

Monografia

"PLATAFORMA BIM: CONTRIBUIÇÕES PARA A GESTÃO E COORDENAÇÃO DE PROJETOS EM UMA ORGANIZAÇÃO MILITAR"

Autor: Laís Guimarães Soares

Orientador: Prof. Eduardo Arantes

Janeiro/2013

LAÍS GUIMARÃES SOARES

**" PLATAFORMA BIM: CONTRIBUIÇÕES PARA A GESTÃO E
COORDENAÇÃO DE PROJETOS EM UMA ORGANIZAÇÃO MILITAR "**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil
da Escola de Engenharia UFMG

Ênfase: Tecnologia e produtividade das construções

Orientador: Prof. Eduardo Arantes

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2013

A minha família e ao Bruno pelo apoio, carinho e
dedicação.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por iluminar e abençoar sempre o meu caminho.

Ao professor Eduardo Arantes pela prontidão, atenção e apoio dispensados.

Ao instrutor, pesquisador e BIM Manager do Exército Brasileiro, Washington Gultenberg Lüke pela atenção e disponibilidade no fornecimento de informações a respeito do uso do BIM pelo Exército.

A minha mãe, minha tia e minha irmã pela dedicação e ensinamentos transmitidos ao longo da vida.

Ao Bruno, pelo amor, carinho e apoio de sempre.

Aos grandes amigos que contribuíram para concretização de mais esta etapa.

A todos que de alguma forma, colaboraram e acreditaram na realização deste trabalho.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 Contextualização e justificativa da pesquisa	12
1.2 Objetivos	17
1.2.1 Objetivo geral	17
1.2.2 Objetivos específicos	18
1.3 Metodologia	18
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
2.1 Tecnologia da informação aplicada a construção	20
2.2 Origem e conceituação da plataforma BIM	26
2.2.1 Parametrização	33
2.2.2 Interoperabilidade.....	36
2.3 Benefícios do BIM	42
2.4 Fases de consolidação do BIM	45
2.5 Implementação e desafios do planejamento de um empreendimento BIM.....	47
2.6 Desafios do BIM	51
2.7 Implicações do BIM na gestão e coordenação e de projetos.....	56
2.7.1 Gestão e coordenação de projetos em entidades públicas	65
2.8 Estudo de caso: A implementação do BIM no Exército Brasileiro.....	69
2.8.1 Introdução	69
2.8.2 Caracterização da Entidade	69
2.8.3 O desafio da Gestão de Obras Militares	70
2.8.4 Desenvolvimento da Solução.....	71
2.8.5 O Plano Diretor de Organização Militar.....	75
2.8.6 Gestão de projetos no Exército Brasileiro	78

2.8.7 Modelo de contratação de projetos em BIM	80
2.8.8 Desafios do BIM no Exército Brasileiro.....	81
2.8.9 Análise crítica e classificação do objeto de estudo quanto a fase de consolidação do BIM	83
3. CONCLUSÃO	87
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	88
5. ANEXOS	94

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Fluxo de informações do modelo BIM	16
Figura 2.1: Ciclo de vida de uma edificação e impactos ambientais	23
Figura 2.2: Ciclo de vida de uma construção.....	29
Figura 2.3: Ciclo de Vida de empreendimento BIM	30
Figura 2.4: Recente versão do fluxo de trabalho BIM.....	37
Figura 2.5: Os três componentes da interoperabilidade	39
Figura 2.6: Modelo BIM sob a ótica da interoperabilidade.....	40
Figura 2.7: Fundamentos da implementação do BIM	48
Figura 2.8: Fase de planejamento de empreendimentos.....	49
Figura 2.9: Exemplos de compatibilização entre estrutura, hidráulica e ar condicionado para o condomínio de escritórios Ventur e Kino, projeto de Aflalo & Gasperini 2) Modelo do edifício 112 Barcelona, na Espanha, projeto de Idom ACXT	59
Figura 2.10: Nuvem de pontos.....	60
Figura 2.11: Modelos gerados a partir de nuvem de pontos.....	60
Figura 2.12: Esquema de funcionamento da plataforma BIM.....	62
Figura 2.13: Workflow do Projeto Convencional.....	63
Figura 2.14: Workflow do Projeto com BIM.....	64
Figura 2.15: Modelo de Gerenciamento Integrado em BIM	65
Figura 2.16: Localização das Obras Militares	71
Figura 2.17: Infraestrutura do Exército Brasileiro.....	72
Figura 2.18: Infraestrutura (instalações, terreno e edificações) do Exército Brasileiro	72
Figura 2.19: Monitoramento das obras do Exército	73

Figura 2.20: Monitoramento das obras do Exército – informações gerais de andamento das obras	74
Figura 2.21: Monitoramento das obras do Exército – informações específicas de andamento das obras	74
Figura 2.22: Monitoramento das obras do Exército – informações específicas de andamento das obras, como relatórios e fotos.....	75
Figura 2.23: Ciclo das instalações	76
Figura 2.24: Ciclo das instalações, GIM E BIM.....	77
Figura 2.25: Integração entre GIM E BIM	77
Figura 2.26: Geração de ambientes de trabalho - integração entre GIM E BIM.....	78
Figura 2.27: Dualidade das instalações do Exército Brasileiro.....	79
Figura 2.28: Base Geo PDOM	80
Figura 2.29: Módulo de projetos no Exército Brasileiro	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1: Projeção da taxa de crescimento real do setor da Construção Civil.....	12
Tabela 2.1: Alguns softwares com tecnologia BIM	42

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1: Classificação dos benefícios do BIM.....	45
Gráfico 2.2: Dificuldades na implementação do BIM	56

LISTA DE NOTAÇÕES, ABREVIATURAS

PIB Produto Interno Bruto

PAC Programa de Aceleração do Crescimento

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

AEC Arquitetura, Engenharia e Construção

BDS Building Description System

BIM Building Information Modeling

B.I.M.M. (BIM Integrated Management Model)

CAD Computer-Aided Design

CIC Computer Integrated Construction Research Program

DOM Diretoria de Obras Militares

IAI International Alliance for Interoperability

IBICT Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia

IDM Information Delivery Manuals

IFC Industry Foundation Classes

IFD International Frametork for Dictionaries

ILM Infrastructure Lifecycle Management

IPD Integrated Project Delivery

GIM Geographic Information Modeling

MVD Model Viet Definitions

MCTI Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação

MDIC Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior

OPUS Sistema Unificado do Processo de Obras

PDOM Plano Diretor de Organização Militar

STEP Standard for the Exchange of Product Model Data

TI Tecnologia de Informação

XML Extensible Markup Language

RESUMO

Com a busca por empreendimentos cada vez mais racionais, o processo de produção da construção passa pela evolução do desenvolvimento do projeto, eliminando-se falhas, aperfeiçoando a construção, com otimização dos recursos e aumento da produtividade.

A elaboração de projetos e execução de obras de edificações apresenta intensa complexidade devido a participação de diversos agentes e ao grande fluxo de informações no decorrer do processo. Esse panorama demanda a substituição do processo tradicional (seqüencial) por um ambiente de trabalho colaborativo, no qual é necessário a adoção de métodos eficazes de gestão e coordenação de projetos, principalmente em uma entidade pública, onde os recursos são advindos da população e são regulados por leis específicas. Nesse contexto, a utilização da tecnologia BIM (Building Information Modeling) apresenta-se como ferramenta de auxílio no processo de gestão de projeto, de forma a promover a otimização e o controle das informações da construção, proporcionando redução de desperdícios e custos e conseqüentemente a execução de empreendimentos mais sustentáveis.

Este trabalho realiza um estudo de caso sobre a implementação da plataforma BIM em uma entidade pública, nos quais são apresentadas as principais implicações e contribuições da utilização do BIM para a Gestão e Coordenação de Projetos de empreendimentos públicos.

Palavras-chave: BIM (*Building Information Modeling*), Gestão e Coordenação de Projetos, obras públicas

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A indústria da construção assume hoje papel representativo no panorama nacional, é responsável por cerca de 15% (FIESP, 1999) do PIB (Produto Interno Bruto) e por gerar altos índices de investimentos e de empregos. A cadeia produtiva da construção civil mobilizou em 2007 11, 3% de um total de R\$ 5,7 trilhões correspondentes ao PIB do ano, sendo que destes, 0,5% (equivalentes a R\$ 13 bilhões) correspondem à categoria serviços imobiliários, onde estão incluídos projetos, atividades imobiliárias e manutenção de imóveis (FIESP, 2008b). Além disso, de acordo com o estudo realizado pela FGV & Abramat (2009), estima-se em 7 milhões o número de trabalhadores na Construção Civil. O setor aponta projeções de taxas de crescimento em decorrência da estabilidade econômica, do aquecimento da economia, da maior oferta de crédito ao consumidor e da perspectiva de investimentos futuros dos programas de governo, como o Minha Casa Minha Vida, o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) e os direcionados aos jogos esportivos. (MONTEIRO F., 2012).

Tabela 1.1: Projeção da taxa de crescimento real do setor da Construção Civil (Fonte: Monteiro F., 2012).

Construção Civil (em %)	
2010	6,2%
2011	7,2%
2012	6,2%
2013	2,4%

Taxa de crescimento médio (2010-2013)	5,5%
---------------------------------------	------

Por outro lado, a Construção Civil é a atividade humana com maior impacto ambiental, consome entre 15 e 50% de todas as matérias primas, desenvolve processos que demandam grande consumo de energia, gera poluição em quase todas suas fases (da extração de matérias primas a produção de produtos como cimento e concreto), além de desperdiçar boa parte dos recursos naturais (SJÖSTRÖM, 1992).

Além dos problemas ambientais de ineficiência e consumo excessivo de energia e matéria prima, a indústria da construção apresenta um problema elementar de defasagem em acompanhar os avanços tecnológicos e de produtividade vivenciados pelas demais indústrias, como a da agricultura, a mais antiga atividade da civilização humana, que nos últimos cem anos obteve alcance de produtividade não imagináveis na indústria da construção (SMITH e TARDIF, 2009).

Mudanças relacionadas aos aspectos tecnológico, social e de mercado permeiam, em todo o mundo atual, as empresas dos diversos setores industriais, assim como a da Construção Civil, nas quais a competição tecnológica enfatiza a gestão da qualidade e a busca de produtividade e competitividade como elementos cruciais para a sobrevivência das empresas. A racionalização da produção, as técnicas, métodos e soluções inovadoras vem ganhando importância, como maneira de minimizar os custos crescentes da mão-de-obra e atender ao aumento da exigência dos compradores. Os processos de produção passam por alterações, com o intuito de reduzir custos e adequar a realidade dos produtos ofertados as condições de mercado para propiciar a viabilização dos empreendimentos. (MELHADO, 2005)

As fases de projeto e de planejamento passaram a receber maior destaque, em relação a fase de produção tão valorizada na maioria das obras, e tornaram-se elementos essenciais para a aquisição da qualidade dos edifícios.

As decisões adotadas nas etapas iniciais da fase de projeto de construção civil são capazes de evitar grande quantidade de erros, de retrabalho e desperdício, o que proporciona maior qualidade do produto final entregue e conseqüentemente reduz o consumo de recursos naturais e energia, além de minimizar a geração de resíduos. A ocorrência de grande número de problemas patológicos dos edifícios atribuídos a falhas de projetos comprova que a falta de decisões ou adiamento destas nas etapas iniciais de projeto intensifica grande quantidade de erros e de retrabalho para todos os envolvidos. (MELHADO, 2005).

Quando não há planejamento na etapa de projeto, a construção de edifícios produz e fabrica seu produto sem uma definição clara de como produzi-lo. Assim, o desempenho e qualidade da edificação tornam-se comprometidos, já que as soluções foram pouco analisadas e compartilhadas com todos os agentes participantes, o que gera custos adicionais como a utilização de materiais e sistemas construtivos inadequados e improdutividade no período de execução, uso e manutenção do produto (et al AQUINO, 2005).

Um elevado grau de fragmentação permeia os processos de elaboração de projetos e execução de edificações em decorrência da falta de comunicação dos diversos agentes envolvidos na cadeia produtiva de todo o ciclo do empreendimento, o que requer a busca da colaboração de todos os especialistas baseada na troca de experiências e conhecimentos de cada um (SILVA JUNIOR, 2009).

Os profissionais possuem uma mentalidade contratual, na qual há uma incessante discussão a respeito de obrigações e responsabilidades, o que torna o processo

processo construtivo segmentado. Nessa situação, não existem mecanismos que gerem uma verdadeira integração entre os diversos projetistas ao longo da cadeia produtiva (SANTOS, 2009).

Segundo Santos (2009), a execução de um projeto de construção civil é decorrente do gerenciamento de diferentes recursos (materiais, mão-de-obra, equipamentos e capital) que muitas vezes são sujeitos a limitações e restrições. As informações sobre os recursos são fundamentais para o planejamento e controle do projeto, sendo esses dependentes da eficiência do modelo computacional que é utilizado.

A utilização de Tecnologia da Informação (TI) possibilita a otimização de processos e redução de desperdícios e erros de projetos, fatores diretamente ligados à degradação ambiental (STHELING apud MARCOS, 2009). Além disso, auxilia nos métodos de gestão do processo de projeto e execução das obras, a partir da concepção do empreendimento até sua conclusão, recebimento e uso pelo cliente final, o que potencializa o setor de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) na direção da melhoria contínua dos seus produtos (SILVA JUNIOR, 2009).

Nesse contexto, a plataforma Building Information Modeling, ou BIM, apresenta-se como uma importante ferramenta capaz de contribuir significativamente para o aumento da qualidade das edificações e consequentemente para a concepção de projetos mais sustentáveis, com redução de custos e desperdícios. Trata-se de uma tecnologia de trabalho colaborativo por meio da geração de um modelo criado a partir de informações coordenadas e consistentes que viabiliza adotar decisões nas fases iniciais do projeto, o desenvolvimento de documentação de melhor qualidade e a avaliação de alternativas de projeto através da análise de técnicas e sistemas construtivos antes da execução da edificação (AUTODESK, 2012).

De acordo com Eastman et al. (2008, p.13), o Bim é “*uma tecnologia de modelagem e um grupo associado de processos para produção, comunicação e análise do modelo de construção*”. Segundo esta definição o conceito BIM envolve tecnologia e processos usados na produção, comunicação e análise dos modelos de construção, cujo objetivo é buscar por uma prática de projeto integrada, de maneira que todos os participantes da AEC empenhem-se para a construção de um “*modelo único*” de edifício. A utilização da plataforma BIM assume papel decisivo na melhoria das fases de projeto, pois auxilia na concepção de propostas de acordo com a exigências dos clientes, promove a integração dos projetos entre si e com a obra e gera redução de tempo e custo da construção. (ANDRADE; RUSCHEL 2009).

O BIM possui um banco de dados visual do edifício cujo acesso é compartilhado a todos os participantes da gestão do ciclo de vida do empreendimento, desde o desenho preliminar, até a gestão de instalações, por meio de troca de informações, como é ilustrado na figura 1.1 (SANTOS, 2009).

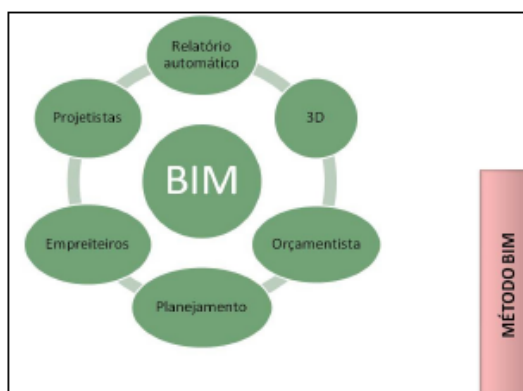


Figura 1.1: Fluxo de informações do modelo BIM (Fonte: Santos, 2009. Adaptado de SABOL, 2008).

Arquitetos, engenheiros, construtores, incorporadores e todos agentes envolvidos em um empreendimento necessitam de uma estratégia, pois a plataforma BIM configura-se como

uma nova maneira de projetar e construir. (STEHLING, 2012). Conforme Smith e Tardif (2009), como organizar e trocar informações geradas no desenvolvimento de um empreendimento trata-se do principal desafio para a implantação dessa tecnologia.

Apesar de ser notável, ainda que de maneira incipiente, o aumento do número de empresas engajadas no aperfeiçoamento dos processos de gerenciamento de projetos e em programas de qualidade na construção, o mesmo não se aplica as obras e serviços de engenharia e arquitetura coordenados pelo Poder Público (JUNIOR; FABRÍCIO, 2011).

Um estudo realizado pela Comissão Temporária do Senado Federal, destinada a inventariar obras não concluídas com os recursos da União, revelou a existência de mais de 2.000 obras inconclusas, custeadas pelo Governo Federal ao valor de 15 bilhões de Reais, o que ressalta a importância do aprimoramento dos modelos de gerenciamento de obras públicas (JUNIOR; FABRÍCIO, 2011).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

- Explorar os principais benefícios da implementação do BIM para a coordenação de projetos e o processo de projeto por meio da avaliação da implantação da tecnologia nas obras do Exército Brasileiro.
- Demonstrar o potencial do uso de conceitos BIM no setor público e a gestão do ciclo de vida das obras de infraestrutura e edificações, permeando o planejamento estratégico, tático e operacional de uma instituição.

- Apresentar propostas de melhorias nos processos de coordenação de projeto com base na implementação da tecnologia BIM.

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar uma revisão bibliográfica sobre a tecnologia BIM, seus principais conceitos, benefícios e desafios de implementação.
- Realizar uma revisão bibliográfica sobre coordenação de projetos e o processo de projeto e as principais implicações e alterações em decorrência da utilização do BIM.
- Analisar criticamente o estudo de caso pesquisado quanto as mudanças no processo de coordenação de projetos com a aplicação do BIM e o nível de implementação da tecnologia.

1.3 Metodologia

Primeiramente, a metodologia utilizada foi a revisão bibliográfica, acerca de temas relacionados ao BIM, tais como: TI aplicada à construção, origem e conceituação do BIM, principais benefícios oferecidos pela tecnologia, fases de implementação do BIM, a coordenação de projetos e seus desdobramentos em relação ao uso do BIM e os principais desafios de implementação enfrentados pelas empresas para adoção da nova ferramenta.

Posteriormente foi realizado um estudo de caso, que conforme Gil (1999), tem o objetivo de explorar situações da vida real cujos limites não estão claramente definidos, descrever a situação do contexto em que está sendo feita determinada investigação, explicar as

variáveis causais de determinado fenômeno em situações complexas em que não é possível a utilização de estratégias como o levantamento e os experimentos, e que pode ser utilizado em pesquisas exploratórias, descritivas e explicativas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Tecnologia da Informação Aplicada a Construção

O surgimento da Computação Gráfica data da década de 1950, sendo o primeiro modelador de sólidos e o primeiro modelo de informação da edificação concebidos em 1970. Já os sistemas computacionais de auxílio ao projeto destinados a tarefas específicas, tais como, editores geométricos bi e tridimensionais, programas fotorealísticos (rendering), de dimensionamento, de animação, de orçamentação, de gerenciamento de documentos, entre outros, surgiram durante as décadas de 1980 e 1990 (PROTÁZIO, 2010).

Eastman (1999) analisou algumas das ações iniciais, criadas por volta da década de 1970 e 1980, do desenvolvimento da programação voltado a objetos (POO), cujo objetivo era a simulação do mundo real no computador, propiciando a criação, edição e armazenamento de informações gráficas e não gráficas acerca da edificação.

O computador e sua conseqüente facilidade e velocidade de execução de operações matemáticas complexas provocou o surgimento na área de engenharia da resolução de problemas de cálculo possibilitando o aumento significativo de produtividade no desenvolvimento de muitas rotinas de projeto (MELHADO, 2005).

O início do século XXI até os dias atuais é marcado por uma incessante mudança nos processos de trabalho e a origem de novas tecnologias, como o Building Information Modeling (BIM), uma plataforma de informações digitais integradas com capacidade de gerar simulações e representações de uma determinada edificação por meio do conjunto de objetos parametrizados dirigidos a AEC (AYRES, 2009).

O projeto passou a ser auxiliado por uma série de dispositivos e tecnologias como técnicas e ferramentas de desenho que interagem com práticas e, atualmente novas tecnologias de informação exercem um impacto no processo de projeto de modo significativo (MELHADO, 2005).

Por volta do ano de 2005, um plano para desenvolvimento do setor da construção foi estabelecido pelo Governo Federal, uma vez que o país encontrava-se em um período de vinte anos de estagnação em seu crescimento. A intensificação da utilização de TI foi uma das iniciativas adotadas, além da implantação de um Sistema de Classificação de componentes da construção, o que modernizou o planejamento, o projeto, a construção, a operação, a manutenção, a comunicação e a integração entre os sistemas de um empreendimento (SILVA E AMORIM, 2011).

