

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Bruna Sara Bottega

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DO USO DA TECNOLOGIA BIM
SOBRE A COORDENAÇÃO DE PROJETISTAS**

Porto Alegre
junho 2012

BRUNA SARA BOTTEGA

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DO USO DA TECNOLOGIA BIM
SOBRE A COORDENAÇÃO DE PROJETISTAS**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Eduardo Luis Isatto

Porto Alegre
junho 2012

BRUNA SARA BOTTEGA

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DO USO DA TECNOLOGIA BIM
SOBRE A COORDENAÇÃO DOS PROJETISTAS**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 13 de julho de 2012

Prof. Eduardo Luis Isatto
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientador

Profa. Carin Maria Schmitt
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Ernani Freitas de Magalhães (UFRGS)
M. Sc. Pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof.a Caroline Kehl (UFRGS)
M. Sc. Pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Eduardo Luis Isatto (UFRGS)
Dr. Pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a meus pais, Paulino e Helena, que sempre me apoiaram e especialmente durante o desenvolvimento do meu Curso de Graduação estiveram ao meu lado. Também, ao meu namorado, Diego, que durante este período foi tão paciente e compreensível.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Eduardo Luis Isatto pela dedicação, empenho e comprometimento dispensados, fundamentais para que este trabalho fosse realizado.

Agradeço a Prof. Carin Maria Schmitt, pela grande dedicação ao ajudar a dar forma a este trabalho.

Agradeço aos profissionais que me incentivaram e auxiliaram a compreender o assunto discutido.

Agradeço aos meus colegas de graduação, grandes amigos, por sempre estarem ao meu lado.

Agradeço a minha irmã Anne, sempre parceira e motivadora, e, também ao Giovani, grande incentivador à Engenharia.

Agradeço aos colegas da Melnick Even, que me proporcionaram um ambiente de constante aprendizado.

Não há nada que seja maior evidência de insanidade do
que fazer a mesma coisa dia após dia
e esperar resultados diferentes.

Albert Einstein

RESUMO

O desenvolvimento do setor da construção civil depende, dentre outros, do aprimoramento do processo de projeto, já que a qualidade do produto está diretamente ligada à qualidade do projeto. As dependências entre os profissionais envolvidos durante o desenvolvimento dos projetos devem ser adequadamente coordenadas, para que seja possível respeitar os prazos, não perder informações e elaborar projetos de qualidade. A utilização de recursos computacionais auxilia nesta tarefa porém, as ferramentas CAD, tradicionalmente utilizadas, apenas substituem as antigas pranchetas de desenho, registrando e armazenando informações graficamente. Visando desenvolver o setor e buscando minimizar a dificuldade de organizar a informação e de interpretar as representações, uma nova tecnologia está sendo proposta: BIM (*Building Information Modeling*). Este conceito propõe uma reformulação no atual modo de projetar. O modelo é composto de várias dimensões e disponibiliza as informações do empreendimento a todos intervenientes, a qualquer momento, e, de qualquer lugar. Para obter melhores resultados no processo de projeto, além de utilizar um *software* que gere o modelo, é preciso adaptar todo o sistema. Assim, para que os profissionais interessados em utilizar o BIM em suas empresas para desenvolverem os projetos de edificações estejam conscientes das principais questões a serem adequadas, além da base tecnológica, este trabalho, desenvolvido através de revisão bibliográfica e opiniões de profissionais envolvidos na área de processo de projeto, trata dos efeitos do uso da tecnologia BIM sobre a coordenação dos projetistas. Estes efeitos interferem no modo como atualmente projeta-se, sendo necessário adaptar o modo de contratação visando estimular a colaboração, estipular os pacotes de trabalho a serem entregues seguindo as novas fases do processo de projeto e nível de detalhamento estipulado, optar por algum sistema de compartilhamento adequado as características do modelo e adaptar o sistema e registro de histórico de alterações do projeto, entre outras questões. Portanto, a cultura de desenvolvimento de projetos deve ser adequada. Cada projeto e empresa empreendedora apresentam diferentes características, que devem ser avaliadas para desenvolver um modelo de coordenação apropriado, capaz de extrair o máximo de aproveitamento da ferramenta.

