível no site Autodesk.com.
- ⁶Somente as imagens estáticas estão disponíveis para exportação de estudo solar.

Bentley

A empresa Bentley fornece uma série de produtos com tecnologia BIM, cada um deles específico para determinados tipos de análise. Abaixo, estão listados alguns deles e seus propósitos, segundo informações do site da empresa Bentley:

MicroStation (BentleyArchitecture): um produto que pode ser utilizado como ambiente para a modelagem da informação de duas formas: como um software de aplicação, integrando ambientes 2D e 3D, o que facilita documentação de projetos, e criando modelos confiáveis; e como uma plataforma, fazendo a integração das diversas disciplinas de projetos.

ProjectWise: um produto desenvolvido para informação de projetos e colaboração entre os profissionais envolvidos neles, voltado para a concepção e construção de diferentes projetos de infraestrutura.

BentleyBridge: um grupo de *softwares* especializados em todas as fases da construção de pontes. Abrange vários tipos de pontes e pode ser utilizado em pontes já existentes, para reformas, e em novas construções. Fazem parte dos grupos de softwares: *RM Bridge*, utilizado, por exemplo, para simulação em BIM 4D e avaliações de resiliência em eventos sísmicos e outras atividades naturais; *LEAP Bridge Interprise*, usado para pontes de concreto; *BentleyPowerRebar*, especializado no reforço de pontes de concreto; *LEAP Bridge Steel*, elaborado para modelagem e análise de pontes metálicas; *LARS Bridge*, responsável por análises de cargas em diferentes tipos de pontes; e *InspectTech*, utilizado para inspeção, manutenção e gestão de ativos de infraestrutura de transportes.

Outros produtos desenvolvidos pela Bentley são:

Bentley Land Development: um software utilizado apoio as movimentações de terra, criando cenários durante as fases das obras.

BentleyBuildingAnalysisand Design: utilizado para edifícios de alto desempenho.

BentleyMapping: utilizado em topografia, fotogrametria, sensoriamento remoto conversão de dados, mapeamento, cartografia, entre outras aplicações.

BentleyPlant Design andEngineering Software Products: conjunto de softwares integrados utilizados para engenharia e projeto de plantas industriais.

Bentley Communications Network Design Softwares Products: grupo de *softwares* utilizados no desenvolvimento de redes de comunicação.

BentleyPlantOperations Softwares Products: conjunto de *softwares* utilizados na operação e manutenção de plantas industriais.

BentleyPlant Conceptual Design Softwares Products: são *softwares* que funcionam como ferramentas para o desenvolvimento conceitual de plantas industriais, permitindo que o usuário busque o layout mais adequado.

BentleyRail Design andOperationProducts: software usado para o desenvolvimento de ferrovias, do planejamento a operação.

Bentley Eletric andGasUtility Network Analysisand Design Software Products: utilizados para o desenvolvimento e gerenciamento de redes elétricas e de distribuição.

Bentley Road Design Software Products: família de *softwares* utilizados para o desenvolvimento de rodovias.

BentleyFacilityInformation Management Software Products: utilizados para o gerenciamento da informação de instalações.

BentleyStructuralAnalysis, Design, and Documentation Software Products: usados no desenvolvimento de análises estruturais de diversos tipos de estruturas, em aço, em madeira, em concreto, entre outros materiais.

Bentley 3D Imagingand Point-cloud Software Products: utilizado para conversão de imagens geoespaciais em modelos 3D para análise do local que podem ser utilizados em análises de obras de infraestrutura. Entre eles estão o Bentley Descartes e o Bentleypointools.

BentleyTransportationAsset Management Software Products: utilizados no gerenciamento de operações de transportes. Fazem parte destes grupo: InspectTech, Exor, Superload e Optram.

Bentley GIS Software for OptimizingGeospatial Workflows in InfrastructureProjects: usado no gerenciamento de informações geoespaciais e sua publicação na web.