Uma intensa competitividade impulsionada pelo crescente desenvolvimento da computação e pelo processo de globalização delineam o cenário atual da indústria da construção, no qual a informação tem se tornado elemento estratégico, principalmente para os setores de engenharia. As novas tecnologias e a busca pelo avanço dos processos de projeto e produção tornaram-se essenciais para a geração de novos modelos de gestão, execução de atividades mais automatizadas e para a produção de aprendizados inovadores para o setor da construção (SILVA JUNIOR, 2009).

Foram as inovações tecnológicas, ou seja, as tecnologias de informação, ocorridas principalmente nas telecomunicações e na informática que promoveram o processo de globalização, por meio da difusão de informações entre as empresas e instituições financeiras interligando os mercados de todo o mundo (SILVA JUNIOR, 2009).

De acordo com Oliveira (2011), o processo de projeto de uma edificação é constituído por desenhos, esquemas, tabelas e diversas outras informações que necessitam ser bem organizadas e arquivadas de modo que possam ser consultadas durante a concepção,

desenvolvimento e finalização do trabalho. Além disso, o desenvolvimento de projetos de edificações é caracterizado por grande volume de informações e pela complexidade dos empreendimentos, o que requer a padronização e informatização de seus processos.

Os equipamentos e métodos de construção civil são muitas vezes definidos após a execução dos projetos, o que denota a falta de integração entre os agentes envolvidos no desenvolvimento do projeto e a ausência de métodos que promovam a sinergia entre os profissionais (SILVA JUNIOR, 2009). Há algumas iniciativas que pretendem mudar essa situação, como a adoção dos princípios do “projeto para produção” que contém informações acerca da construção de modo a buscar a eliminação da lacuna existente entre projeto e produção (MELHADO, 2005).

O projeto têm se tornado cada vez mais marcado pela multidisciplinaridade de projetistas que o conduzem ainda de maneira segmentada e independente. (SOUZA et al, 2005).

A qualidade de um projeto depende da troca eficiente e segura de informações entre os agentes envolvidos no seu processo de desenvolvimento. A inexistência de informações necessárias em projetos torna-se um ponto dificultador para o alcance de maior produtividade e qualidade do setor (SILVA JUNIOR, 2009).

Verifica-se cada vez mais a importância de métodos eficazes de planejamento e gestão na construção civil que garantam a qualidade e sustentabilidade das edificações. Os softwares avançados, aliados a técnicas de engenharia simultânea têm produzido otimização dos processos e projetos, gerando maior sustentabilidade e conformidade do produto final (VEIGA; ANDERY, 2009)

De acordo com Fabrício (2002, 2006) adotar algumas posturas em relação ao processo de projeto é necessário para a introdução de conceitos de engenharia simultânea, como a valorização da atividade projetual e integração entre as várias disciplinas, a

reorganização do processo de projeto e a introdução de novas tecnologias de informática e telecomunicações facilitadoras do trabalho colaborativo.

Apesar de movimentar grande número de recursos financeiros e de gerar elevado número de empregos, a indústria da construção está passando por uma crise mundial de ineficiência e consumo excessivo de energia e matéria prima. (SMITH e TARDIF, 2009).

A adoção de decisões nas fases de projeto é responsável por exercer impactos ambientais em todo o ciclo de vida útil da edificação, o que é ilustrado na figura 2.1 (STHELING, 2012).

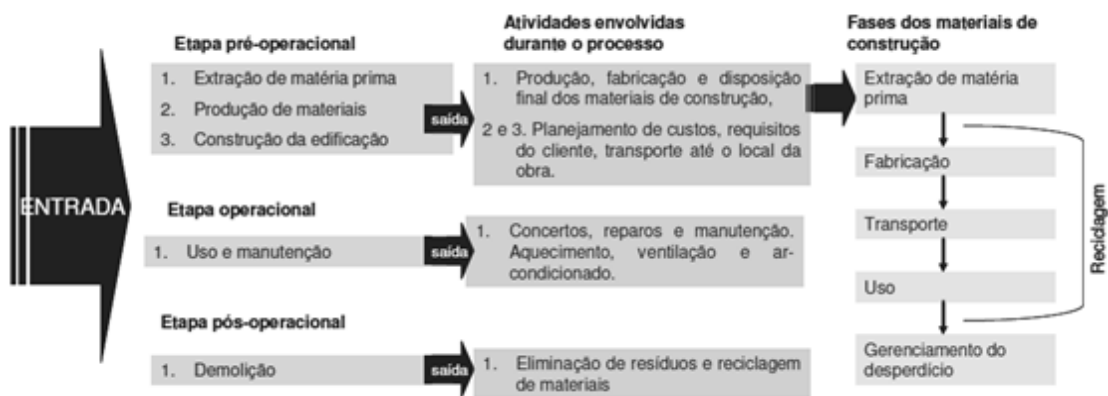


Figura 2.1 – Ciclo de vida de uma edificação e impactos ambientais (Fonte: MARCOS apud STHELING, 2012)

Nesse contexto, a Tecnologia da Informação (TI) apresenta-se como ferramenta capaz de promover a otimização do fluxo e arquivamento dos dados originados em todo o processo de projeto, contribuindo para a coordenação e o acesso as informações, o que consequentemente evita desperdícios e erros de projeto, reduzindo a degradação ambiental gerada pela construção (OLIVEIRA, 2011).

Segundo Nascimento e Santos (2003), Tecnologia da Informação (TI) são tecnologias capazes de capturar, armazenar, processar e distribuir informações eletronicamente e

que foram possibilitadas por meio da disseminação da informática através da utilização do computador nas empresas.

O uso de tecnologias da informação gerou novas possibilidades de projeto, de telecomunicações e integração a distância, o que permitiu a montagem de redes de colaboração entre profissionais e pessoas distantes geograficamente, contribuindo para amenizar a fragmentação que permeia o processo de projeto e o setor (MELHADO, 2005).

A TI tem contribuído com o setor da construção por meio do desenvolvimento em ritmo acelerado de softwares cada vez mais inteligentes e hardwares cada vez mais poderosos e portáteis (STHELING, 2012).

No panorama atual, a Modelagem da Informação da Construção – Building Information Modeling (BIM), apresenta-se como uma valiosa opção tecnológica, cujas principais características são a possibilidade de concepção, análises e construção de empreendimentos e processos sustentáveis anteriormente inviáveis pela sua complexidade, como a avaliação do conforto térmico, acústico e luminotécnico, o que possibilita economia de tempo, eliminação de etapas e simplificação de processos (AUTODESK, 2011).

O sistema de modelagem do componente é o mais apropriado para a gestão da informação na construção, pois é pleno de informações e compõe um modelo único capaz de gerar documentos. Os parâmetros (dimensão, material, relação com outros componentes, entre outros) podem ser definidos e refinados durante o processo de projeto. Portanto, a modelagem da informação da construção possibilita sintetizar os resultados a partir de avaliações, identificar e estruturar os problemas e conflitos entre os resultados avaliados e produzir um conjunto de opções para auxiliar o processo decisório (OLIVEIRA, 2011).

De acordo com Caron (2007), o grande número de stakeholders (pessoa, grupo ou organização envolvidos em um empreendimento), a baixa produtividade, as deficiências de comunicação e nos mecanismos de gerenciamento da informação e gestão de projetos, os altos custos operacionais e o alto índice de retrabalhos e desperdícios são características presentes na indústria da construção que justificavam e tornam fundamental a utilização de TI.

Na construção civil, nota-se uma alteração de postura das empresas em busca da melhoria da produtividade com a utilização da Tecnologia da Informação, com o intuito de alcançar novas oportunidades estratégicas que esse meio lhes permite. O uso de TI potencializa os processos de comunicação e torna efetiva a integração das empresas (SILVA JUNIOR, 2009).

Entretanto, segundo Nascimento e Santos (2003), investimentos somente em TI não garantem por si só o sucesso das empresas. É necessário que sejam realizados investimentos simultâneos na capacitação dos profissionais e em metodologias de gestão que propiciem a utilização das novas tecnologias de maneira estratégica.

A dificuldade de entendimento da construção e compreensão do planejamento de projetos, processos e gestão apresentam-se como empecilhos para a efetivação da aplicação de TI como fonte de geração de benefícios na construção civil (KOSKELA, 2000).

Para que a Tecnologia da Informação não tenha seu desempenho prejudicado é preciso que as informações sejam filtradas pois há uma grande quantidade de dados presentes nessas tecnologias, o que pode ser uma consequência negativa (VALENTE et al. 2011).

De acordo com Melhado (2005) a TI provocou impactos inegáveis na maneira de pensar e organizar o processo de projeto e a tendência é que no futuro essas técnicas evoluam ainda mais e juntamente o processo de projeto e a coordenação de projetos.

A tecnologia BIM pode ser considerada a nova geração de TI baseada na modelagem da informação e apresenta-se como uma tendência da integração entre projeto e execução, já que permite organizar dentro de um banco de dados único, todas as informações da obra, com acessibilidade para todas as equipes de engenharia e arquitetura participantes da construção (SILVA JUNIOR, 2009).

2.2 Origem e Conceituação da Plataforma BIM

Os primeiros códigos de programação de um sistema para elaboração de um projeto em 3D foram inseridos em uma calculadora em 1982. A inserção da computação no setor de construção revolucionou o processo de criação e de projeto. Desde essa época, a sigla CAD (Computer Aided Design) passou a representar essa tecnologia (SOUZA, 2009).

Foi diante das intensas mudanças econômicas, da globalização dos mercados e aumento das pressões sobre as empresas, que o conceito de modelagem do produto ganhou força, no fim da década de 70. A modelagem configura-se a partir da integração dos sistemas envolvidos no desenvolvimento do produto e na utilização da tecnologia de informação como apoio a esses. Com o intuito de procurar desenvolvimento dos processos, com qualidade e redução de prazos e custo, tornava-se fundamental a integração de todos os aspectos relacionados ao produto, o que poderia ser alcançado com o uso modelagem, auxiliando na concepção, validação e construção do empreendimento, com ganho de produtividade (SOUZA, 2009).

O uso do computador é marcado por três gerações, de acordo com Scheer et al (2007), sendo a primeira a do desenho assistido por computador, a segunda a modelagem geométrica e, por fim, a modelagem do produto, que é a junção das informações geométricas, relacionadas a forma, posição e dimensões, e as não-geométricas que abrangem custo, resistência, peso, entre outras características. A abordagem colaborativa de todo o ciclo de vida do empreendimento, juntamente com essa junção entre as informações geométricas e não geométricas compõem a tecnologia BIM (Building Information Modeling).

Frente ao aumento da complexidade dos processos, o setor de construção buscou a inserção de uma mentalidade industrial, na qual a noção de modelagem de produto originou a conceituação BIM, como uma modelagem que busca a integração entre todos os processos relacionados à construção da edificação (AYRES, 2009).

Originalmente, o termo “BIM” foi adotado pelo professor do Georgia Institute of Technology, Charles M. Eastman, ao se referir a construção como um modelo de um produto, cuja representação digital era resultado do fluxo de informações do projeto que deveriam representar o empreendimento como a construção no mundo real. Essa conceituação surgiu após o desenvolvimento do Padrão para Intercâmbio de Dados de Produtos (STEP – Standard for the Exchange of Product model data) que correspondia ao nome oficial da norma ISO 10303, tendo como finalidade a integração, apresentação e o intercâmbio de dados de produtos industriais, via computador, sem ambiguidade e independente do sistema que os produziu (NASCIMENTO, 2012).

A terminologia só foi popularizada em um texto publicado por Jerry Lairserin em 2002, que pode ter sido o primeiro artigo a tratar sobre um novo termo para descrever a nova e emergente tecnologia que viria a substituir o CAD (Computer-aided Design). O artigo marcava o momento no qual o termo “BIM” veio a público pela primeira vez. Entretanto,

havia uma contínua confusão devido aos múltiplos significados da palavra “model”. No artigo de 2002, Lairserin fez observações desses significados, dentro os quais avaliou que a forma verbal “modelar”, que os profissionais da indústria da construção definem como o ato de construir um modelo físico em escala, “também implica em um processo de (...) construir uma simulação de performance (essencialmente modelar comportamentos futuros)” (SMITH; TARDIF, 2009).

A modelagem de processos ou sistemas, que seria a conceituação mais coerente do termo, falhou devido a associação, por parte dos profissionais de projeto, da palavra “model”, e por consequência o BIM, com geometria física e não processos. Arquitetos e Engenheiros tendem a pensar no BIM primeiramente como uma ferramenta para criar escalas, modelos tridimensionais e representações virtuais de construções reais. Este conceito é reforçado pela função da maioria dos aplicativos BIM, que oferecem uma interface de usuário otimizada para a criação de modelos geométricos de construções em três dimensões sacrificando outros métodos de entrada de dados. (SMITH; TARDIF, 2009).

Em um artigo de Eastman, publicado em 1975 no AIA Journal, também é possível encontrar algumas das primeiras linhas explicitadas sobre o BIM, cujo conceito, desenvolvido por Eastman foi denominado como Building Description System (BDS), um sistema no qual a representação dos elementos de projeto era baseada em informações geométricas associadas a outros atributos. Além de criar desenhos, o sistema permitia novas funções como gerar relatórios e análises referentes a quantitativos de materiais, estimativas de custo, entre outras. O projeto passava a ser resultado do arranjo de elementos construtivos, que ao serem modificados uma única vez, eram atualizados em todas as visualizações. Assim, seria possível projetar interativamente, definindo elementos e gerando a partir deles, planos, cortes e isométricas que são ajustadas automaticamente ao se realizar alterações nos elementos (EASTMAN et al., 2008).

O BIM é uma tecnologia que tem capacidade de gerar e gerenciar informações relacionadas a todo o ciclo de vida da construção, em um banco de dados compartilhado por todos os interessados, por meio de modelos tridimensionais que contêm, além da geometria, informações geográficas, quantitativos e propriedades dos componentes (EASTMAN, 2008). Conforme a norma ABNT/CEE-134, BIM se conceitua como Modelagem da Informação da Construção.

Segundo Eastman et al. (2008), o BIM proporciona a minimização de erros de projeto e de construção, a diminuição de custos e tempo de execução. Essa tecnologia tem suas raízes no CAD, mas não tem ainda um conceito universalmente aceito. Pode-se até mesmo dizer que consiste numa simulação inteligente de arquitetura com as seguintes características: 3D; quantidades e dimensões mensuráveis; análise de desempenho do edifício; sequência de construção e aspectos financeiros; e informações para manutenção do edifício durante todo seu ciclo de vida. A figura 2.2 mostra o ciclo de vida de uma construção e a figura 2.3 revela o ciclo de vida de uma construção a partir da ótica da utilização do BIM.

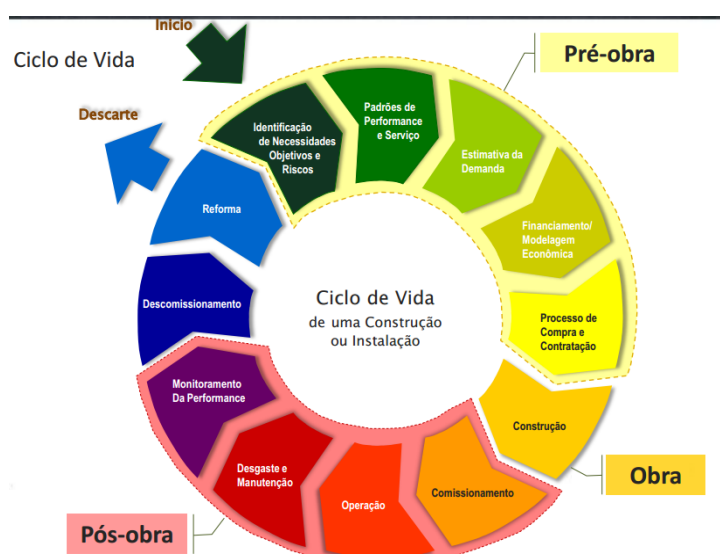


Figura 2.2 – Ciclo de vida de uma construção (Fonte: http://www.cbic.org.br/sites/default/files/1-BIM_SincoEng_Fernando_Correa_Comat_84ENIC_0.pdf)

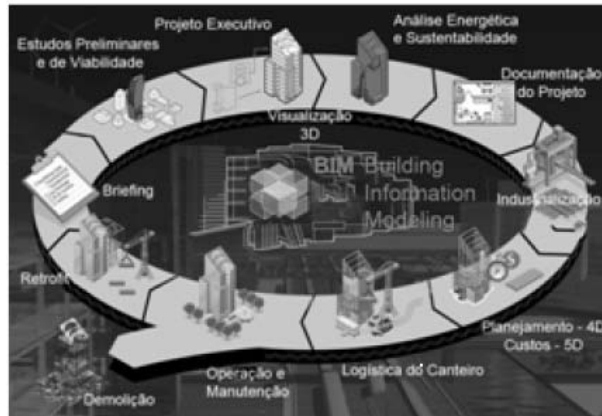


Figura 2.3 – Ciclo de Vida de empreendimento BIM (Fonte: www.coordenar.com.br)

Segundo Santos (2007), o Building Information Modeling (BIM) torna possível criar um modelo digital integrado no qual todo o ciclo de vida da edificação é abrangido por meio da modelagem das informações de cada elemento do edifício, durante todo o processo de projeto. Ao final, pode-se visualizar um modelo único, com todas as suas características estabelecidas, no qual todos os profissionais envolvidos no empreendimento podem ter acesso, possibilitando a interação entre as equipes. Além disso, a partir do modelo é possível gerar representações, documentações, relatórios quantitativos, especificações dos materiais e qualquer tipo de informação agregada ao edifício virtual (SANTOS, 2007).

O BIM é uma representação digital das características físicas e funcionais de uma edificação, conceito definido no CIC (2010). De acordo com Smith e Tardif (2009), o BIM possibilita um ambiente colaborativo entre os participantes do empreendimento, no qual um dos maiores benefícios é a aquisição de qualidade.

A definição de BIM como um tipo de software, porém, reduz muito o seu significado, que é decorrente de muitas pesquisas sobre a utilização do computador como suporte à produção de edifícios. A modelagem de produtos, na indústria da manufatura, emergiu como maneira de integrar a informação em todas as fases do produto, abrangendo tudo

que estivesse ligado as atividades entre a concepção e a finalização do produto. De maneira similar, deve ser feita a compreensão do BIM, como um amplo leque de conceituações, atividades, técnicas, ferramentas e atores, interligados em relações complexas de atividades inerentes à indústria da construção (EASTMAN et al., 2008). O conceito BIM envolve, portanto, tecnologias e processos que devem ser usados na produção, comunicação e análise dos modelos de construção (SCHEER, 2007).

A tecnologia BIM melhora consideravelmente a compreensão do empreendimento e promove a viabilização da visibilidade dos resultados, o que permite a integração dos membros da equipe do empreendimento, melhorando a precisão dos projetos e diminuindo o desperdício por meio da tomada de decisões fundamentais nas etapas iniciais do processo (AUTODESK, 2011).

O BIM trata-se, portanto, de uma ferramenta com reconhecido potencial para aumentar significativamente a qualidade dos processos e dos produtos da indústria da construção civil. Com o modelo do edifício, que contém características físicas e funcionais dos componentes da edificação, um ambiente multidimensional é configurado, no qual podem ser avaliadas e aprimoradas soluções e decisões antecedidas ao início das obras. Com a acessibilidade ao modelo do edifício por parte das diferentes disciplinas da construção, dados podem ser extraídos e processados e novas informações podem ser incluídas na modelagem, refinando-a incrementalmente (AYRES, 2009).

Segundo Santos (2009), uma vez que se configura por meio de um banco de dados visual dos componentes do edifício, o BIM possibilita gerar a quantificação exata e automatizada do projeto, auxiliando as equipes de orçamentistas, o que proporciona significativa redução da variabilidade das estimativas de custos (SANTOS, 2009).

O BIM pode ser abordado em diferentes níveis, de forma mais compreensível, baseado na sua relação com os processos da indústria da construção. Nos Estados Unidos, por

exemplo, a National Building Modeling Information Standard (NBIMS), adota a regulamentação da modelagem de produtos para indústria de obras de infra-estrutura em três níveis: O BIM entendido como um produto, como uma ferramenta e como um processo. O produto é entendido como o modelo da edificação, ou seja, uma entrega do processo de projeto com padrões abertos e criada por ferramentas de informação. A ferramenta refere-se a aplicações, denominadas BIM Authoring Tools, que interpretam a modelagem do edifício e inserem informações e representações a ele. Por último, o BIM é compreendido como um processo colaborativo composto de atividades geradas durante todo o ciclo de vida da edificação, por diferentes especialidades e profissionais (SCHEER; AYRES, 2009 apud NIBS, 2007).