Palavras-chave: Processo de Projeto. BIM. Contratação. Organização. Colaboração.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama das etapas da pesquisa	15
--	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Definições do nível de detalhamento	40
Quadro 2 – Comparativo de <i>softwares</i> para modelagem paramétrica	43
Quadro 3 – Caracterização dos profissionais citados	49

LISTA DE SIGLAS

Abece – Associação Brasileira de Cálculo Estrutural

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

Abrasip – Associação Brasileira de Engenharia de Sistemas Prediais

AGESC – Associação Brasileira dos Gestores e Coordenadores de Projeto

AIA – *American Institute of Architects*

Asbea – Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura

BIM – *Building Information Modeling*

CAD – *Computer Aided Desing*

CC – *California Council*

EAP – Estrutura Analítica de Projeto

ES – Engenharia Simultânea

IFC – *Industry Foundation Classes*

IPD – *Integrated Project Delivery*

LAN – *Local Area Network*

LOD – *Level Of Detail*

MCA – *Model Component Author*

MPS – *Model Progression Specification*

TI – Tecnologia da Informação

WAN – *Wide Area Network*

WBS – *Work Breakdown Structure*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	14
2.1 QUESTÃO DA PESQUISA	14
2.2 OBJETIVO DA PESQUISA	14
2.3 PRESSUPOSTO	14
2.4 DELIMITAÇÕES	14
2.5 LIMITAÇÕES	15
2.6 DELINEAMENTO	15
2.6.1 Pesquisa bibliográfica	16
2.6.2 Descrição das questões de interesse	16
2.6.3 Coleta de opiniões	16
2.6.4 Discussões dos resultados	17
2.6.5 Considerações finais	17
3 PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	18
3.1 PROJETO	18
3.2 PROCESSO DE PROJETO	20
3.3 COORDENAÇÃO DO PROCESSO DE PROJETO	22
3.3.1 Contratação	23
3.3.2 Organização	25
3.3.3 Colaboração	26
4 TECNOLOGIAS DE SUPORTE À COORDENAÇÃO DO PROCESSO DE PROJETO	30
4.1 TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO PARA SUPORTE À COLABORAÇÃO NO PROCESSO DE PROJETO	31
4.2 FERRAMENTAS CAD	33
4.3 FERRAMENTAS BIM	34
4.3.1 Vantagens da utilização	36
4.3.2 Possibilidades de arquitetura	37
4.3.3 Interoperabilidade	41
4.3.4 Compartilhamento do modelo	45
5 EFEITOS DO USO DE BIM NA COORDENAÇÃO DOS PROJETISTAS	48
5.1 OPINIÕES DE PROFISSIONAIS ENVOLVIDOS	49
5.1.1 Contratação	50

5.1.2 Organização	55
5.1.3 Colaboração	57
5.2 DISCUSSÕES DOS RESULTADOS	59
5.2.1 Contratação	60
5.2.2 Organização	61
5.2.3 Colaboração	62
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
REFERÊNCIAS	66

1 INTRODUÇÃO

O grande crescimento do setor da construção civil no Brasil tem exigido das construtoras obras rápidas e a baixo custo. Para se manterem no mercado, as empresas encurtam prazos, atropelam etapas e fazem o possível para diminuir o custo das edificações. Visando a continuidade e lucratividade destas empresas, nestas condições, é fundamental reduzir o retrabalho durante a execução. Este pode ser gerado por incompatibilidades ou deficiências de projetos, bem como pela dificuldade de compreensão dos projetos por parte dos executores. Neste contexto, observa-se a importância do processo do projeto na construção civil. Nesta fase, define-se produto, técnicas e materiais que serão utilizados e cria-se a representação de todas as informações necessárias para aprovação e futura construção do empreendimento.

O processo de projeto envolve o trabalho conjunto de diversos profissionais colaborando entre si. Segundo Ferreira (2007), pode-se visualizar o projeto como uma forma organizada de informações, sendo que estas devem ser compartilhadas entre todos os intervenientes da elaboração do mesmo. No modelo tradicionalmente utilizado, as informações são representadas em desenhos, em duas dimensões (2D), de modo simplificado, distribuídas em várias pranchas, convergindo para um coordenador de projetos, o qual fica responsável pela verificação de compatibilidade entre o trabalho de diferentes projetistas e também por gerenciar o andamento do projeto. Com este modelo, transformar um conjunto de desenhos/representações em um projeto executável com um reduzido número de falhas torna-se um trabalho complexo e bastante dispendioso.

Devido à grande quantidade de informações geradas durante as atividades que compõem as ações voltadas à obtenção do objetivo proposto, ou seja, durante o processo de projeto, fica clara a necessidade de utilizar recursos computacionais. A coordenação do processo de projeto das empresas busca organizar, armazenar e compartilhar os dados entre todos os intervenientes, de forma que todos entendam e recebam as informações na hora correta, de modo eficiente. Atualmente existem métodos e *softwares* que auxiliam, porém todos se deparam com a dificuldade de trocar e compartilhar informações. Visando melhorar o desempenho do processo, atualmente apresenta-se uma nova proposta: modelar as construções agregando informação aos elementos.