Bentley'sHydraulicandHydrologySolution: produtos utilizados para análise e projeto de redes de água e esgoto.

ArchiCAD 19, Graphsoft

ArchiCAD é o *software* BIM de arquitetura mais antigo em contínua operação (Eastman et. al, 2007). Abaixo, seguem as funcionalidades do *software* ArchiCAD 19, segundo informações disponibilizadas no site da empresa Graphisoft:

Modelagem BIM:

- Portas e janelas adaptáveis a paredes inclinadas e de superfície complexa;
- Elementos complexos multi-pavimentos;
- Reformulação de elementos em qualquer vista;
- Paredes e colunas curvas/perfiladasqcomplexas;
- Configurações customizadas de laje e telhado;
- Uso de qualquer quantidade de *layers* para elementos compostos;
- Ferramentas para aparência;
- Telhados multi-planos;
- Gerenciamento de modelos de conexões de elementos;
- Ferramentas de transformação;
- Operações sólidas de transformação e suavização de objetos;
- Ligação do tamanho de elementos aos andares, ajuste de paredes ao núcleo das lajes;
- Planos de referencia baseado no núcleo para paredes e lajes;
- Vigas curvas;
- Exposição da ancoragem de portas e janelas no núcleo da parede;
- Junções baseadas em prioridades;
- Edição simultânea de múltiplos elementos;
- Vão de ar em elementos compostos: correta exposição e manipulação;
- Materiais de construção: extensão de propriedades e rótulos;
- Pintor de superfícies.

Visualização e exploração 3D

- Zonas 3D de adaptação de geometria para elementos complexos;
- Rastreamento virtual: *layer* de referencia entre todas as vistas e layouts;
- Exibição parcial da estrutura por classificação de comportamento de carga;
- Cursor inteligente sensível ao contexto;
- Plano 3D de edição;
- *Feedback* 3D com planos de trabalho, linhas de orientação 3D;
- Alinhamento a superfície na janela 3D;
- Movimentação e elevação em uma etapa;
- Exibição de histórico de informações sobre linhas de orientação;
- Planos de corte facilmente editáveis em tempo real;
- MAXON® CineRenderEngine para visualização profissional;
- Mecanismo e câmeras de renderização física; gramado; efeito de modelo branco;
- Suporte *IES Light*;
- Paleta de renderização “one-click” com cenas predefinidas;
- Guias instantâneos, inteligentes e temporários em 2D e 3D;
- Linhas de orientação permanente em 2D e 3D;
- Catálogo expandido de superfícies.

Documentação

- Documento 3D: vistas anotadas e dimensionadas nas vistas 3D;
- Exportação PDF;
- Cronograma interativo; exportação para Excel;
- Livro de *layouts*;
- Conversão de dados agrimensores em malha ArchiCAD;
- Característica de renovação, *element-levelstatusing*;
- Importação de características do terreno;
- Suporte de publicação de PDF/A para arquivamento;
- Exportação ArchiCAD para formato STF (*Stereolithography*);
- Conexões integradas com Google Earth e SketchUp;
- Hiper-modelosBIMx: visível em 3D no visualizador BIMx da área de trabalho;
- Gerenciamento de revisão – publicação do histórico de edição;
- Ponteiros automáticos para fácil leitura de dimensões;
- Fácil edição das dimensões e dos textos das dimensões;
- Dimensionamento automático de linhas de nível dos pisos;
- Adição de múltiplos rótulos para um elemento/ Fácil atribuição e edição de rótulos;
- Publicação em PDF com WYSIWYG *layers* do *layout*.
- *Listskin*/ área do componente em cronograma interativo;
- Cronograma de entregas (*schedule offinishes*);
- Controle de inoformação do elemento quando publicar um hiper-modeloBIMx.