Informações de geometria dos elementos da construção e outros parâmetros compõem um modelo de edifício baseado em BIM. A viga, por exemplo é representada como um objeto com todas as suas propriedades, características físicas e geométricas, assim como as alvenarias, que são mostradas com o tipo de bloco, espessura de revestimento, fabricante, entre outras informações, permitindo avaliações estruturais, tecnológicas e arquitetônicas (PROTÁZIO, 2010).

Ao contrário do processo desenvolvido pelos sistemas CAD, onde são gerados uma série de desenhos bidimensionais, o BIM produz um modelo virtual da edificação, com objetos que simulam o comportamento dos elementos construtivos a serem utilizados na construção (OLIVEIRA, 2011).

No CAD tradicional uma parede é representada por meio de um desenho simples, composto por um conjunto de linhas sem significados, nos quais as propriedades do elementos tem que ser relatadas manualmente no projeto, em forma de texto e legenda. Já o BIM inclui informações ao modelo 3D e aos demais desenhos, sob o aspecto de um

modelo geométrico tridimensional. Uma parede é um elemento construtivo, pois suas informações são salvas em um banco de dados. (PROTÁZIO, 2010).

2.2.1 Parametrização

Duas principais características diferem o BIM dos sistemas CAD tradicionais que são a modelagem paramétrica e a interoperabilidade (EASTMAN et al., 2008).

A parametrização possibilita a representação dos objetos por parâmetros e regras associados à sua geometria, assim como, agregar propriedades não geométricas e características a esses elementos. A extração de relatórios, verificação de interferências entre objetos e a agregação de conhecimentos de projetos são possíveis devido a característica paramétrica no qual são baseados os modelos de construção (ANDRADE; RUSCHEL, 2009).

A conexão, através de um banco de dados, das definições geométricas de um elemento com informações relacionadas a dimensões, materiais, critérios de construtibilidade e processos construtivos ou qualquer outra variável deste objeto, caracteriza a parametrização. Criar objetos parametrizados é a principal característica que classifica um software como ferramenta BIM (EASTMAN et al., 2008).

Segundo Eastman et al. (2008), a ferramenta BIM define-se por meio de representações digitais inteligentes dos elementos que compõem uma edificação, possuidoras de atributos e regras paramétricas para análises e simulações, capazes de se adequar automaticamente quando ocorrem alterações no modelo.

A parametrização gera uma representação virtual de um objeto composto por entidades geométricas e algumas não geométricas que contém atributos que podem ser fixos ou

variáveis (HIPPERT, 2010). Os atributos fixos recebem a denominação de controlados (constrained) e os atributos variáveis são representados por parâmetros e regras, de maneira a possibilitar, segundo Eastman et al. (2008), que “(...) objetos sejam automaticamente ajustados de acordo com o controle do usuário e a mudança de contexto.”

De acordo com Smith e Tardif (2009) os objetos paramétricos apresentam algumas características, tais como: definições geométricas associadas a dados e regras; geometria integrada; planta e elevação de um objeto 3D são sempre consistentes, nas quais as dimensões não podem ser adulteradas; objetos definem automaticamente a geometria dos objetos associados por meio das regras paramétricas. Uma porta, por exemplo, ajusta-se automaticamente à parede, e um interruptor é colocado automaticamente no lado apropriado da porta; níveis hierárquicos podem ser inseridos nos objetos, assim, se o peso de um componente de uma elemento é alterado, o peso de todo o elemento também é modificado; quando determinada alteração implica em afetação nos critérios de construtibilidade e restrições de dimensões, os atributos dos objetos são capazes de identificar; atributos podem ser transferidos ou recebidos de outros modelos.

Assim, um projeto concebido com a tecnologia BIM contém elementos construtivos paramétricos, interconectados e integrados, pois são regidos por parâmetros, regras impostas ao uso destes objetos. Através da capacidade de parametrização contidas nos programas gráficos é que se torna possível realizar alterações em componentes modelados e obter atualizações instantâneas do projeto (HIPPERT, 2010).

Restrições, características e comportamento dos objetos são controlados por parâmetros (CRESPO; RUSCHEL, 2007). Um exemplo de parâmetro de controle seria determinar a distância mínima de 10cm de uma porta da parede. Com isso não há necessidade de

desenhar o objeto várias vezes, pois todas as diversas informações que podem ser agregadas ao elemento proporcionam diversos tipos de representações do objeto (HIPPERT, 2010).

De acordo com Andrade; Ruschel (2009), o modelo paramétrico é constituído por “famílias” de objetos que incluem atributos de forma, os que não são de forma e de relações, o que possibilita a geração de grande variedade de objetos com parâmetros e posições variadas.

Alguns aplicativos BIM permitem a criação de novas famílias de objetos para a arquitetura, não existentes nos sistemas BIM comercializados. Essas novas famílias podem ser agregadas em qualquer outro projeto e podem compor o repertório dos projetistas ou escritório de projeto (ANDRADE; RUSCHEL, 2009).

A exploração de diferentes alternativas de soluções de projeto de maneira rápida e segura é possibilitada através da utilização de aplicativos computacionais que empregam o conceito de modelos paramétricos. Sem a necessidade de apagar ou criar outros, novos objetos podem ser criados e reconstituídos. Além disso, com a parametrização é possível criar modelos de objetos com formas geométricas complexas, o que anteriormente era de difícil manipulação (ANDRADE; RUSCHEL, 2009).

De acordo com Eastman et al. (2008), os sistemas de modelagem paramétrica possuem variações em decorrência das características pré-definidas e embutidas nos objetos e na capacidade desses objetos estarem dispostos em grandes montagens parametrizadas que suportem grande número de objetos de diversas complexidades. Esse fator pode implicar em variação do desempenho e da escalabilidade (“scalability”) de projetos possuidores de grande quantidade de objetos e regras (EASTMAN et al., 2008).

Uma centena de regras simples (low-level rules) está presente em uma simples classe de elemento de construção parametrizada, segundo Para Eastman et al. (2008). Entretanto, a linguagem em que são transformadas muitas dessas regras, não é capaz de ser utilizada pelos usuários. Ao se definir um objeto genérico, como uma parede, é preciso ter cuidado, pois há uma grande variedade de possibilidades de configuração de uma família de objetos.

2.2.2 Interoperabilidade

Muitos profissionais visualizavam um modelo BIM como um ambiente central no qual todas as informações do empreendimento estão disponíveis em um repositório eletrônico de dados armazenado em um local seguro e acessado por qualquer agente. Nesta abordagem, há um conceito de que o modelo deve ser completo, acessível e perfeito o tempo todo. Entretanto, na realidade, verifica-se uma série de desafios apresentados por esta linha de pensamento. Modelo único é uma conceituação sedutora mas não soluciona os problemas da indústria da construção, pois as pessoas precisam trocar informações específicas com determinados agentes, em tempo específico, fato que não vai mudar (SMITH e TARDIF, 2009).

Assim, deve-se abordar a ampliação do conceito BIM, enfatizando os processos utilizados para concepção da edificação, tirando o foco direcionado aos dados. A troca eficiente, confiável e acessível de informações entre quaisquer agentes que delas necessitem, durante o ciclo de vida do edifício, passa a ser o enfoque do BIM (SMITH e TARDIF, 2009)

Uma recente versão do fluxo de trabalho BIM, ilustrada pela figura 2.4, aponta para o estabelecimento de um padrão único de troca de informações, denominado “Single

Information Exchange Standard”, ao detrimento ao modelo único, o “Single building Model”. Nem todos os dados necessitam estar presentes em um único modelo, mas deve ser fácil a troca de informações. Trata-se da implementação de um ambiente de trabalho no qual há uma perfeita interoperabilidade com troca de informações por meio de um protocolo padrão confiável e utilização de softwares que forem mais convenientes as atividades desenvolvidas.

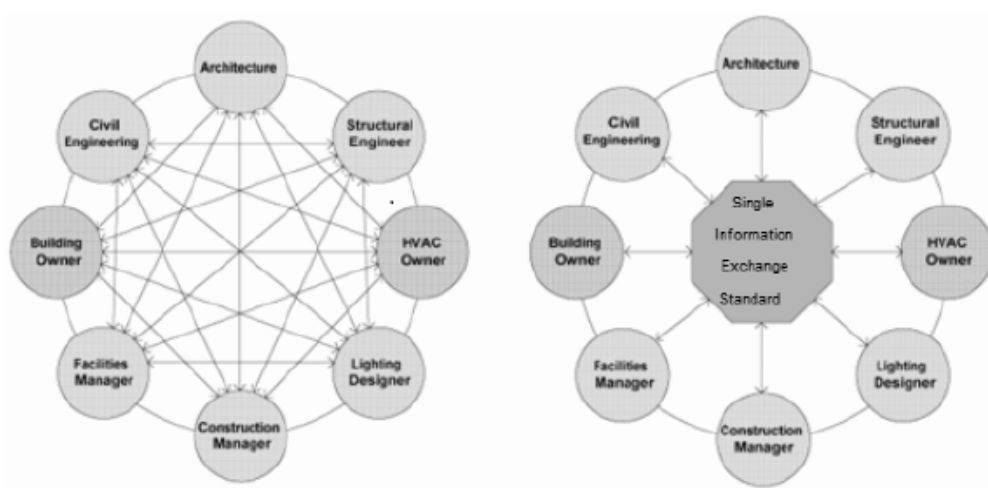


Figura 2.4 – Recente versão do fluxo de trabalho BIM – (Fonte: Smith e Tardif, 2009)

Segundo Eastman et al.(2008), muitas fases e diferentes agentes envolvem o processo de projeto ao longo de todo o ciclo de vida do projeto, nos quais há intensa troca de informações por meio de aplicativos computacionais diferenciados que precisam ser interoperáveis. A capacidade de identificação de dados necessários para serem transferidos entre aplicativos define interoperabilidade. Com isso, durante o processo de projeto, não é preciso que seja feita réplica de dados de entrada que já tenham sido criados, o que promove, de maneira automatizada e sem dificuldades, o fluxo de trabalho entre diferentes aplicativos.

Formatos de troca de dados são utilizados para a passagem de dados entre aplicativos. No caso de troca de informações entre dois sistemas BIM, existem basicamente quatro

maneiras diferentes: ligação direta; formato de arquivo de troca proprietário; de trocas de dados de domínio público; formatos de troca de dados baseados em extensible Markup Language (XML) (EASTMAN et al., 2008).

Smith e Tardif (2009) apresenta um exemplo de uma ferramenta operável que pode ser interoperável, por meio da analogia a um canivete comum e de uma ferramenta não interoperável através da analogia a um canivete suíço. O último é projetado para a execução de múltiplas tarefas, entretanto não se configura como uma ferramenta interoperável porque apresenta várias ferramentas que se usadas de forma individual dificultam o seu uso. Assim, operabilidade é a capacidade de uma ferramenta executar bem uma tarefa e interoperabilidade é a capacidade de as ferramentas trabalharem juntas como partes de um sistema.

De acordo com Smith e Tardif (2009), existem três componentes da interoperabilidade, conforme mostrada na figura 2.5: (1) Information Delivery Manuals – IDM, responsável por fornecer uma linguagem clara com descrição dos processos, das informações necessárias e adicionais e dos resultados para se executar cada processo, cuja definição é feita pelos usuários e que é repassada as companhias de software como conhecimento de que tipos de informações seus aplicativos devem fornecer; (2) Industry Foundation Classes – IFC, desenvolvido por buildingSMART International a partir dos IDMs fornecidos pelos usuários, como um protocolo aberto de troca de informações entre softwares; (3) Building Information Modeling Software – BIM, capacitado para a troca confiável de informações por meio da incorporação de padrões de conjunto dados, que é definido e documentado, possibilitando aos usuários o conhecimento das informações que são trocadas pelo software.

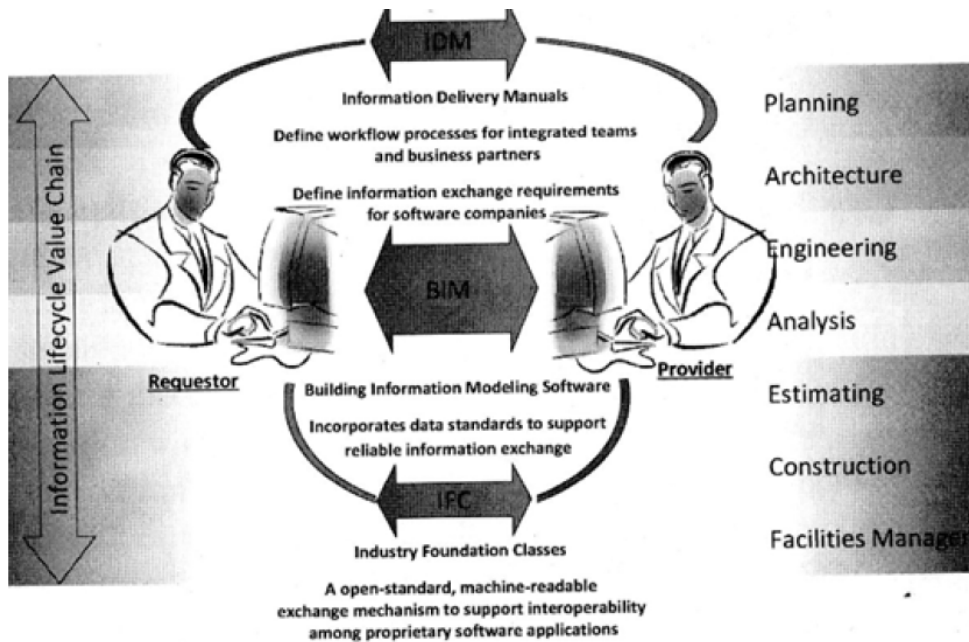


Figura 2.5 – Os três componentes da interoperabilidade (Fonte: Smith e Tardif, 2009)

O IFC é um protocolo que possibilita a interligação de informações entre softwares, como o BIM, e que desde 1994 vem sendo elaborado pela IAI (International Alliance for Interoperability, atualmente denominada como buildingSMART International) e é aprovado pela ISO (International Standardization Organization). É um dos principais instrumentos pelo qual torna-se possível estabelecer a interoperabilidade dos aplicativos de software com conceito BIM, facilitando os processos de projeto da indústria da AEC (OLIVEIRA, 2011). A figura 2.6 ilustra as características do modelo BIM sobre a ótica da interoperabilidade.

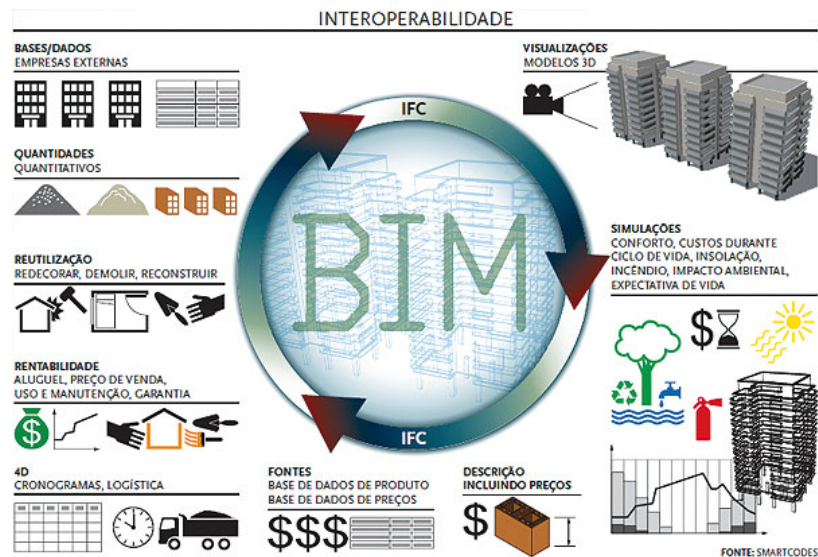


Figura 2.6 – Modelo BIM sob a ótica da interoperabilidade (Fonte: Revista AU, julho 2011)

Além do IFC, padrão que estipula como a informação será trocada, existem o IDM (Information Delivery Manuals) e MVD (Model View Definitions), padrões cujas funções são a definição de quando e qual informação será trocada. Entretanto, esse intercâmbio de dados necessita ainda de um quarto padrão, o IFD (International Framework for Dictionaries), responsável pelo significado da informação a ser trocada. Trata-se de um fator importante para a participação de diferentes especialistas da indústria da construção, pois está sendo desenvolvida uma biblioteca internacional, a IFDLibrary, que armazenará significados e atributos dos componentes do modelo de construção em várias línguas. Com isso, verifica-se a necessidade de imposição dos profissionais brasileiros quanto a participação no desenvolvimento dessa biblioteca (OLIVEIRA, 2011).

Apesar de propiciar uma boa troca de informações entre softwares de arquitetura, o padrão IFC ainda não detém mecanismos suficientes para atender a engenharia estrutural e outras disciplinas (STHELING, 2012).

Bell e Bjørkhaug apud Andrade; Ruschel (2009) sugerem como padrão base para uma modelagem de edificação inteligente, a utilização do IFC associado ao IFD e ao IDM.

Com estas linguagens o BIM pôde explorar ferramentas que abordam múltiplas demandas de informação do projeto, como questões de acessibilidade, sustentabilidade, eficiência energética, custeio, acústica, térmica, entre outras.

Eastman et al. (2008) cita como os dois principais modelos de dados do produto da construção civil o CIMsteel Integration Version 2 (CIS/2) e o Industry Foundation Classes (IFC). Segundo Eastman et al. (2008), o CIS/2 é um padrão direcionado para a projetos de estrutura em aço e na fabricação. O CIS/2 é embasado em objetos, assim como o IFC, e é menos abrangente, tornando mais fácil sua implementação, o que pode contribuir de modo significativo para avaliações do IFC. Já existe um projeto da buildingSMART International e da AISC45 como tentativa de alcançar maior compatibilidade entre o IFC e o CIS/2 (KHEMLANI APUD STHELING, 2012).

Existem outras áreas em desenvolvimento como normas que propõe um código automatizado de verificação de conformidade (AC3) e estudos para troca de operações em BIM - COBIE - Construction to Operations Building Information Exchange (GARBER apud OLIVEIRA, 2011).

A interoperabilidade é requisito importante para o desenvolvimento do trabalho multidisciplinar e integração dos diversos especialistas participantes do projeto de uma edificação em BIM (CRESPO, RUSCHEL, 2007). Atualmente, são utilizados vários programas de modelagem e análise do modelo BIM, compatíveis com o padrão IFC, tais como: ArchiCAD (Graphisoft), Revit (Autodesk), VectorWorks Architect, MicroStation (Bentley), entre outros (OLIVEIRA, 2011).

<i>SOFTWARE</i>	<i>EMPRESA</i>
• <u>Revit</u> (<u>Architecture/MEP/Structure</u>)	Autodesk
• <u>Microstation</u>	<u>Bentley Systems Inc</u>
• <u>Archicad</u>	Graphisoft
• Digital Project	Gehry Technologies
• <u>Tekla Structures</u>	<u>Tekla Corp.</u>
• <u>Dprofiler</u>	Beck Technologies
• Active3D	<u>Archimen</u>
• <u>Allplan</u>	<u>Nemetscheck</u>
• Vectorworks	<u>Nemetscheck</u>

Tabela 2.1: Alguns softwares com tecnologia BIM (Fonte: TECHNE, Nov. 2010)

Na execução de trocas de arquivos em diversos formatos há a perda de muitas informações, o que denota a necessidade de evolução dos softwares em relação a interoperabilidade. Implantar o IFC de forma efetiva pode ser um caminho para a minimizar estas dificuldades (SOUZA, 2009).

2.3 Benefícios do BIM

O BIM propicia diversas vantagens ligadas as novas possibilidades de visualização e processamento da informação inerentes a tecnologia, como a melhor coordenação dos elementos construtivos e suas interferências, a redução de horas de trabalho com aumento da produtividade, a melhoria da qualidade dos desenhos e detalhamentos e o controle centralizado do conteúdo e das versões dos documentos de projetos (MENEZES, 2010).

De acordo com CIC (2010), a devida implementação da plataforma BIM pode gerar benefícios relacionados a qualidade do projeto, previsibilidade na obra, planejamento de cronogramas e oportunidades de inovação.

O BIM condiciona uma melhor visualização espacial do que está sendo concebido, pois os modelos incorporam dimensões de tempo, execução, uso e manutenção (HIPPERT, 2010). Seu rico banco de dados guarda informações importantes para manutenção preventiva e corretiva e planejamento de reformas durante o ciclo de vida da edificação (CIC, 2010).

Outro benefício proporcionado pela plataforma BIM é a possibilidade de simular e avaliar em ambientes virtuais soluções e alternativas ligadas a questões ambientais do edifício – conforto térmico e acústico e eficiência energética – por meio do uso de aplicativos como Rhinoceros, Grasshopper, Ecotect, DesignBuilder e EnergyPlus (STHELING, 2012).

Eastman et al., (2008) associa alguns benefícios significativos para cada agente da construção:

1. Proprietários: modelo associado a banco de dados possibilita melhor análise de viabilidade e concepção do empreendimento, o que proporciona melhor interação, verificação de requisitos qualitativos e quantitativos e utilização do modelo para atividades pós-ocupacionais.
2. Arquitetos e engenheiros: construtibilidade; engenharia simultânea; tempo de projeto mais curto com menos erros e mais oportunidades de melhorias; estimativas de custos e quantidades mais rápidas e precisas; simulações energéticas; mudanças de projeto são resolvidas com mais rapidez e precisão.
3. Construtores e fornecedores: simulação do processo construtivo; verificação de interfaces e conflitos antes da execução do edifício.

4. Operadores pós-ocupacionais: o modelo BIM devidamente atualizado é uma fonte de informações para manutenção preventiva e corretiva da edificação, monitoração dos sistemas de sensores e de controles remotos das instalações, e para o desenvolvimento de soluções que não foram concebidas na construção.

Construção Mercado (2011) aponta alguns ganhos que o BIM pode agregar ao setor da construção: a comunicação entre os profissionais envolvidos torna-se mais clara; os erros de projeto reduzem significativamente; o volume de retrabalho na obra é reduzido; a produtividade aumenta; o controle sobre o cronograma é mais rigoroso; melhora a performance das edificações; as estimativas de custo tornam-se mais precisas; os riscos diminuem; a gestão pós-obra ganha dados mais consistentes; a relação com os clientes e stakeholders fica mais transparente (já que é possível apresentar com detalhes informações de todas as fases da construção e honrar prazos acordados); aumenta a segurança no ambiente de trabalho (uma vez que as soluções construtivas podem ser bem planejadas antes da execução da obra); projeções de ecoeficiência ficam mais fáceis; a empresa ganha um diferencial em concorrências.

Stheling (2012) relata em sua pesquisa sobre a implementação do BIM em Belo Horizonte, que os benefícios mais importantes para as empresas de AEC, de projetos residenciais / comerciais e industriais, são aqueles ligados à qualidade, conforme é ilustrado no gráfico 2.1.

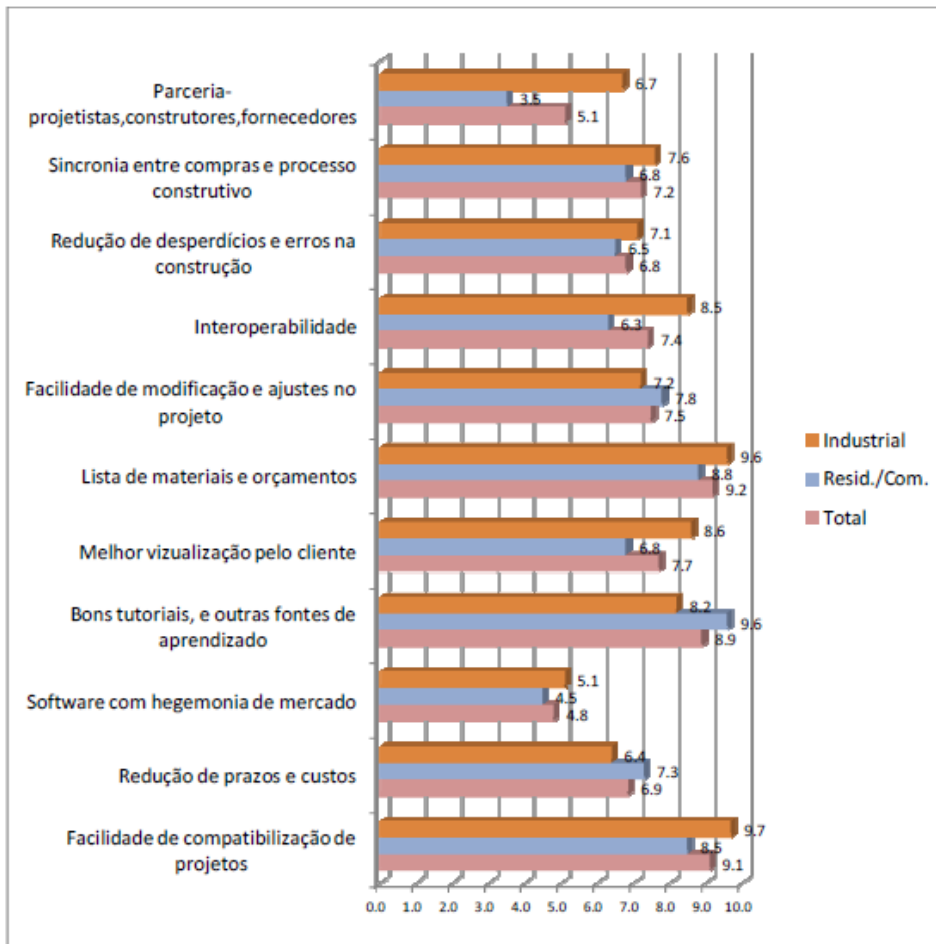


Gráfico 2.1: Classificação dos benefícios do BIM (avaliação por notas de 0 a 10) (Fonte: Stueling, 2012)

2.4 Fases de Consolidação do BIM

Como forma de visualizar melhor o processo de consolidação e trajetória do BIM, Tobin (2008) o classifica em três gerações denominadas BIM 1.0, BIM 2.0 e BIM 3.0.

A fase BIM 1.0 é caracterizada pela emergência de aplicativos, com propriedades paramétricas que substituem gradativamente os softwares de CAD tradicionais, com capacidade de coordenação de documentos, adição de informações aos objetos e rápida

produção de documentos. Assim, documentos são gerados em tempo real e passa-se a trabalhar com modelos geométricos tridimensionais com informações agregadas substituindo modelos bidimensionais, reduzindo a elaboração de tarefas, e também eliminando contagens tediosas. Trata-se da geração que representa o atual contexto da prática de projeto na maioria dos escritórios que trabalham com BIM, cujas vantagens de uso estão restritas a melhoria da produção interna das empresas. A característica mais significativa desta fase é que a atividade de projeto ainda permanece isolada no universo dos projetistas que definem qual software usar e quão profundamente desejam aplicar a tecnologia (TOBIN; 2008).

Segundo Tobin (2008), na era BIM 2.0 projetistas que trabalhavam isolados começam a trabalhar de modo simultâneo, trazendo a tona a interoperabilidade entre os modelos das diversas disciplinas. Trata-se de uma fase complexa, pois os profissionais precisam conciliar as necessidades de diferentes profissionais de projeto, na obtenção de informações do modelo arquitetônico digital, por meio do desenvolvimento de programas integrados de análise e desenvolvimento de modelos 4D (tempo) e 5D (custo).

Muitas ações governamentais e não governamentais têm impulsionado o desenvolvimento da geração BIM 2.0, o que pode contribuir para a consolidação desta fase. Uma recém instalada comissão da ABNT apoiada pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior do Brasil, tem o objetivo de instituir normas que garantam a padronização da classificação de componentes BIM. Apesar de ser nesta geração que se começa a usufruir das grandes benefícios do BIM esta ainda não se encontra consolidada nacional e internacionalmente (ANDRADE; RUSCHEL, 2009).

A era BIM 3.0 retrata o processo de projeto integrado, caracterizado por trabalhos em equipes multidisciplinares que utilizarão modelos integrados e cujos fluxos de informação

acontecerão de forma contínua, sem perdas ou sobreposições, com o intuito de conceber um “modelo único”, denominado por Tobim (2008) como um “protótipo do edifício”. Este está representado por uma rede centralizada de banco de dados em que o modelo BIM é construído colaborativamente em um ambiente virtual tridimensional, onde todas as disciplinas fazem parte de um modelo único, acessado pela Internet (cloud computing) (TOBIN, 2008).

Trata-se de visão idealista que exigirá dos arquitetos a capacidade de reunir, filtrar e processar uma grande quantidade de informações que serão disponíveis (ANDRADE; RUSCHEL, 2009).

2.5 Implementação e Planejamento de Um Empreendimento BIM

O BIM implica na substituição de uma cultura 2D por um ambiente BIM, o que vai muito além do treinamento de usuários e aquisição de softwares. Praticamente todos os aspectos nos negócios da empresa se alteram, o que requer um entendimento amplo e um planejamento detalhado de toda a etapa de transição de uma cultura de trabalho para outra (EASTMAN et al., 2008).

De acordo com Eastman et al. (2008), algumas atividades são importantes no processo de implementação do BIM, tais como: o empenho da alta administração em desenvolver um plano BIM detalhando; a criação de uma equipe interna responsável pela execução do plano; a aplicação do BIM em projetos menores, ditos pilotos, em paralelo com os métodos tradicionais e a geração de avaliações a respeito; uso dos resultados avaliativos para proposição de melhorias na implementação do BIM; ampliação do uso do BIM a novos projetos e novos membros de outras equipes; integração do BIM com outras áreas; revisão do planejamento inicial.

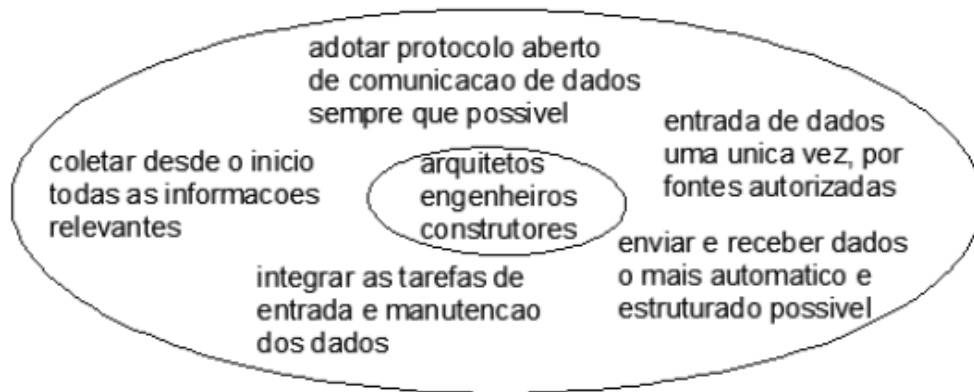


Figura 2.7 – Fundamentos da implementação do BIM – (Fonte: Smith e Tardif, 2009)

Um plano de planejamento com detalhes referentes aos principais benefícios requeridos e principais alterações necessárias no processo de projeto e equipe técnicas, com previsão de custos e treinamentos dispensados, torna-se fundamental para a implementação do BIM. Sem o planejamento adequado, há um elevado custo dos serviços e atrasos devido a ausência de informações. As equipes monitoram avaliações de progresso após o planejamento para verificar o que foi proposto e realizado (CIC, 2010).

O BIM Execution Planning Guide constitui-se uma referência de manual prático para execução de um empreendimento com o uso do BIM (CIC, 2010).

A execução de um empreendimento utilizando-se a tecnologia BIM deve envolver quatro fases de planejamento, conforme ilustrado na figura 2.8 (CIC, 2010).

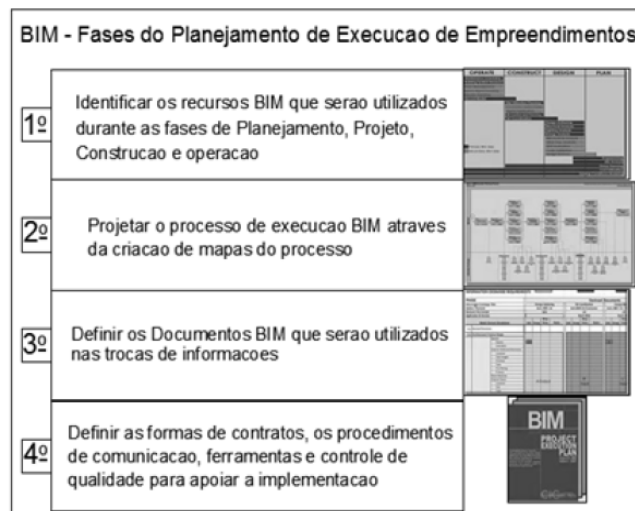


Figura 2.8 – Fase de planejamento de empreendimentos (Fonte: Stheling, 2012)

A 1.ª fase constitui-se da definição dos benefícios que se pretendem e objetivos a se alcançarem. A 2.ª fase deve abranger a criação de diagramas para mapear o processo, após a definição do que será realizado. A 3.ª fase engloba a definição de como será a comunicação entre os participantes do empreendimento. A 4.ª e última fase configura-se em identificar e definir a infraestrutura necessária para o desenvolvimento de um empreendimento utilizando a tecnologia BIM.

Após sua finalização, o Plano de Execução do Empreendimento BIM deve conter as seguintes informações (CIC, 2010): razões para se criar o Plano; informações de caracterização do empreendimento, como: localização, descrição, datas de referência mandatórias, entre outras; identificação e contatos das pessoas-chaves envolvidas no empreendimento; alvos, validações e objetivos para alcançar com o BIM; descrição de cargos, atribuições e responsabilidades; projeto dos processos de execução através de cronogramas de barras ou rede PERT/CPM; nível de detalhe requerido nas trocas de informações; documentação das exigências do proprietário; procedimentos para o controle da qualidade do modelo; aquisição de hardware, software e infraestrutura de rede necessários; adoção de padronizações de nomenclatura de arquivos, bibliotecas

para o modelamento, sistemas de coordenadas; métodos de medições de serviços executados e faturamentos; contratos design-build ou design-bid-build terão diferentes impactos e cláusulas na implementação.

Atualmente, existem basicamente dois tipos de contrato: Design-Bid-Build, no proprietário contrata diferentes agentes para executarem o projeto e a construção e Design-Build, no qual o proprietário contrata um único agente que se responsabiliza pelo projeto e pela construção. A tipologia mais condizente às características da tecnologia BIM é o Design-Build, pois uma única empresa sendo responsável pelo projeto e construção torna mais fácil a interação dos agentes, requisito inerente a tecnologia.

Na 1.^a fase, selecionar os benefícios inerentes a adoção da tecnologia torna-se um grande desafio para a equipe de planejamento. Como auxílio, foi apresentada uma lista de benefícios pelo CIC (2010): planejamento de manutenção preventiva; Análise dos sistemas do edifício; gerenciamento de ativo; gerenciamento de espaço; planejamento de emergências; “as built” do modelo; planejamento do canteiro de obras; projeto de sistemas construtivos; fabricação digital; planejamento e controle 3D; coordenação 3D; criação de projetos; análises e simulações de Engenharia: certificação de sustentabilidade; conformidade com normas técnicas; prototipagem; análise de volumetria; análise geográfica; planejamento executivo das fases; estimativa de custos; modelamento de edificações existentes.

O conhecimento e a compreensão da futura utilização das informações que membro da equipe está desenvolvendo é fundamental para o sucesso da implementação do BIM. A respeito da informação de uma porta, por exemplo, o integrante da equipe precisa saber se e como este dado será utilizado no futuro.

Assim, torna-se um método eficaz a análise dos benefícios do BIM no ciclo de vida da edificação analisar os benefícios do BIM no ciclo de vida da edificação sob a ótica de

uma ordem cronológica invertida, como maneira de compreender o grau de relevância de cada informação nas últimas fases do empreendimento (CIC, 2010).

Na 2.^a fase, após definir os benefícios que se pretendem com o BIM, é preciso compreender o processo de implementação de cada um deles dentro do empreendimento como um todo. Nesta fase, são desenvolvidos diagramas cuja finalidade é permitir uma visão global dos processos, com identificação das trocas de informações que ocorrerão entre os integrantes.

Na 3.^a Fase há o desenvolvimento do sistema de troca de informações, após a execução dos diagramas de processos, com clara definição dos fluxos de informações que circulam de um processo para outro e da troca de informações entre processos. É preciso que a equipe de planejamento compreenda quais informações são necessárias para executar cada processo em cada benefício.

Na 4.^a Fase é estabelecida a definição da infraestrutura de suporte para uma implementação do BIM, embasada em algumas características, passíveis de variação para cada projeto, tais como (CIC, 2010): resumo do plano; informações do empreendimento; contatos principais; objetivos e benefícios do BIM; cargos e responsabilidades; diagramas dos benefícios do BIM; atributos referentes às informações trocadas entre processos; requisições BIM específicas feitas pelo proprietário; sistema colaborativo; controle de qualidade; tecnologia de informação; modelo; estratégias de medições e contratos.

2.6 Desafios do BIM

Souza, Amorim e Lyrio apud Stheling (2012), descreve as principais dificuldades de implementação do BIM em escritórios de arquitetura, tais como: carência de tempo para

implementação da tecnologia; existência de poucos profissionais com domínio da plataforma; necessidade de alterações nos processos projetuais; dificuldade para a realização da compatibilização de projetos entre o modelo arquitetônico BIM e os projetos 2D de estruturas e instalações; demanda de investimentos em hardware, já que os softwares BIM precisam computadores com maior capacidade gráfica, de memória e de processamento.

Eastman et al. (2008) relaciona uma lista dos principais desafios que envolvem a implementação do BIM:

- O desafio do trabalho colaborativo e em equipe: a conformação da forma adequada de formação de equipes é um problema a ser resolvido, apesar dos métodos de integração oferecidos pela plataforma BIM. O uso de diferentes softwares de modelamento entre equipes, por exemplo, só aumenta a complexidade da interação entre os grupos, o que demandará a utilização de protocolos de comunicação para que haja interoperabilidade.

- Propriedade de documentações e autoria de projetos: questões relacionadas a propriedade sobre o banco de dados, como por exemplo, quem é o responsável por seu pagamento e exatidão, necessitam ser tratadas em termos contratuais apropriados que englobem os problemas surgidos com o uso da tecnologia BIM (EASTMAN et al., 2008). É necessário encontrar um modelo contratual no qual os direitos do arquiteto sobre o projetos sejam resguardados ao longo do ciclo de vida do produto e não apenas como direitos autorais sobre a concepção, já que o modelo será explorado por um longo período de tempo, por diversos especialistas (SOUZA, 2009).

- Tempo para aprendizado: mudanças relacionadas a tecnologia ou processos de trabalho demandam tempo para aprendizado e adaptações (EASTMAN et al., 2008). Neste sentido, torna-se fundamental iniciativas de difusão do BIM no Brasil. Uma interessante metodologia também seria o estabelecimento de uma parceria entre a

academia e a indústria, assim alunos e professores se beneficiariam ganhando material científico, enquanto as empresas condicionam mão-de-obra. (BARISON; SANTOS apud STHELING; 2012).

Desde seu surgimento até os dias atuais, o CAD adquiriu o simples significado de um conjunto de ferramentas. Para que o BIM seja conformado de maneira diferente em relação ao seu ensino, é necessário a aplicação de políticas, processos e tecnologias em disciplinas e não somente em materiais de informática aplicada. (RUSCHEL et al., 2011).

O uso do BIM estabelece novas formas de contratos que deixam de ser baseados no papel/ prancha. Todos os agentes do empreendimento passam a ser requeridos nas suas contribuições técnicas nas fases iniciais de projeto, o que exigirá grande integração entre todos os envolvidos (EASTMAN et al., 2008).

Dentro desse contexto, a interoperabilidade é a condição para o desenvolvimento de uma prática integrada (ANDRADE; RUSCHEL, 2009). Entretanto, de todos os desafios da tecnologia BIM, a interoperabilidade é aquele cuja responsabilidade de solução está na indústria da computação. Apesar da difusão do BIM, ainda existe um longo caminho para o avanço no desenvolvimento de padrões de troca de informações eficientes (SMITH; TARDIF, 2009). A medida que outras disciplinas passarem a produzir sistematicamente em BIM, talvez haja a necessidade de efetivação de um padrão de troca de dados eficiente (Construção Mercado, 2011).

A complexidade do sistema de padrão de troca de dados está na criação de uma linguagem que represente todos os elementos da construção civil brasileira, que é bem diferenciada da dos Estados Unidos, e com todas as suas variantes. Para tanto, seria necessário que a viabilidade do modelo, superasse os interesses comerciais das empresas de software. A interoperabilidade entre produtos de uma mesma empresa,

configura-se de forma mais simples. Nesse contexto, utilizar uma linguagem padronizada é desinteressante as empresas (CONSTRUÇÃO MERCADO, 2011).

Deixar de considerar fatores humanos e ambientais na implantação do BIM pode resultar em um investimento de baixo retorno ou até prejuízo (AYRES, 2009).