Produtividade/gerenciamento de projeto/performance

- Referências vetígio virtuais como calço para qualquer vista ou layout;
- Suporte para conexão de dispositivos de navegação espacial 3D;
- Empréstimo de licença;
- ArchiCAD 64-bit original para sistema operacional *Windows*;
- ArchiCAD 64-bit original para sistema operacional *Mac*;
- Atribuição de propriedades térmicas para o abastecimento do ArchiCAD;
- Fácil publicação e acesso a objetos pelo Portal de componentes BIM;
- Avaliação energética da edificação integrada;
- Múltiplos blocos térmicos, sistemas construtivos e perfis de operação;
- Materiais de construção incluindo superfícies, prioridades, propriedades térmicas, etc;
- Suporte de processamento em segundo plano, otimização de *CPU'smulti-core*;
- Gerenciamento de revisão – rastreamento completo baseado no modelo;
- *CineRender* roda em segundo plano utilizando *Multi-cores*;
- Novo processamento de segundo plano para vistas quase instantâneas do modelo;
- *OpenGLEngine* otimizada para navegação mais rápida e suave;
- Modo de janela unificada no *Mac*;
- Navegação baseada em abas.

Comunicação/ integração a engenharia

- *XREF layers* arranjados separadamente dos outros *layers*;
- Banco de dados da norma de perfis metálicos;
- Classificação por tipo, posição e função estrutural;
- Configurações pré-definidas de importação/exportação IFC (*IFC Translation Setup*);
- Suporta elemento de anotação 2D em modelos IFC de exportação/importação;
- Função de “detecção de mudanças no modelo IFC”;
- Dados IFC integrados a dados originais do ArchiCAD;
- Fusão do modelo ArchiCAD em modelo IFC;
- Função “Esquema de instalação IFC”;
- Entidades IFC: “Classificação de referencia”, “ocupante de espaço” e “ator”;
- Regras para classificação IFC automática e definição de propriedades automática;
- Acesso a dados IFC para ODBC Driver e ArchiCAD API;
- Exportação certificada de IFC 2x3 *Coordinationview* v2.0;
- Suporte de 2x3 Basic FM *Handover* MVD (COBie);
- Entidades IFC: “*IFC System*”, “*IFC Time Series Schedule*”;
- Hierarquia em vários níveis de atribuições IFC;
- Suporte para produtos, sistemas, “*time series Schedule*” tipo IFC;
- Definição de elementos pelo contexto do terreno ou construção;
- Formato IFC suportado para publicação;
- Troca de dados em PDF – otimização de exportação, com *layers*;
- Edição flexível de desenhos PDF;
- *Mark-up* em 3D, *Screenshot*;
- Formato de colaboração BIM baseado em troca de dados;
- Esquema dirigido de gerenciamento e exportação de dados IFC;
- Parâmetros e mapeamento de quantidades para dados IFC;
- Exportação de parâmetros AII ArchiCAD como dados IFC;
- Exibe dados de etiquetas e categorias, incluindo dados IFC, em etiquetas ArchiCAD;
- Exportação e importação certificada de IFC 2x3 *CoordinationView* V2.0;
- Exportação de geometrias encontradas na detecção de colisões;
- Exportação de objetos complexos e compostos em partes;
- Suporta DWG 2014/2013;
- Exibição de “*point clouds*”;
- Atualiza propriedades com a importação de propriedades IFC (atualização com modelo IFC);
- Exportação de dados IFC para BIMx;
- Mapeamento de informações IFC para “3rd partydevelopers” (API).

Bibliotecas:

- *Library container file* (.lcf) – Formato de armazenamento de arquivo;
- Embutir objetos no projeto;
- Embutir somente bibliotecas necessárias;
- Migração de biblioteca e gerenciamento de biblioteca;

- Procura por função para achar partes da biblioteca dentre todas as bibliotecas ativas;
- Interface aprimorada e listagem para *RoofMaker*;
- Etiquetas de dimensão incluem dados de elevação do elemento;
- Compreensiva biblioteca pré-construção de superfícies *CineRender*;
- Gerenciamento de superfícies; importação e exportação de superfícies *CineRender*;
- UI porta/janela simplificados;
- Novos e melhorados tipos de etiquetas.