O BIM ainda não foi consolidado como importante ferramenta de compatibilização entre as diversas disciplinas, uma vez que os projetistas complementares (de estruturas e instalações) ainda não estão utilizando a tecnologia BIM. Observa-se o uso do BIM apenas para projetos de arquitetura em modelo BIM, sendo os arquivos repassados para os projetistas de complementares no formato DWG, o que provoca a perda de inúmeras informações e todo o potencial do BIM na parametrização de dados. Do mesmo modo, é difícil a incorporação de informações repassadas pelos projetistas em DWG ao modelo BIM (SOUZA, 2009). Os projetistas complementares apresentam resistência para adoção do BIM pois ainda não estão dispostos a dispender recursos e tempo para aprendizado, treinamento da equipe e implantação de softwares, o que requer a quebra de uma questão cultural.

Outro desafio refere-se a adoção de padronizações para a geração de bibliotecas de componentes BIM. Seria ideal que fornecedores disponibilizassem virtualmente seus catálogos com especificações passíveis de serem incluídas diretamente no projeto, o que propiciaria a redução de tempo com a execução da modelagem, permitindo a realização de projetos mais detalhados, com menos possibilidades de ocorrências de erros. Além disso, os fabricantes seriam responsáveis pela consistência das informações fornecidas que poderiam estar sendo atualizadas constantemente (SOUZA, 2010). Além de informações detalhadas dos produtos, tais como dimensões e características físicas, também será necessária a divulgação de dados relativos aos seus desempenhos, bem

como às normas técnicas, à aplicabilidade e até à manutenção (CONSTRUÇÃO MERCADO, 2011).

A criação de um gabarito ou template com padrões e nomenclaturas brasileiros também seria uma importante demanda a ser atendida para efetivação do uso do BIM, com o aumento do número de usuários no país. Para que os desenhos virtuais possam de fato representar a realidade de uma obra, a criação de bibliotecas de componentes se torna essencial, assim como a maior aproximação entre fornecedores, arquitetos e engenheiros. (revista construção mercado)

O nível de informações presentes em um projeto desenvolvido com a tecnologia BIM também configura-se como um desafio, já que existe grande variação de dados, de projeto para projeto e de acordo com a determinada fase projetual, o que leva a necessidade de versões variadas do objeto em BIM (SOUZA, 2009).

Stheling (2012), em sua pesquisa sobre a implementação do BIM em Belo Horizonte, relata que as maiores dificuldades apontadas relativas ao processo de implementação da tecnologia BIM foram a pouca interação entre universidades, empresas e Governo, a falta de mão de obra especializada e a desconformidade das bibliotecas de objetos dos softwares em relação às normas técnicas brasileiras.

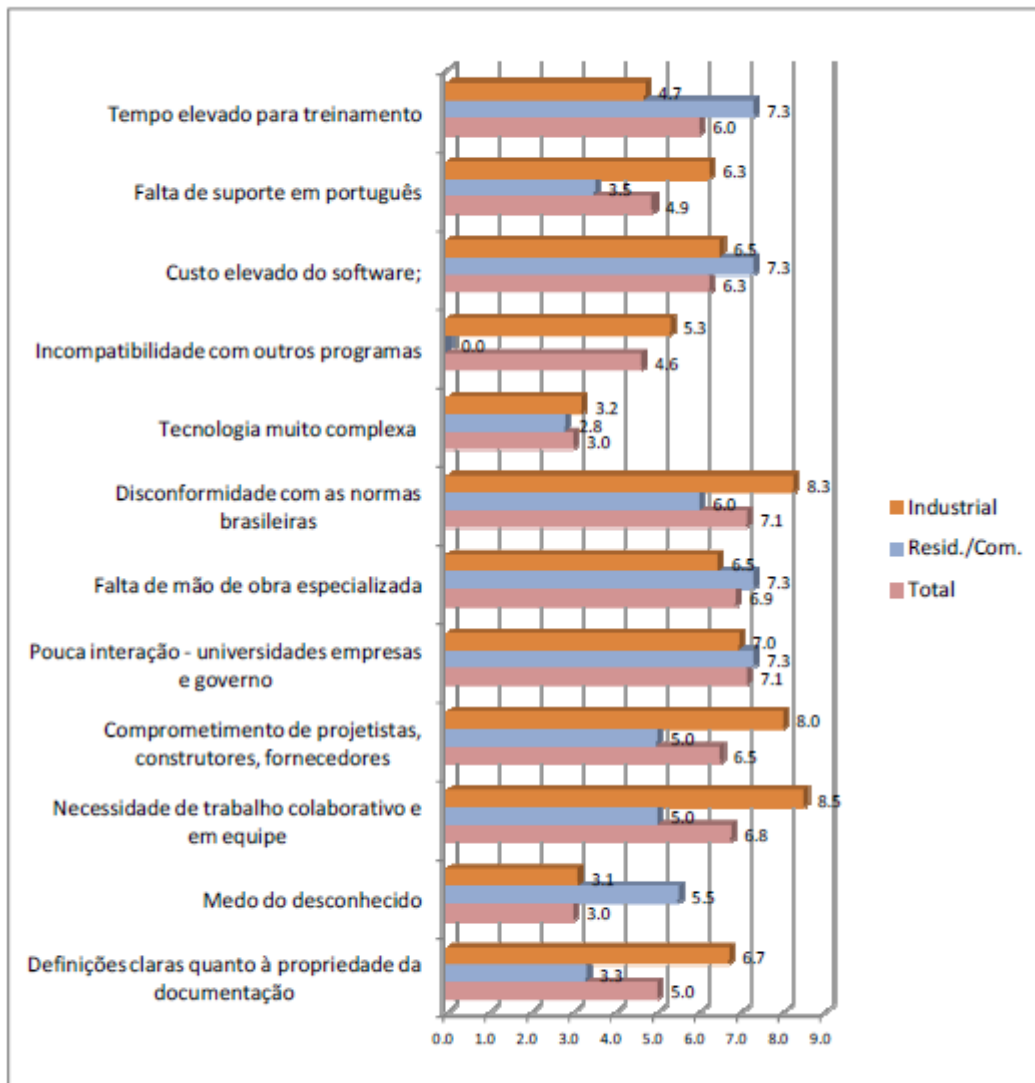


Gráfico 2.2: Dificuldades na implementação do BIM (avaliação por notas de 0 a 10) (Fonte: Stheling, 2012)

2.7 Implicações da Tecnologia BIM na Gestão e Coordenação de Projetos

Segundo Melhado (2005), a gestão de projetos é caracterizada pelas atividades de planejamento, organização, direção e controle do processo de projeto, nas quais estão concentradas as tomadas de decisões estratégicas dos empreendimentos, e a coordenação de projeto é a atividade de suporte ao desenvolvimento do processo de

projeto, com o intuito de fomentar a integração da equipe e garantir melhor qualidade aos projetos desenvolvidos, nas quais as decisões são operacionalizadas. O que ocorre é que a maior parte dos projetos de construção civil são desenvolvidos isoladamente, o que dificulta a interação entre a equipe, bem como a compatibilização das informações do projeto, acarretando em falhas de projeto e falta de comunicação (ANDRADE; AMORIM, 2011). Falta aos profissionais envolvidos nessa cadeia uma visão holística do empreendimento (SANTOS, 2009).

Muitas vezes, a coordenação de projetos é confundida com verificações, supervisões ou apenas com compatibilização das especialidades de projetos, o que dificulta a desconstrução do modelo tradicional e sequencial da engenharia civil e limita o uso de tecnologia de informação a uma ferramenta de otimização do modelo existente (ARANTES et al., 2011).

O projeto tem uma composição multidisciplinar, cuja necessidade de participação, colaboração e integração de diversos agentes, o atribui o caráter de processo. Assim, compreende-se a gestão do processo de projeto como um conjunto de atividades coordenadas de um sistema aliadas a um eficiente sistema de gerenciamento de dados e informações. Nesse contexto, a adoção de sistemas colaborativos torna-se importante ferramenta de auxílio na gestão do processo de projeto (ARANTES ET al., 2011).

O projeto apresenta variabilidade no seu processo, sendo que nas primeiras fases de desenvolvimento as informações tem um alto impacto na solução final e, nas etapas mais avançadas, este impacto diminui, correspondendo um estágio mais estruturado, onde há um aumento da complexidade do fluxo de informações com um número crescente de agentes (MALZIONE, 2011).

A incorporação de conhecimentos na geração de objetos paramétricos revela que modelagens paramétricas podem estar associadas a sistemas de conhecimentos, o que

leva a uma significativa transformação no processo de projeto de arquitetura. Os novos projetistas necessitarão de serem capazes de transformar as informações em conhecimentos fundamentais que possam ser usados na geração de solução de edifícios e que melhor atenda às necessidades dos clientes (ANDRADE; RUSCHEL, 2009).

O BIM propicia alterações na forma de trabalho em equipe, uma vez que gera um ambiente colaborativo de projeto, no quais todos os agentes trocam informações de forma rápida e segura. Anteriormente, a compatibilização dos diversos projetos era realizada manualmente, com a sobreposição de plantas para avaliar a presença de alguma interferência e só então era feita a revisão do projeto para corrigir a incompatibilidade. Com a utilização de aplicativos BIM as interferências são verificadas automaticamente e as correções são realizadas no momento da análise, o que evita o retrabalho e a menor incidência de erros em obras. (ANDRADE; AMORIM, 2011). A figura 2.8 mostra exemplos de compatibilizações com uso do BIM.

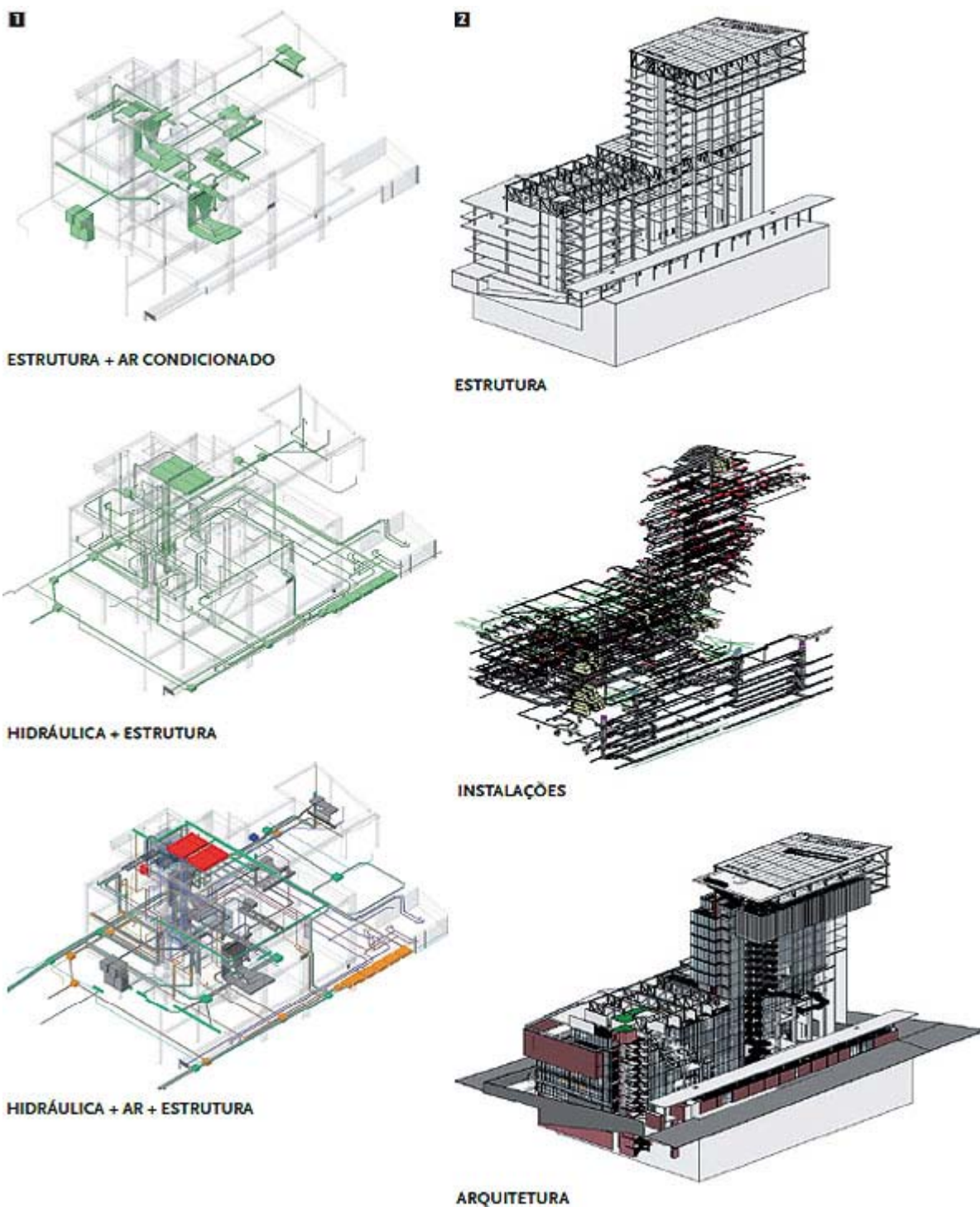


Figura 2.9: 1) Exemplos de compatibilização entre estrutura, hidráulica e ar condicionado para o condomínio de escritórios Ventur e Kino, projeto de Affalo & Gasperini 2) Modelo do edifício 112 Barcelona, na Espanha, projeto de Idom ACXT (Fonte: Revista AU, julho 2011)

Dentre os softwares existentes no mercado, destinado a compatibilização de projetos, pode-se citar: Smartplant e PDMS, capazes de gerar modelos de grandes usinas siderúrgicas e mineradoras, Navisworks e Solibri, predominantemente utilizados na compatibilização de edifícios residenciais e comerciais (STHELING, 2012).

Uma ferramenta disponível no mercado com um grande potencial é o serviço 3D laser scanning, que possibilita o escaneamento digital de estruturas existentes, fornecendo uma nuvem de pontos, conforme demonstrado na figura 2.9 e 2.10, que é a base para se gerar o modelo de um edifício existente para verificar se a construção foi realizada conforme as especificações, ou então para se planejar uma reforma.

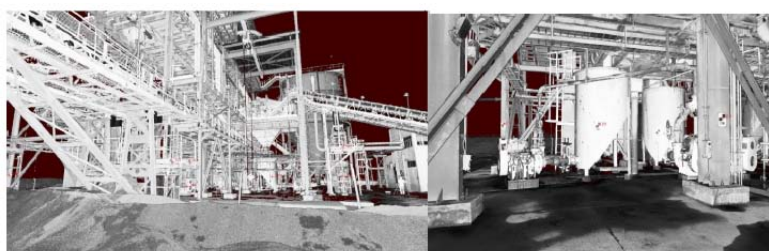


Figura 2.10: Nuvem de pontos (Fonte: Stheling, 2012)

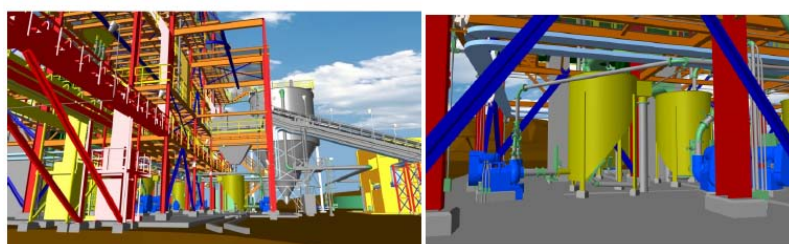


Figura 2.11: Modelos gerados a partir de nuvem de pontos (Fonte: Stheling, 2012)

O desenvolvimento de projetos integrados (IPD, Integrated Project Delivery) têm estimulado e viabilizado a prática fundamental de colaboração nas etapas iniciais dos empreendimentos através da modelagem de informações da construção (BIM), de modo

a reduzir o desperdício e otimizar a eficiência em todas as fases de projeto, fabricação e construção (AUTODESK, 2011).

À medida que as empresas adotam o BIM, devem atribuir responsabilidades a dois cargos cruciais: Diretor BIM: Responsável por uma visão global do BIM para cada projeto. Gerente de Modelagem: Responsável por manter os mecanismos do fluxo de trabalho e a integridade do banco de dados do empreendimento (EASTMAN, 2008).

De Crespo, Ruschel (2007) a coordenação é motivada pela especialização cada vez maior das diferentes áreas, a conformação de equipes de projeto localizadas em diferentes localidades e o número crescente de soluções tecnológicas sendo agregadas nos empreendimentos.

O Gerente BIM é um profissional responsável pela coordenação das equipes de projeto, verificando se as mesmas cumprem os cronogramas e as tarefas que lhes são atribuídas, coordena a integração das partes, determina os intervalos de sincronização e de checagem de interferências nos diversos projetos incorporados ao arquivo central. Define também o nível de detalhamento em cada etapa de projeto, verifica a compatibilidade das ferramentas que serão utilizadas no projeto. É de extrema importância o conhecimento no processo de integração e interoperabilidade. (ANDRADE; AMORIM, 2011). A figura 2.12 ilustra o funcionamento da plataforma BIM quanto a coordenação de projetos.

A utilização do BIM no processo de projeto insere conceitos de Engenharia Simultânea, com alterações no modelo de coordenação, nas quais tarefas que antes eram linearmente (uma equipe aguardava a finalização da anterior), passaram a ser realizadas em paralelo, de forma simultânea. É possível que equipes trabalhem com diferentes partes do projeto e atualizem os arquivos com suas adições e alterações, sendo este

arquivo atualizado na área determinada (workset), atualizando também a todas as equipes (ANDRADE; AMORIM, 2011).

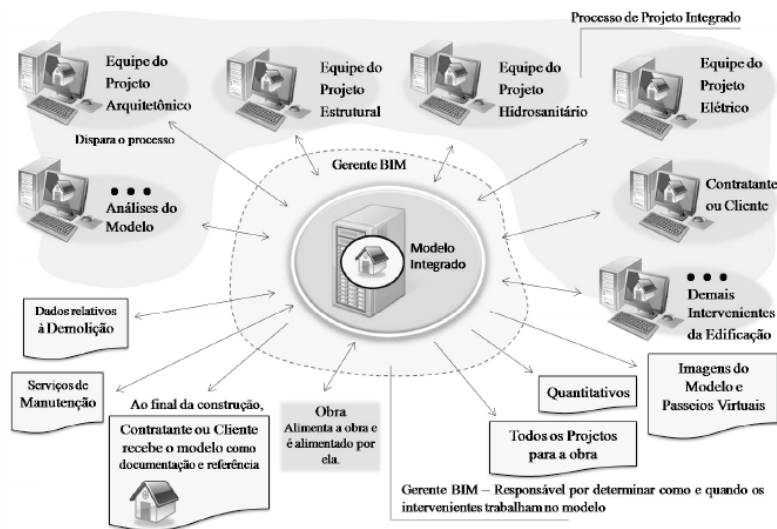


Figura 2.12: Esquema de funcionamento da plataforma BIM. Fonte: Hippert (2010)

O Workflow define-se na descrição do comportamento que cada membro da equipe de trabalho deve assumir dentro do processo para que as atividades sejam cumpridas. O Workflow permite que o controle do projeto seja feito por atividade desenvolvida por cada membro da equipe e não somente na totalidade, caracterizando o gerenciamento de forma individual: cada membro da equipe deve cumprir sua função de acordo com prazos, regras e condições, ou seja, há maior controle da obtenção do resultado esperado, pois se tem conhecimento se o agente cumpriu ou não sua tarefa (ANDRADE; AMORIM, 2011).

O workset é a denominação dada ao plano de trabalho de uma região diferente do projeto, dispensada a cada profissional na equipe. Tratam-se de como módulos independentes que possibilitam manipulação simultânea no projeto, configurado por meio de grupos de projetos. Por meio da criação de um workset, a estrutura de trabalho da equipe de projeto é definida, sendo cada membro da equipe responsável por trabalhar

determinada área do projeto, como por exemplo, estrutura, arquitetura, tags, cotas (ANDRADE; AMORIM, 2011).

De acordo com Andrade; Amorim (2011), o Gerente BIM é responsável por verificar se cada equipe modificou somente o que continha em seu workset, e se no caso, existirem modificações em outras áreas, verifica se as mesmas são ou não necessárias, repassando as alterações para todas as equipes através do arquivo central

Com a utilização de software tipo BIM o gerenciamento de projeto, por meio de Workflow, traduz alguns benefícios de controle, tais como: redução da necessidade da interação humana ; aumento do controle sobre o processo de projeto; diminuição no tempo de gerenciamento e de trabalho; individualização do tratamento das questões pertinentes ao projeto (ANDRADE; AMORIM, 2011).

As imagens 2.13 e 2.14, apresentadas por Santos (2008), ilustram o workflow no processo de projeto convencional e no processo projeto com o uso da tecnologia BIM:

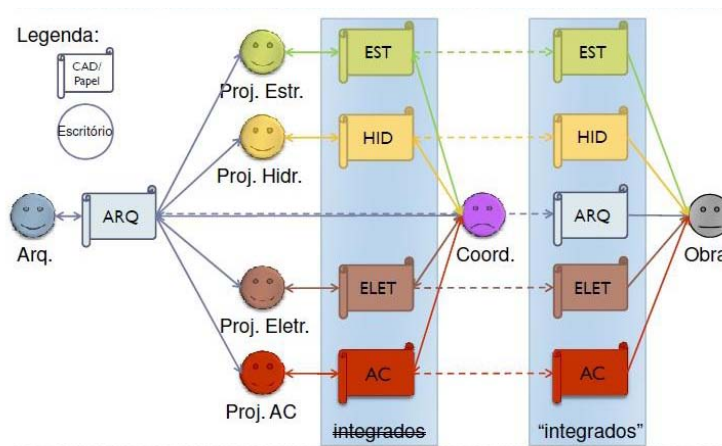


Figura 2.13: Workflow do Projeto Convencional. Fonte: Santos (2008)

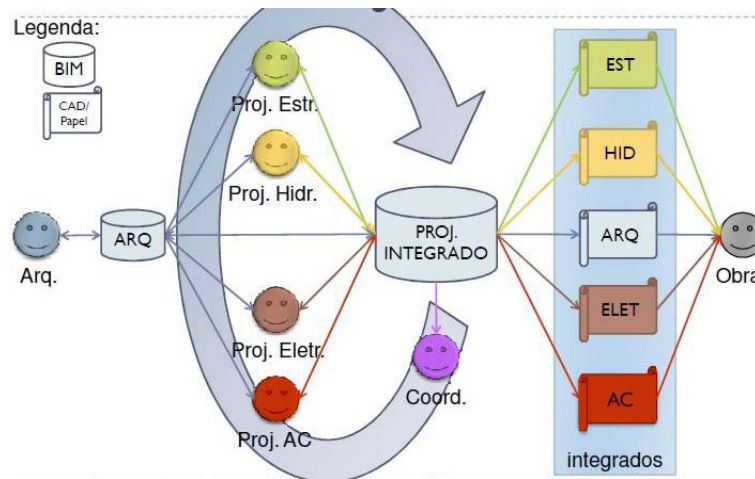


Figura 2.14 – Workflow do Projeto com BIM. Fonte: Santos (2008)

No uso do sistema BIM o processo colaborativo assume importante papel, pois se um membro da equipe atrasa suas tarefas, isso se reflete em todo o trabalho, podendo comprometer o prazo planejado pelo gerente BIM (ANDRADE; AMORIM, 2011).

Assim, em um ambiente diversificado, a engenharia simultânea e a interoperabilidade da informação desempenham um papel importante no gerenciamento do empreendimento (SOUZA, 2009). O ambiente de trabalho colaborativo facilita que decisões sejam tomadas, possibilita a verificação de incompatibilidades no início do processo de projeto, o que produz efeitos positivamente significativos, como a redução de tempo e de erros no processo projetual (ANDRADE; AMORIM, 2011).

No uso da tecnologia BIM, muitas questões técnicas ainda continuam sendo solucionadas de maneira tradicional, enquanto questões relacionadas a gestão da participação dos projetistas no processo de projeto se torna mais desafiadora, o que requer o desenvolvimento de métodos de gerenciamento apropriados para o ambiente colaborativo do BIM (MANZIONE, 2011).

Manzione (2011), propôs um modelo integrado da gestão do processo de projeto em BIM, por meio da denominada metodologia B.I.M.M. (BIM Integrated Management Model),

ilustrada pela figura 15. Trata-se de um modelo de planejamento para gerir o fluxo de informações de maneira integrada, aproveitando o conteúdo semântico da tecnologia BIM, com a combinação de metodologias de planejamento e gestão, tema central da pesquisa de Doutorado em desenvolvimento do referido autor. A metodologia é embasada a partir da interligação de quatro loops principais, Loop de Modelagem, Loop de Planejamento, Loop de controle e Loop de edição da modelagem, combinados para gerar a infraestrutura de um Hub Colaborativo para o seu suporte.

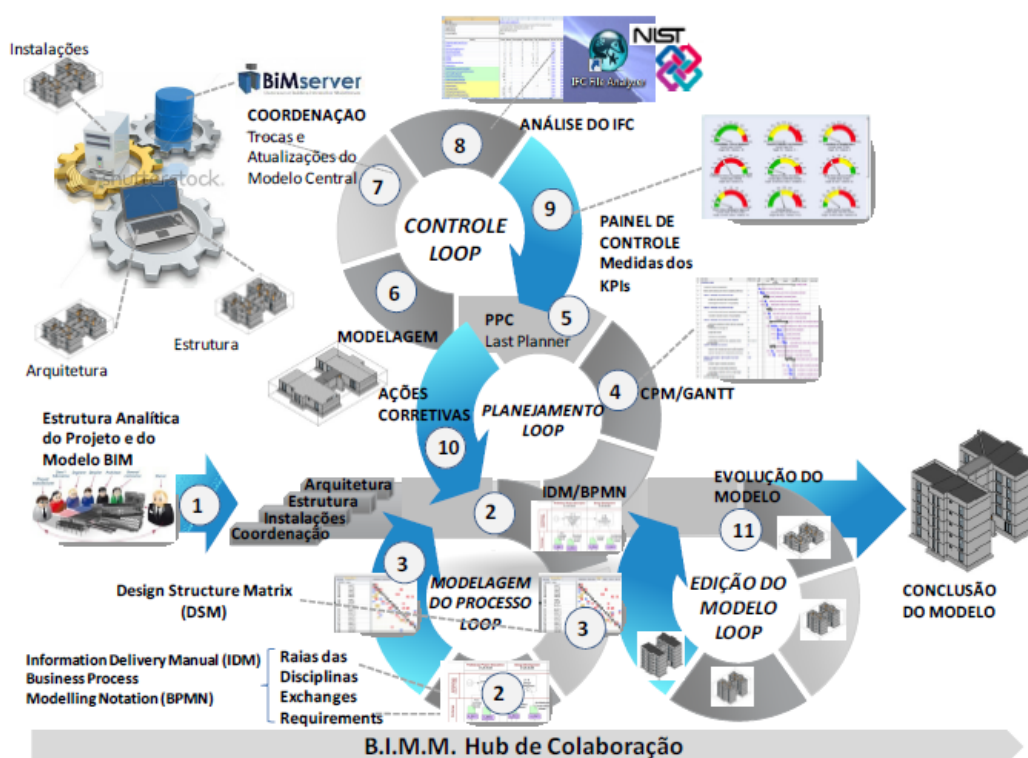


Figura 2.15: Modelo de Gerenciamento Integrado em BIM. Fonte: Malziona (2011).

2.7.1 Gestão e Coordenação de Projetos em Entidades Públicas

Ao se tratar do processo de gestão de projetos no contexto público é preciso considerar vários procedimentos rigorosamente pré-estabelecidos em Lei, como o processo

licitatório, o que difere significativamente a execução de obras e serviços da Administração Pública em relação aos agentes do setor privado (JUNIOR; FABRÍCIO, 2011).

Segundo Mello apud Junior; Fabrício, (2011) licitação define-se como *“um certame em que as entidades governamentais devem promover e no qual abrem disputa entre os interessados em com elas travar determinadas relações de conteúdo patrimonial, para escolher a proposta mais vantajosa às conveniências públicas”*.

Assim, os projetos de engenharia e arquitetura são contratados por meio de terceirização, através de licitação, já que praticamente todos os setores técnicos dos órgãos públicos não dispõem de quadro de funcionários suficiente para executá-los. Os funcionários públicos atuam essencialmente como coordenadores de projetos junto aos escritórios de projetistas vencedores do processo licitatório, com determinação de prazo em contrato (JUNIOR; FABRÍCIO, 2011).

O processo de licitação é composto por uma série de etapas sucessivas, o que tende a segmentar ainda mais as fases projetuais, ocasionando a dissociação entre a fase de projeto e sua construção (JUNIOR; FABRÍCIO, 2011).

Grande parte da insuficiência de projetos de engenharia nos processos licitatórios torna-se fonte de corrupção verificada nas obras públicas, outro fator que enfatiza a necessidade de desenvolvimento dos processos de gestão de projetos pelo setor público (JUNIOR; FABRÍCIO, 2011).

Segundo Junior; Fabrício (2011), uma obra pública não entregue, seja por falha no desenvolvimento de projeto, ou por não atender as necessidades dos usuários, é responsável por trazer grandes prejuízos para a população, pois há desperdício de dinheiro público e ainda a ausência do equipamento urbano que não foi entregue. Neste

sentido, o aprimoramento dos modelos de gestão de projetos pela esfera pública contribui decisivamente na entrega de produtos que atendam aos preceitos legais e às necessidades dos futuros usuários das edificações.

O projeto no setor público é caracterizado pela baixa qualidade, apesar da relação entre Estado e projetos constituir-se em uma das mais importantes. (JUNIOR; FABRÍCIO, 2011).

Segundo Junior; Fabrício (2011), No setor público as soluções que deveriam ser implementadas nas fases de projeto são resolvidas na obra, prática muito freqüente. Os resultados são as medições em atraso das parcelas, necessidade de prorrogações de prazo e excesso de aditivos contratuais, decorrentes de indefinições e ajustes necessários dos projetos licitados.

Apenas para ilustrar as peculiaridades do setor público, os processos de licitação para contratação de escritórios de projetistas seguindo o tipo “técnica e preço” em substituição à prática usual de “menor preço global” para prestação de serviços de natureza técnica (desenvolvimento de projetos básicos e executivos) por meio de processos baseados não apenas no preço final, ainda são minoritários nas práticas administrativas, sejam pelas dificuldades de conceituação técnica e indicadores estabelecidos ou pela ausência de profissionais capacitados e organizados (técnica e administrativamente) para tais serviços

Desta forma, torna-se fundamental o foco no processo de coordenação do projeto e a implementação de sistemas de gestão e qualidade formulados e formatados a partir das peculiaridades inerentes do setor público, visando a qualidade do projeto e do produto que atendam de forma adequada e com custos menores à população.

Destarte nota-se um baixo grau de interação e comunicação entre as especialidades principais atuantes no projeto de edificações públicas. Considerando que as atividades relacionadas à arquitetura e engenharias são cada vez menos autônomas no ambiente construtivo e de projeto (Tapie, 1999 apud Fabricio, 2008), novos processos de gestão, acompanhamento e coordenação entre projetistas externos faz-se necessário aos setores técnicos dos órgãos governamentais.

O alto percentual de problemas encontrados durante a execução das obras provenientes da baixa qualidade dos projetos licitados (perguntas 2 e 3) torna-se o verdadeiro corolário do distanciamento verificado entre as especialidades (pergunta 1).

Enquanto que a dificuldade encontrada para interação entre as especialidades vinculadas deriva quase que exclusivamente da ausência de percepção quanto a complexidade cada vez maior das edificações, a ausência dos projetistas às obras e desinteresse nas vistorias e análises pós-ocupação podem ser explicadas – embora não justificáveis – ao processo de condução do empreendimento público, em que as etapas são concluídas de forma sequenciada, sem qualquer sobreposição entre as etapas de transformação do produto edificação – entradas e saídas (extremos do processo).

Os resultados apresentados ratificam a necessidade de aprimoramento dos modelos de gestão e coordenação de projetos, passando pela valorização da atividade de projeto, reconhecendo que trata-se fundamentalmente de um processo interativo e coletivo e que, como tal, exige maior análise crítica e constantes validações das soluções adotadas por cada uma das especialidades (Fabricio, 2008).

Aos setores da Administração, fazem-se necessários novos modelos de gestão, produzidos com ênfase nas peculiaridades, dificuldades e potencialidades das questões referentes às obras públicas.

2.8 Estudo de caso: A implementação do BIM no Exército Brasileiro

2.8.1 Introdução

O presente trabalho apresenta como objeto de análise a utilização da plataforma BIM em uma entidade pública, o Exército Brasileiro, com o intuito de demonstrar e avaliar a presença de conceitos da referida tecnologia no setor público e a gestão do ciclo de vida das obras de infraestrutura e edificações, permeando o planejamento estratégico, tático e operacional de uma instituição.

O estudo foi embasado em artigos (NASCIMENTO; LÜKE, 2012) fornecidos, através de contato via e-mail, por Washington Gultenberg Lüke, BIM Manager da Diretoria de Obras Militares do Exército Brasileiro, referentes ao 3º Seminário BIM – Modelagem da Informação da Construção, promovido pelo SINDUSCON-SP em outubro de 2012 e ao Autodesk University 2012, eventos nos quais foi apresentado o uso do BIM pelo Exército Brasileiro.

2.8.2 Caracterização da Entidade

No Exército Brasileiro, as atividades de construção, ampliação, reforma, adaptação, reparação, restauração, conservação, demolição e remoção de instalações de obras militares, assim como o controle do material de sua gestão, são administrados pela Diretoria de Obras Militares (DOM), que é o órgão de apoio técnico-normativo do Departamento de Engenharia e Construção.

Um conjunto de macroprocessos finalísticos de responsabilidade normativa e gerencial da DOM, compõem a estrutura de Obras Militares do Exército. Os macroprocessos produzem o mapeamento de todo o ciclo de vida de uma obra pública sob

responsabilidade do Exército, desde a concepção do projeto até a demolição da edificação, abrangendo as etapas de estudo de viabilidade, anteprojeto, projeto, planejamento, licitação, contratação, acompanhamento, fiscalização, controle e conclusão, e também posteriormente a entrega da obra, na fase de manutenção do edifício.

A DOM tem a função de administrar todas as obras do Exército, presentes em mais de 650 Organizações Militares dispersas por todo território nacional e monitorando a manutenção e construção de um total de 75.787 benfeitorias (edificações) e 1.794 imóveis, número que corresponde a 85 % do Estado de Sergipe em áreas edificadas. Além disso, é responsável por responder por 10.470 solicitações de obras.

2.8.3 O desafio da Gestão de Obras Militares

A Diretoria de Obras Militares não possuía um sistema informatizado de gestão capaz de oferecer suporte para suas atividades. O grande número de obras e edificações sob seu controle, denotava a intensa complexidade de gestão de patrimônio e obras públicas a incumbidas a DOM. Com isso, as Organizações Militares não eram capazes de deter informações claras e precisas a respeito do andamento dos processos de solicitação de obras e sobre as demais fases dos empreendimentos. Gastava-se muito tempo e enorme quantidade de ofícios, ligações, fax e e-mails para obter os dados das obras.

Nesse contexto, tornava-se fundamental a adoção de uma ferramenta de gestão, tanto para o nível executivo, quanto para o gerencial e estratégico, de forma a alcançar uma gestão pública moderna, eficaz e transparente.

2.8.4 Desenvolvimento da solução

Para solucionar a demanda de uma ferramenta de gestão eficaz, era preciso que fosse implantado um sistema no qual toda a infraestrutura dos empreendimentos físicos do Exército, tais como terrenos, instalações e edificações, fossem contemplados. A figura 3.1 mostra a Localização das Organizações Militares dentro do território nacional, evidenciando o grande número de edificações sob controle do Exército.

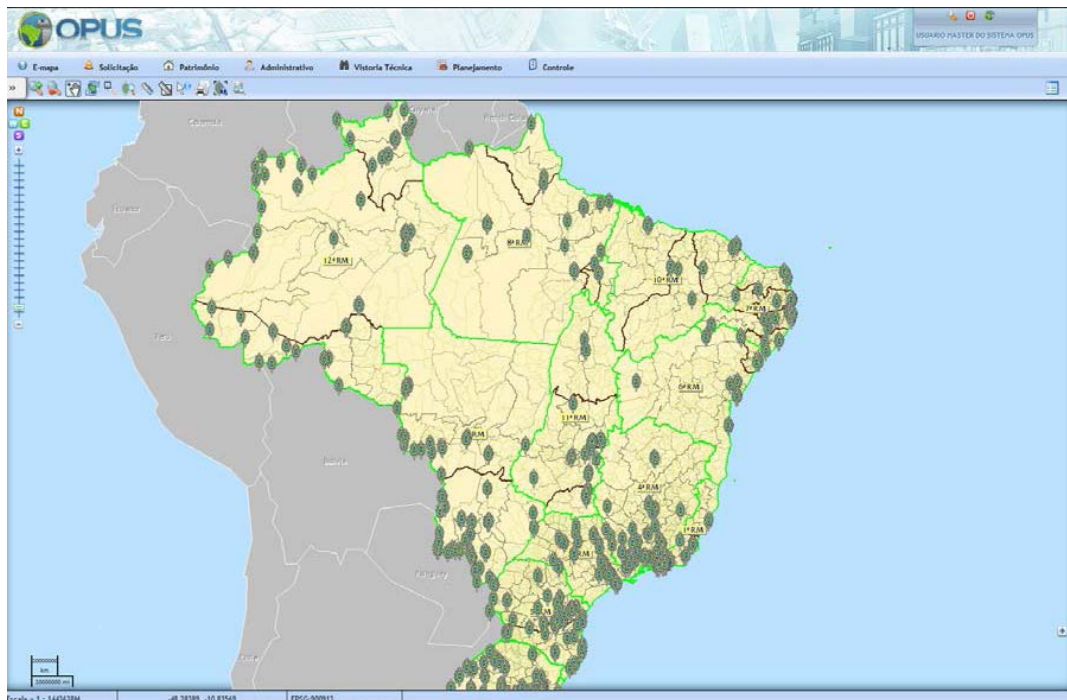


Figura 2.16: Localização das Obras Militares. Fonte: Nascimento; Lüke (2012)

O primeiro passo foi o levantamento de toda a infraestrutura existente, das futuras necessidades, da situação dos imóveis e terrenos existentes, sua localização, limites e aspectos patrimoniais, legais e ambientais.

A participação de diversos agentes em todos os níveis do empreendimento, atendendo aspectos administrativos, legais, ambientais, bem como as metas estratégicas, físicas e financeiras do planejamento organizacional da instituição do Exército Brasileiro, é proporcionada pela gestão de toda a infraestrutura, a partir da integração do

macroprocesso de obras aos aspectos legais, físicos e ambientais do terreno. A figura 3.2 ilustra a infraestrutura do Exército Brasileiro.

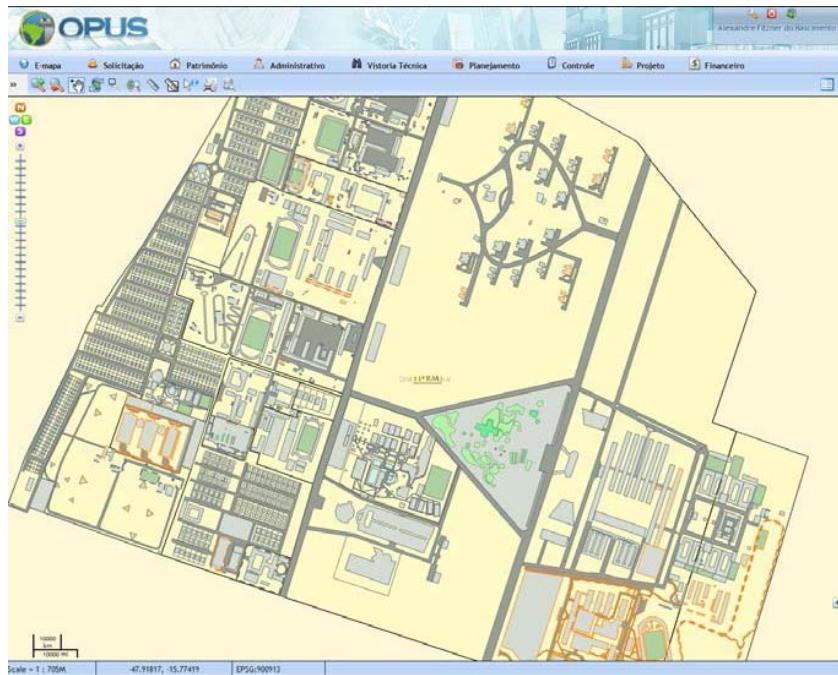


Figura 2.17: Infraestrutura do Exército Brasileiro. Fonte: Nascimento; Lüke (2012)



Figura 2.18: Infraestrutura (instalações, terreno e edificações) do Exército Brasileiro. Fonte: Nascimento; Lüke (2012)

A partir desse contexto foi desenvolvido um sistema web denominado “Sistema Unificado do Processo de Obras (OPUS)”. Trata-se de sistema operacional corporativo, dotado de inteligência espacial e geográfica (geoprocessamento) para controle de obras e ativos, denominado GIM (Geographic Information Modeling), que trabalha o contexto geográfico das interferências do homem em um terreno, de forma a gerar conhecimento sobre sua adequação à futura instalação militar. Assemelha-se ao tipo "Government Resource Planning" (GRP), ou Sistema Integrado de Gestão Pública, cujo foco é o gestor público, o elemento chave para a mudança. O GRP fornece ao gestor público um painel de Controle, embasado em fatos e dados, o que permite tomar decisões com respostas rápidas e eficazes, ainda que se tenham recursos humanos e financeiros escassos. (WOLYNEC, 2005). As figuras 3.4, 3.5, 3.6 e 3.7 mostram o sistema de monitoramento das obras do Exército Brasileiro.