Trabalho em equipe/ servidor BIM

- Servidor BIM – trabalho em equipe baseado em modelo;
- *Delta Server*® para rápida e segura troca de dados para trabalho em equipe;
- Servidor BIM® - monitor de performance e controle sobre o servidor cliente;
- Servidor BIM 64-bit para os sistemas operacionais *Windows* e *Mac*;
- Portabilidade e acesso remoto;
- Backups de projetos BIM para reestabelecer dados relacionados ao servidor BIM;
- Backups no formato PLN para rápida recuperação de arquivos ArchiCAD;
- Servidor baseado na navegação e gerenciamento usuário/função;
- Múltiplos servidores BIM com um único ponto de entrada;
- Troca de mensagem entre a equipe com visualização;
- Gerenciamento *BIMcloud*;
- Ícone de controle *BIMcloud*: único ponto de entrada para o gerenciamento de servidor;
- Ferramenta de diagnóstico em rede.

NavisWorks 2016, Autodesk

A Autodesk disponibiliza duas versões do software Navisworks 2016, *Manage* e *Simulate*. As duas são voltadas para o setor AEC, planta e manufatura. Segundo o site da empresa, a versão *Manage* é adequada para controle de resultados com a coordenação avançada, análise 5D e ferramentas de simulação, enquanto a versão *Simulate* é adequado para revisão e comunicação de detalhes do projeto por meio de simulação e análise 5D.

Abaixo, as características que ambas as versões tem em comum:

Visualização de projetos:

- Navegação em tempo real;
- Revisão do projeto por toda a equipe.

Revisão do modelo:

- Agregação de dados e arquivos de modelo;
- Kit de ferramentas de revisão;
- Publicação de NWD e DWF;

- Kit de ferramentas de colaboração.

Análise e simulação de modelo:

- Cronograma 5D do produto;
- Modelo de renderização fotorrealista;
- Animação de objetos.

Coordenação:

- Coordenação BIM com AutoCAD 2016;
- Integração com o *BIM 360 Glue*.

Quantificação:

- Levantamento de modelo integrado;
- Levantamento de folha 2D.

As duas versões se diferem no critério coordenação, a versão *Manage* possui duas funcionalidades a mais. São elas:

- Detecção de conflitos e verificação de interferência;
- Gerenciamento de conflitos e interferências.

Existem muitos outros softwares BIM adequados as diferentes etapas de um projeto, abaixo uma lista com alguns deles:

Arquitetura:

- Nemetschek Vectorworks;
- Nemetschek Allplan
- Gehry Technologies Digital Project (CATIA)
- Active 3D

Estrutura:

- Bentley Structural Modeler;
- Autodesk Revit Structure/Robot;
- Tekla Structures;
- SAP 2000;
- Scia.

Instalações:

- Autodesk Revit MEP;
- DDS – CAD.

Code-checking:

- Solibri.

Coordenação de projetos:

- Autodesk Design Review;
- BIM Review;
- Solibri;
- TeklaBIMSight.

Análise ambiental/Sustentabilidade:

- Ecotect (Autodesk);
- EcoDesigner (Graphisoft);
- Green BUILDING Studio;
- IES Virtual Environment;
- EcoScorecard (Smart BIM).

Análise energética:

- EnergyPlus;
- DesignBuilder;
- AECOsim

Análise de custo de ciclo de vida do empreendimento:

- Onuma Planning System.

Planejamento 4D:

- Bentley Schedule Simulator;
- Synchro;
- Vico Office;

Quantitativos e orçamentação (5D):

- Solibri;
- Vico Office;
- InnovayaBuildingEstimating.

Operação e manutenção:

- BentleyFacilities;
- Archibus;
- Autodesk 360;
- EngworksYouBIM;
- EcoDomus.