Figura 2.19: Monitoramento das obras do Exército. Fonte: Nascimento; Lüke (2012)

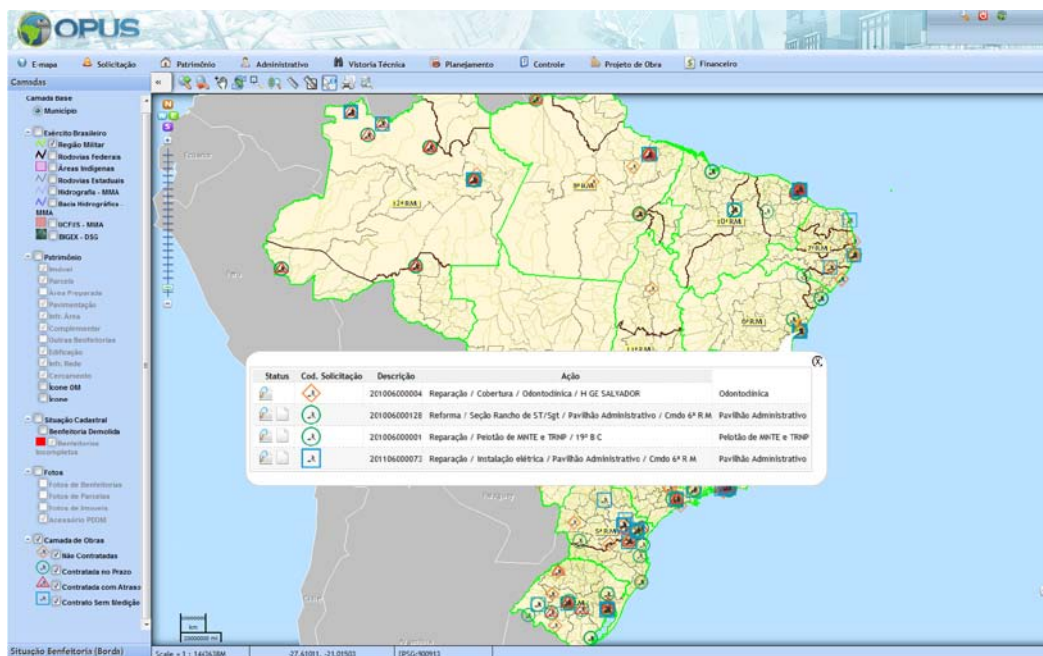


Figura 2.20: Monitoramento das obras do Exército – informações gerais de andamento das obras.

Fonte: Nascimento; Lüke (2012)

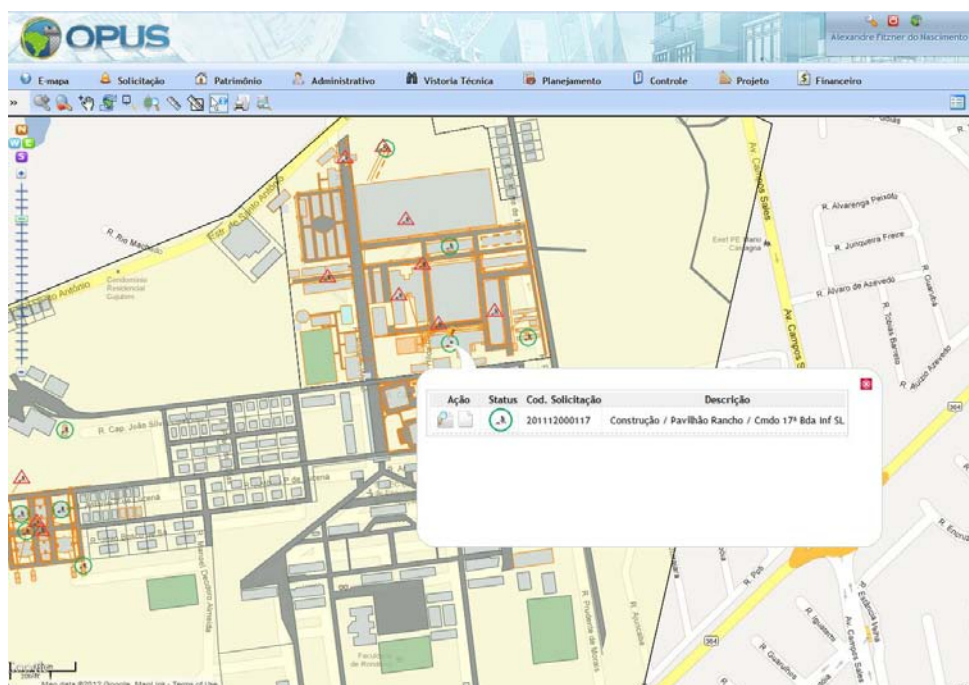


Figura 2.21: Monitoramento das obras do Exército – informações específicas de andamento das obras.

Fonte: Nascimento; Lüke (2012)

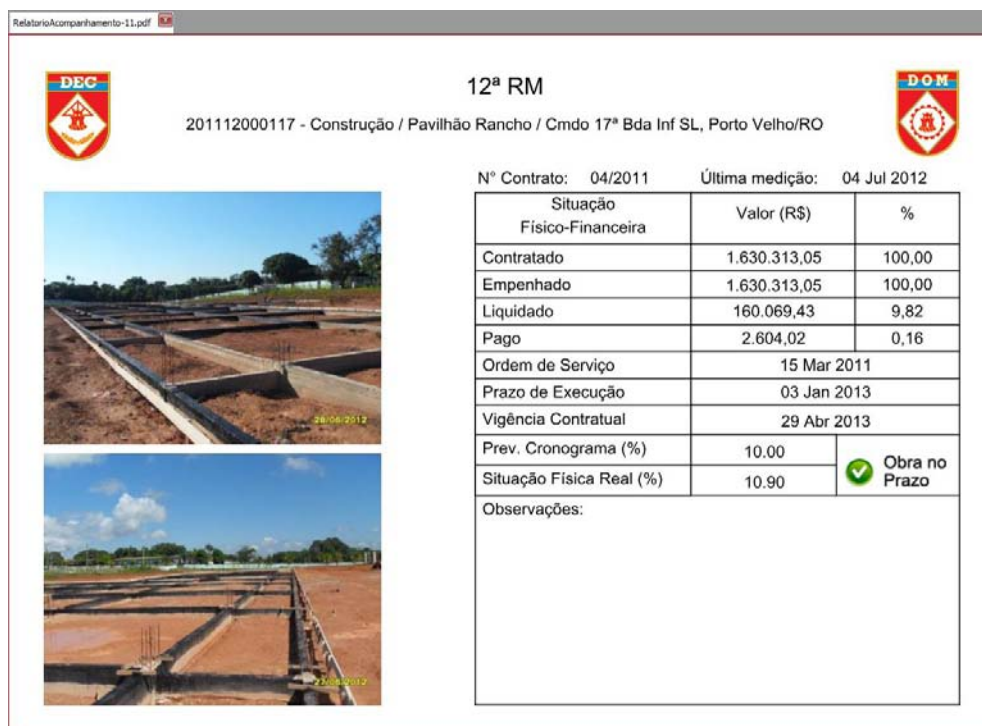


Figura 2.22: Monitoramento das obras do Exército – informações específicas de andamento das obras, como relatórios e fotos. Fonte: Nascimento; Lüke (2012)

2.8.5 O Plano Diretor de Organização Militar

Semelhantemente a Lei Federal 10.257/2001, mais conhecida como Estatuto das Cidades, o Exército criou o Plano Diretor de Organização Militar (PDOM), cujo objetivo é possibilitar o planejamento da ocupação militar, de acordo com a política estratégica da Força Terrestre. A partir de sua concepção é permitido a representação básica da modelagem de informação referente a uma Organização Militar, cuja constituição é de um conjunto de entidades geográficas e metadados que definem um ou mais imóveis, benfeitorias e elementos de terreno importantes a um complexo militar, e que estão sob a responsabilidade do Exército. De acordo com essa conceituação, o PDOM pode ser considerado a unidade representativa da concepção do Exército de um ILM - Infrastructure Lifecycle Management, no qual está presente a gestão de todos os processos ligados ao planejamento, construção, operação e manutenção das benfeitorias

ou da propriedade (imóvel). Dentro desse contexto, o BIM (Building information Modeling), no Exército, é um dos componentes de uma ILM. Enquanto o BIM fornece dados da construção, a ILM fornece informações da infraestrutura.

Um modelo de informações de construção, como a plataforma BIM, que funciona como um mecanismo de coleta e ordenação de dados multidisciplinares durante o curso de vida do projeto, permite a obtenção de dados estruturados, que aliados ao ILM é capaz de gerar grandes resultados, principalmente, para organizações que possuem a missão de gerenciar todo o ciclo construtivo das instalações, como é o caso do Exército Brasileiro. As figura 3.8 e 3.9 mostram a representação de um ILM, revelando o ciclo das Instalações, desde o seu planejamento, construção até a operação e manutenção e sua integração com a plataforma BIM e o sistema GIM.

ILM - Infrastructure Lifecycle Management

Building - BIM

Geographic - GIM

Business - BIM

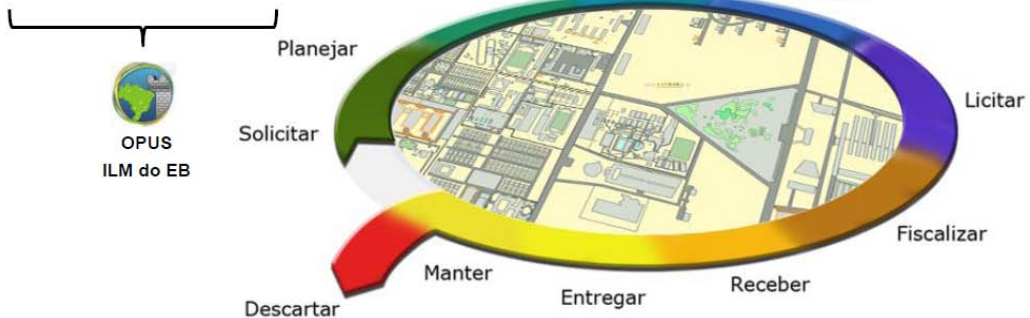


Figura 2.23: Ciclo das instalações. Fonte: Nascimento; Lüke (2012)

ILM - Infrastructure Lifecycle Management

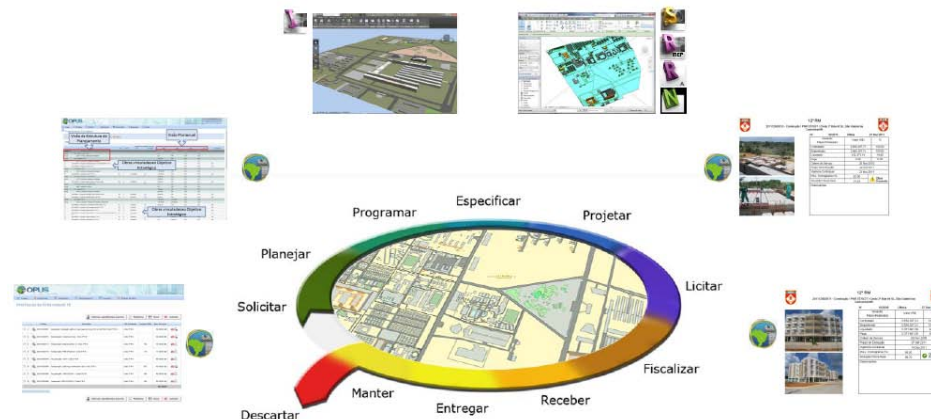


Figura 2.24: Ciclo das instalações, GIM E BIM . Fonte: Nascimento; Lüke (2012)

No panorama de gestão de obras do Exército Brasileiro, o BIM é responsável por apresentar, em forma eletrônica, detalhada e em tempo real, todo o ciclo de vida de uma construção, da arquitetura à execução final, envolvendo gerenciamento, processos construtivos, fases de trabalho e suas quantificações, orçamento e custo da obra com alta precisão, além de verificação de práticas de sustentabilidade. Já o sistema GIM é dotado da georreferência, que é o mapeamento detalhado, em formato eletrônico, da área onde o serviço será executado. A associação entre o sistema BIM e o GIM, interligada aos conceitos de uma ILM compõem a ferramenta de gestão do Exército, denominada OPUS (Sistema Unificado do Processo de Obras). A figuras 3.10 e 3.11 ilustram a integração entre o sistema BIM e GIM.

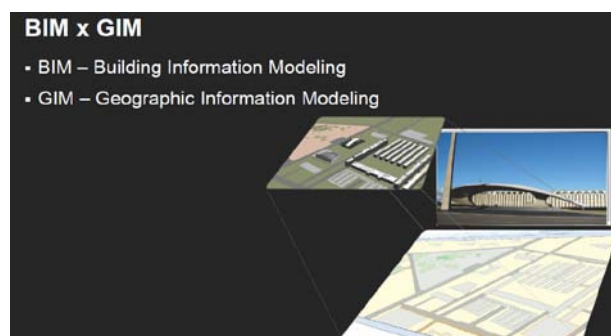


Figura 2.25: Integração entre GIM E BIM . Fonte: Nascimento; Lüke (2012)

Ambiente Externo (GIM)



Figura 2.26: Geração de ambientes de trabalho - integração entre GIM E BIM . Fonte: Nascimento; Lücke (2012)

Através do PDOM são gerenciadas todas as informações das obras, desde quem as solicitou, e pelo Sistema OPUS faz-se a gestão do ciclo de vida da infraestrutura militar, que carrega por si só aspectos bem peculiares por questão estratégica de segurança nacional.

2.8.6 Gestão de Projetos no Exército Brasileiro

Embasado no planejamento estratégico do Exército e sua vertente em obras bem definidos, a gestão de projetos no sistema OPUS é capaz de promover a integração entre os diversos especialistas envolvidos em um empreendimento militar, abrangendo desde o planejamento urbanístico do PDOM, que é o ambiente externo, até a execução das

disciplinas dos projetos de cada edificação, que é o ambiente interno. A figura 3.12 ilustra a integração de disciplinas junto ao sistema OPUS.

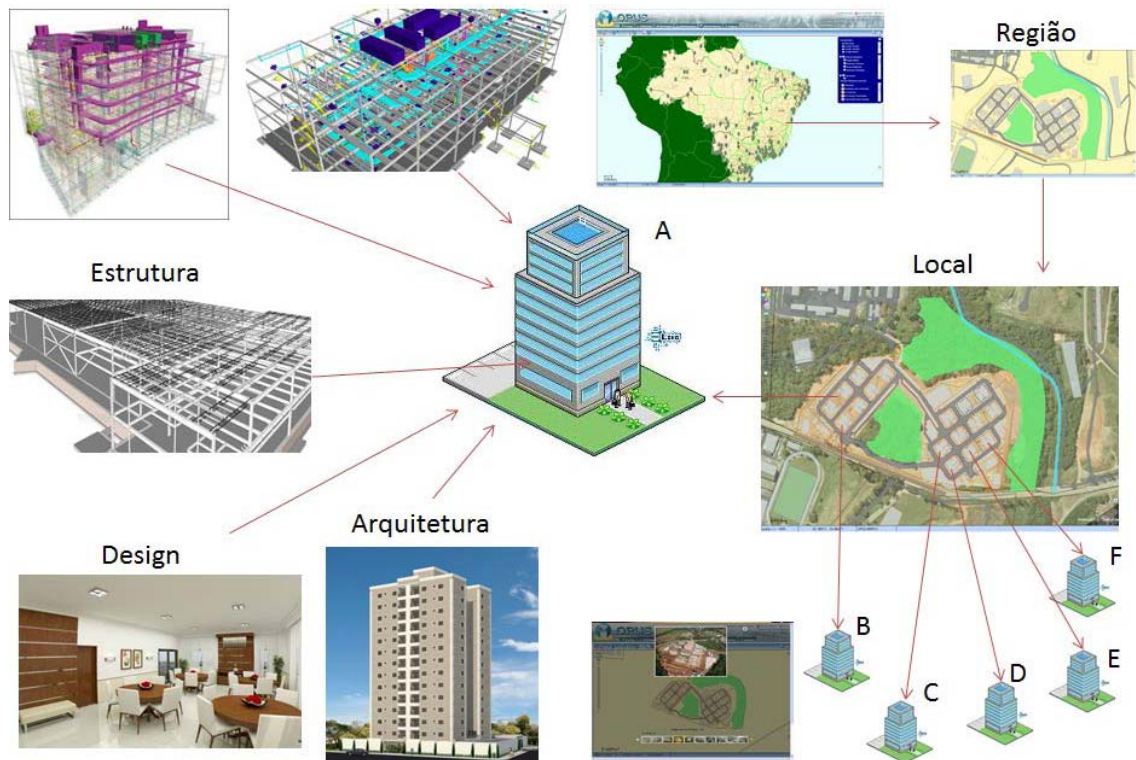


Figura 2.27: Dualidade das instalações do Exército Brasileiro. Fonte: Nascimento; Lüke (2012)

Para conceber um projeto, primeiramente os engenheiros e arquitetos têm como referência base o acesso a um arquivo Geo PDOM 3D, que é responsável por mostrar a ocupação de uma área, conforme ilustrado na figura 3.13. Como exemplo, o arquiteto ao criar um novo projeto no software BIM utilizado, tem por início do processo, acesso a edificação constante do Geo PDOM 3D, gerada por meio do sistema GIM, e obtido automaticamente pela base do Sistema Unificado do Processo de Obras (OPUS). Todos os elementos de projetos (especificações, instalações, estruturas, entre outros) desenvolvidos pelas diversas especialidades já estão integrados geoespacialmente na infraestrutura de dados do OPUS, o que possibilita o acompanhamento de todos os projetos no território nacional.

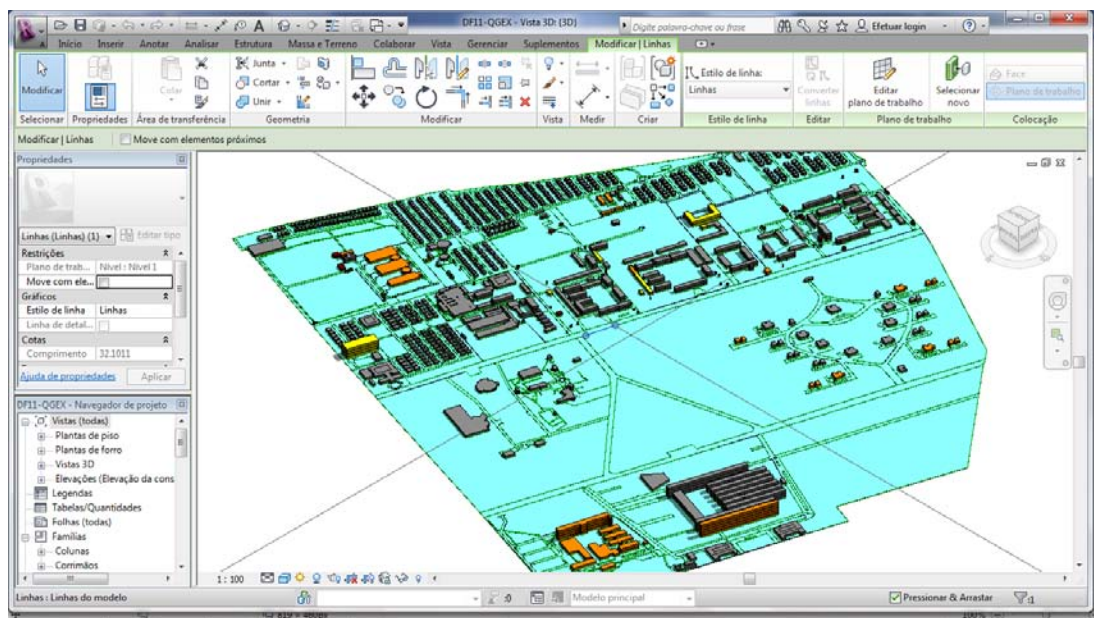


Figura 2.28: Base Geo PDOM 3D; Lüke (2012)

Para os projetos arquitetônicos o Exército utiliza o Autodesk Revit Architecture. Outros softwares também são utilizados durante o processo de desenvolvimento de projetos, como os destinados a projetos estruturais e a compatibilização de projetos, entre os quais estão o Autodesk Revit MEP, Autodesk Showcase, Autodesk Navisworks e o Autodesk Infrastructure Modeler.

2.8.7 Modelo de Contratação de Projetos em BIM

Torna-se necessário a criação de um modelo de contratação que seja vantajoso ao contratado e ao contratante, para a confecção de projetos que utilizam BIM, tendo em vista as condicionantes inerentes à execução de projetos com essa tecnologia, como investimentos em software, hardware e capacitação de pessoal. Procura-se garantir o retorno do investimento e o uso das informações geradas pelo BIM para a gestão do ciclo de vida da construção.

A partir desse contexto foram levantadas premissas básicas para o Modelo de Contratação de projetos em BIM:

- Possibilitar a remuneração durante o período de elaboração do projeto, atendendo a padrões BIM da contratante;
- Atender também as novas modalidades de contratação visando à redução de riscos (custos, prazos e qualidade). Como exemplo, para a modalidade Regime Diferenciado de Contratação (RDC), a utilização do BIM torna-se imprescindível, uma vez que o RDC busca ampliar eficiência na contratação pública e a competitividade, além de incentivar a inovação tecnológica;
- Permitir às empresas AEC, que usam a tecnologia BIM, terem competitividade no cenário internacional;
- Alinhamento dos projetos BIM às políticas governamentais de desenvolvimento da indústria nacional.

2.8.8 Desafios do BIM no Exército Brasileiro

No contexto do Exército Brasileiro, com o objetivo de alcançar melhores resultados na Gestão de Projetos em BIM, foi imprescindível a difusão dos principais elementos conceituais que norteiam esta nova tecnologia. Assim, em todos os níveis da Organização foi necessário uma atividade de ambientação e divulgação relacionada ao BIM, seus conceitos e benefícios.

Após o trabalho de difusão da tecnologia dentro da entidade e a partir de conhecimentos adquiridos com a experiência de implementação da tecnologia, foram levantados alguns

aspectos importantes, para Exército Brasileiro, quanto ao desenvolvimento de projetos em BIM:

1. A parametrização de bibliotecas deve ser adequada aos padrões e processos de projetos da organização;
2. A maturidade em projetos BIM é alcançada apenas com processos, normas, bibliotecas e capacitação moldadas para o uso dessa tecnologia;
3. É exigida dos profissionais (engenheiros, arquitetos, gerentes de TI e gestores) nova postura na construção de soluções, exigindo muitas vezes, reavaliação de conhecimentos tidos como sólidos.

Para o Exército Brasileiro Brasileiro, a implementação do BIM é embasada em quatro pilares de análise – bibliotecas, processos, normatização e capacitação – que jamais são descartados e são interligados a restrições, denominadas por Lüke (2012), como “tetrarestrições”, correspondentes ao escopo, custo, prazo e qualidade.

Os pilares de análise englobam:

- Processos: Adequação de metodologias para projetar, analisar, submeter aprovação e aprovar.
- Normatização: Padronização de templates, eficiência energética, sustentabilidade, base de preços, entre outros.
- Capacitação: Usar bibliotecas, como projetar, como especificar, como orçar, etc..
- Bibliotecas: Gestão de bibliotecas, criar e validar por meio de certificação.

Como forma de fornecer aos engenheiros e arquitetos o uso de bibliotecas padronizadas, processos e normas adequadas a sua organização, trazendo maior eficiência no

desempenho de suas atividades, o Exército tem desenvolvido soluções para o uso adequado da tecnologia BIM, através da criação de Módulo de Projetos, referente a um dos módulos desenvolvidos para Sistema Unificado do Processo de Obras, que contém a padrozinção de bibliotecas, processos e normas. A figura 3.14 é representativa do sistema de Módulos de Projetos da OPUS.



Figura 2.29: Módulo de projetos no Exército Brasileiro; Fonte: Nascimento; Lüke (2012)

O Exército Brasileiro e Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT), ligado ao Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), têm articulado e formalizado parcerias com o Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) e a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) com o objetivo de propor a a estruturação, planejamento e execução de um projeto para Implantação e Difusão do BIM no Brasil.

2.8.9 Análise Crítica e Classificação do Objeto de Estudo Quanto a Fase de consolição do BIM

Frente ao grande número de propriedades pertencentes ao Exército, o que gera intensa complexidade de dados a serem manipulados e gerenciados a respeito de obras de

construção e seus respectivos desenvolvimentos, torna-se fundamental a implementação de um sistema de gestão eficiente, capaz de promover o controle de tais obras, quanto aos requisitos qualidade e construtibilidade.

A utilização da tecnologia BIM pelo Exército Brasileiro apresenta-se, por meio da associação ao sistema de georreferenciamento GIM, como importante ferramenta de manipulação de informações a respeito das edificações e de terrenos de propriedade militar, permitindo maior controle das obras em todas as suas fases de desenvolvimento, desde a concepção do projeto, até a demolição.

O grande potencial de gerenciamento de dados do BIM possibilita o supervisionamento das obras públicas do Exército, de modo a garantir maior qualidade do produto final entregue e menos desperdícios, o que propicia um maior controle do orçamento enxuto inerentes a esses tipos de empreendimentos, combatendo também possíveis desvios de recursos financeiros.

Com o uso do BIM os projetos tornam-se mais detalhados, evitando problemas de obra decorrentes de erros projetuais, o que é capaz de minimizar o número de revisões necessárias e a solicitações de aditivos em obras.

As características e benefícios apresentados com o uso da tecnologia enquandra o uso do BIM pelo Exército em uma fase de transição entre a geração BIM 1.0 e BIM 2.0, classificações desenvolvidas por Tobin (2008) e já analisadas neste trabalho, na revisão bibliográfica.

A fase BIM 1.0 caracteriza-se pela capacidade dos profissionais em manipular a informação a respeito de objetos e do espaço, passando estes a serem os coordenadores da informação, mas de maneira isolada, o que não ocorre no modelo de gestão implantado pelo Exército.

A geração BIM 2.0 caracteriza-se pela inserção de diversos profissionais interagindo na troca de informações do modelo de construção digital, situação ocorrente no caso do Exército, na qual o uso do BIM permite centralizar o controle e o fluxo das informações que devem ser utilizadas no processo de planejamento e produção dos edifícios militares.

Como relatado por Andrade; Ruschel (2009) e como pôde ser evidenciado na pesquisa sobre a implementação do BIM no Exército, o desenvolvimento da geração BIM 2.0 tem recebido grande incentivo por parte de ações de entidades governamentais que têm desenvolvido projetos para disseminar o uso do BIM no Brasil, atitudes que em determinado tempo, podem contribuir para a consolidação dessa geração BIM.

Entretanto, no atual contexto, trata-se de uma fase ainda não consolidada nem nacional, nem internacionalmente.

A geração BIM 2.0, dentro do panorama do Exército Brasileiro, caracteriza-se pela integração dos profissionais, no gerenciamento das informações e no uso do BIM como importante ferramenta de auxílio ao processo de gestão e coordenação de projetos.

No âmbito federal, são poucas as instituições públicas engajadas na implantação de ferramentas, como a tecnologia BIM, que auxiliem no processo de gestão e coordenação de projetos e conseqüentemente na aquisição de maior qualidade em relação ao desenvolvimento de projeto e execução de obras.

Nesse contexto, a exigência por parte do governo da execução de projetos utilizando-se o BIM, torna-se importante iniciativa de difusão da plataforma no Brasil, propiciando o desenvolvimento tecnológico, tão importante para o setor da construção.

Artigas (1999, p. 48) define que “a construção é quantidade, a arquitetura é qualidade”.

Assim, em um país como o Brasil onde ainda há muito para ser feito no campo da infraestrutura e espaços de uso público, o desafio de unir quantidade e qualidade, dentro

da ótica da ciência, tecnologia, cultura e sustentabilidade, se faz ainda mais presente na atuação de arquitetos e engenheiros (JUNIOR; FABRÍCIO, 2011).

3. CONCLUSÃO

Nesta investigação, buscou-se analisar e problematizar as mudanças no processo de projeto de uma entidade pública provenientes da implementação da tecnologia BIM (Building Information Modeling).

O estudo de caso apresentado evidenciou como o Exército Brasileiro têm utilizado a plataforma BIM como importante ferramenta de Gestão e Coordenação de Projetos, revelando grandes potenciais dessa tecnologia no controle da complexidade de informações inerentes as edificações militares, gerando a promoção de qualidade e construtibilidade.

A adoção do BIM, interligado ao sistema de Gestão de Projetos, no setor público torna-se fundamental fonte de referência para o incentivo e difusão da tecnologia no Brasil. O governo público assume importante papel na proposição e desenvolvimento de novas tecnologias, a medida que implanta em suas próprias organizações novos métodos e institui o uso destas para a execução de projetos desenvolvidos por terceiros.

Dentro desse âmbito, o BIM configura-se como tecnologia promotora da colaboração, cooperação, maior produtividade e eficiência em todo o ciclo de vida de um edifício. BIM é um meio para se atingirem estes objetivos, e não um fim em si mesmo. Os rumos das pesquisas e desenvolvimentos dos softwares devem ser determinados por fatores como sustentabilidade, construção enxuta, conservação de energia, custo no ciclo de vida, desenvolvimento integrado de um empreendimento, projeto interativo, projeto virtual, construção virtual, planejamento, manutenção preventiva e outros (SMITH; TARDIF, 2009).

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, Max Lira Veras X. de; RUSCHEL, Regina Coeli. BIM: Conceitos, cenário das pesquisas publicadas no Brasil e tendências. **Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído**. Anais PPG-AU EESC USP, ANTAC, São Paulo, 2009.

ARTIGAS, V. Caminhos da Arquitetura. São Paulo: Cosac & Naify, 1999. 176 p.

AMORIM S. R. L.; ANDRADE, B. S. Alterações metodológicas na gestão de processo de projeto aplicada com a utilização de Software tipo BIM. In: Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído X Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 9. , 2011, Rio de Janeiro.

AQUINO, J. P. R. Integração Concepção-Projeto-Execução de Obras. In: MELHADO, S. B.(Coord.). **Coordenação de projetos de edificações**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2005.

ARANTES, Eduardo M.; JUNIOR, Homero S.; D'ALMEIDA, Caio S. B. A experiência de implementação do Sistema Colaborativo SISAC para a Gestão de Projetos em uma Entidade Pública. **V Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção – TIC**. Universidade Federal da Bahia (UFBA), Salvador, 2011.

AYRES F., Cervantes. **Acesso ao Modelo Integrado do Edifício**. 2009. 149 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - ST-UFPR. Curitiba, 2009.

AYRES F., Cervantes; SCHEER, S. . **Diferentes abordagens do uso do CAD no processo de projeto arquitetônico**. In: VII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios, 2007, Curitiba. Anais, 2007.

AUTODESK, Ecotect Analysis. Sustainable Design Analysis and Building Information Modeling. Disponível em <<http://www.autodesk.com/ecotect>>. Acesso em 20 dez. 2010

AUTODESK, Revit White Paper. Building Information Modeling for Sustainable Design.

Disponível em <<http://www.autodesk.com/bim>>. Acesso em 25 nov. 2012.

CARON, Andre M. A utilização de Tecnologias de Informação em escritórios de projeto – um levantamento na região metropolitana da cidade de Curitiba. Curitiba, 2007.

Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná.

Cenário macroeconômico 2009-2016. São Paulo: Abrammat/FGV Projetos, 2009c. Disponível em: <http://www.abrammat.org.br/lista_publicacao.asp?s=14>. Acesso em: 8 de fevereiro de 2012.

CIC – Computer Integrated Construction Research Program. *Building Information Modeling Execution Planning Guide* – Version 2.0. The Pennsylvania State University, PA, USA, 2010. Disponível em <<http://www.engr.psu.edu/bim>>.

CONSTRUÇÃO MERCADO. São Paulo, 2011. **Os desafios para implementação do BIM no Brasil**, n. 115, jan. 2011, Editora PINI.

CRESPO, Cláudia C.; RUSCHEL, Regina C. Solução BIM para a melhoria no processo de projetos. In: V SIBRAGEC Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, Campinas, 2007.

EASTMAN, Chuck et al. **BIM handbook**: a guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. New Jersey, USA. Ed. John Wiley & Sons, Inc. (2008) ISBN: 978-0-470-18528-5 (cloth).

FABRÍCIO, M. Projeto Simultâneo na Construção de Edifícios. Tese: Programa de Pós-graduação em Construção Civil, PCC-USP. São Paulo. 2002

FABRÍCIO, M. **Desenvolvimento de Produto Integrado à Estratégia de Produção de Edifícios**. In: Seminário NUTAU 2006. Escola de Arquitetura da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

FIESP **Construbusiness 1999 – Habitação, Infra-estrutura e empregos**. São Paulo: FIESP, 3º Seminário Brasileiro da Indústria da Construção. 1999 26p.

FIESP. FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO.

Construbusiness 2008. São Paulo: FIESP, 2008b. Disponível em:

<http://www.fiesp.com.br/deconcic/pdf/apreset_construbusiness_7ed.pdf> Acesso em 8 dez. 2012

GIL, Antonio C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 1999. 206p.

HIPPERT, M. A. S. ; ARAÚJO, T. T. Análise e representação em contextos diversos: projeto, técnica e gestão do ambiente construído. **A contribuição do BIM para a representação do ambiente construído**. In: 1º Encontro Nacional da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, 1. , 2010, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.anparq.org.br/dvd-enanparq/simposios/173/173-739-1-SP.pdf>>. Acesso em: 14 de janeiro de 2013.

KOSKELA, Lauri (1992). Application of the New Production Philosophy to Construction.

CIFE Technical Report # 72, Stanford University, September 1992. Disponível em

<<http://laurikoskela.com/papers.asp>> . Acesso em 7 dez. 2012.

LAISERIN, Jerry. Comparing Pommés and Naranjas. **LaiserinLetter # 15** (2002)

<<http://www.laiserin.com>>. Acesso em 2 jan. 2012.

MARCOS, Micheline H. C. Análise da emissão de CO2 na fase pré-operacional da construção de habitações de interesse social através da utilização de uma ferramenta CAD-BIM. Curitiba, 2009. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná.

MELHADO, Silvio Burrattino et al. **Coordenação de projetos de edificações**. Primeira edição. São Paulo: O Nome da Rosa, 2005. 117 p.

MONTEIRO F., Dulce Corrêa Monteiro; COSTA, Ana Cristina Rodrigues da; FALEIROS, João Paulo Martin. **Construção civil no Brasil: investimentos e**

desafios: PERSPECTIVAS DO INVESTIMENTO 2010-2013. Disponível em:

<http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/liv_perspectivas/09_Perspectivas_do_Investimento_2010_13_CONSTRUCAO_CIVIL.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2012.

MOTTA, Silvio R. F.; ANDERY, Paulo R. P.; AGUILAR, Maria T. P. Um Modelo de

Inserção da Sustentabilidade no Processo de Produção da Edificação. **Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído**. Anais PPG-AU EESC USP, pp. 421-431, ANTAC, São Paulo, 2009.

NASCIMENTO, L. A.; SANTOS, E. T. A indústria da construção na era da informação. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 69-81, jan./mar.2003.

NASCIMENTO, A. F.; LÜKE, W. Gestão da Informação de Infraestrutura e Edificações no setor público. Disponível em <http://communities.autodesk.com/brazil/uploads/aubr-2012/AUBR2012_11_Apostila.pdf>. Acesso em 7 dez. 2012.

NIBS. **National Building Information Modeling Standard**. National Institute of Building Sciences, 2007, 183 p.

OLIVEIRA, Marina R. Modelagem virtual e prototipagem rápida aplicadas em projeto de arquitetura. 2011. 140p. **Dissertação (Mestrado)** - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

PHILIPPSEN L. A. FABRICIO M. M. **Avaliação da gestão e coordenação de projetos – aspecto qualidade – de obras públicas vinculadas à Lei n.º 8.666/93**. In: Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído X Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios. 2. , 2011, Rio de Janeiro.

PROTÁZIO, J. V. B.; RÊGO R. M. Estudo e avaliação de tecnologias BIM para projeção em arquitetura, engenharia e construção. IFPE – INSTITUTO FEDERAL DE PERNAMBUCO. 2010

SABOL, L. **Challenges in cost estimating with Building Information Modeling**. IFMA World Workplace. 2008.

SACKS R. et. al. Desenvolvimento e Aplicação de Indicadores de Desempenho na Análise e Melhoria da Gestão do Fluxo de Informações do Processo de Projeto em Bim. In: **V Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção – TIC**. Salvador, ago. 2011.

SANTOS, Adriana De Paula Lacerda; WITICOVSKI, Lilian Cristine; GARCIA, Luciana Emilia Machado. A utilização do BIM em projetos de construção civil. **IJIE – Iberoamerican Journal Of Industrial Engineering / Revista Iberoamericana de Engenharia Industrial / Revista Iberoamericana de Ingeniería Industrial**, Florianópolis: Universidade de Santa Catarina, v. 1, n. 2, p.24-42, dez. 2009. Semestral.

SCHEER, S., ITO, A., AYRES FILHO, C. A., AZUMA, F., BEBER, M. **Impactos do uso do sistema CAD geométrico e do uso do sistema CAD-BIM no processo de projeto em escritórios de arquitetura**. VII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios. Curitiba: UFPR, 2007. 7 p.

SCHEER, S., AYRES FILHO, C. G. **Abordando o BIM em níveis de modelagem**. IX Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios. Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto na Construção de Edifícios. São Carlos-SP: Universidade de São Paulo, 2009.

SILVA, P. G.; COSTA, S. R. R. **Gerenciamento de projetos em instituições públicas: um estudo de caso**. Disponível em <[http://www.aedb.br/seget/artigos10/307_GERENCIAMENTO%20DE%20PROJETOS%20EM%20INSTITUICOES%20PUBLICAS%20UM%20ESTUDO%20DE%20CASO\[1\].pdf](http://www.aedb.br/seget/artigos10/307_GERENCIAMENTO%20DE%20PROJETOS%20EM%20INSTITUICOES%20PUBLICAS%20UM%20ESTUDO%20DE%20CASO[1].pdf)>. Acesso em: 15 de jan. de 2013.

SILVA, Júlio C. B.; AMORIM, Sergio R. L. A Contribuição dos sistemas de classificação para a tecnologia BIM – uma abordagem teórica. **V Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção – TIC**. Universidade Federal da Bahia, UFBA, Salvador, 2011.

SILVAJUNIOR, Homero. A experiência de Implementação do Sistema de Ambiente Colaborativo SISAC para a Gestão de Projetos em uma Entidade Pública. Belo Horizonte, 2009. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais.

SJÖSTRÖM, Ch. **Durability and sustainable use of building materials**. In: **Sustainable use of materials**. J.W. Llewellyn & H. Davies editors. [London BRE/RILEM, 1992.

SMITH, Dana K.; TARDIF, Michael. **Building Information Modeling: a Strategic Implementation Guide for Architects, Engineers, Constructors, and Real Estate Asset Managers**. 186 pp. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, USA, 2009.

SOUZA, A. L. R.; MACIEL, L. L.; MELHADO, S. B. O processo de projeto dos edifícios. In: **Workshop tendências relativas da qualidade na construção de edifícios**, Anais. São Paulo: EPUSP, 1997, p. 46-48.

SOUZA, L. A.; AMORIM, S.R. L.; LYRIO, A. M. Impactos do uso do BIM em escritórios de arquitetura: oportunidades no mercado imobiliário. **Gestão e Tecnologia de Projetos**. São Paulo, v. 4, n. 2, Nov. 2009.

STHELING, Miguel Pereira. A utilização de modelagem da informação da construção em empresas de arquitetura e engenharia de Belo Horizonte. Belo Horizonte, 2012.

Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Universidade Federal de Minas Gerais.

VALENTE, Cesar A. V.; SALES, Adriano A.; KATER, Marcel; RUSCHEL, Regina C. Uma Leitura Visual do tema BIM no período de 2005-2010 nas revistas AECBYTES e ITCON. **V Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção – TIC**. Universidade Federal da Bahia, UFBA, Salvador, 2011.

VEIGA, Ana Cecília R.; ANDERY, Paulo R. P. Ambientes Colaborativos Computacionais: SADP, SISAC e Buzzsaw em análise Software for collaborative design: SADP, SISAC and Buzzsaw under analyses. **SBQP 2009 Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído IX Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios**. São Carlos, SP – Brasil Universidade de São Paulo, ANTAC, São Carlos, SP, 2009

WOLYNEC, E. O novo conceito de gestão pública. <<http://www.techne.com.br>>. Acessado em: 15 jan. 2013.

5. ANEXOS