Este conceito é o BIM (*Building Information Modeling*), que possibilita ao projetista construir virtualmente a edificação, organizando em um único modelo eletrônico grande parte das informações relacionadas ao projeto da obra, as quais podem ser acessadas por todos envolvidos a qualquer momento (CONSTRUÇÃO..., 2007). Esta tecnologia também permite que alterações sejam transmitidas a todos os desenhos, já que são gerados automaticamente a partir de um único modelo eletrônico. Outro dos grandes benefícios apontados é a compatibilização de diferentes especialidades de projetos, tornando mais fácil e eficaz a verificação de interferências entre diferentes sistemas utilizados (*clash detection*).

O conceito de BIM é poderoso e facilitará o processo do projeto, mas infelizmente o País ainda não possui tecnologia e metodologia suficientes para fazê-lo funcionar plenamente (POR DENTRO..., 2011). A tecnologia BIM não é somente um novo *software* que pode facilitar o processo de projeto, é um novo método de projetar. As vantagens e benefícios decorrentes do seu uso são muitas e consideráveis. Entretanto, para que as empresas atinjam um nível de aproveitamento satisfatório é fundamental que estejam preparadas para lidar com as alterações que a tecnologia impõe ao processo.

Questões referentes à coordenação entre os profissionais envolvidos devem ser avaliadas. Atividades passam a ser simultâneas, fazendo com que o fluxo de informações se altere. O que deve ser entregue à empresa, de que forma e em que prazo compõe a dificuldade de determinar o conteúdo dos pacotes de trabalho (*deliverables*). Também, o nível de evolução dos projetos, para poderem ser efetuados pagamentos pelo trabalho desenvolvido e também cobranças, em caso de atrasos, deve ser verificado de modo diferente. E, a grande exposição e divulgação dos elementos do projeto comprometem o resguardo da propriedade intelectual.

Este trabalho foi desenvolvido visando esclarecer às empresas da construção civil que decidam utilizar a tecnologia BIM os efeitos gerados sobre a coordenação dos projetistas. Questões como as destacadas acima foram abordadas tendo como referência a revisão bibliográfica e informações a respeito do uso do BIM oriundas da opinião e experiência de diversos profissionais da área. No segundo capítulo, apresentam-se as diretrizes da pesquisa, que envolvem as limitações, delimitação e pressuposto, condições de contorno da pesquisa desenvolvida.

O capítulo 3 trata do processo de projeto na construção civil. A necessidade do projeto por parte da sociedade pode ser visualizada através do primeiro item, que discorre sobre sua

origem e finalidade. Em seguida, o processo de projeto é definido e detalhado. E, em decorrência das características descritas nos itens anteriores, a necessidade da coordenação do processo de projetos é evidenciada. Deste modo, no terceiro ponto, a importância da coordenação é ressaltada e a contratação, organização e colaboração com o uso de ferramentas *Computer Aided Desing*, CAD são descritas, para possibilitar posterior avaliação.

Na continuidade do trabalho, descrevem-se as tecnologias que dão suporte à coordenação do processo de projeto. Através de revisão bibliográfica, o capítulo 4 apresenta a relevância da tecnologia da informação para a construção civil, tendo a indicação de seu desenvolvimento até os dias atuais. Na sequência, as atuais ferramentas CAD são apresentadas, conforme a tradicional utilização. E, na continuidade do capítulo, a tecnologia BIM é tratada de forma a destacar seus benefícios e também pontos de possíveis dificuldades de utilização.

No quinto capítulo são apresentadas opiniões de profissionais da área coletadas e organizadas de forma a permitir uma avaliação dos mesmos aspectos relatados nos capítulos anteriores. E por fim, o capítulo 6 é reservado às conclusões e considerações finais do trabalho.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa do trabalho é: como o uso da tecnologia BIM afeta as atividades de coordenação dos projetistas que atuam no projeto de um empreendimento de construção, em relação ao uso de ferramentas CAD?

2.2 OBJETIVO DA PESQUISA

O objetivo do trabalho é avaliação dos efeitos do uso da tecnologia *BIM* sobre as atividades de coordenação dos projetistas que atuam no projeto de um empreendimento de construção, em relação ao uso de ferramentas CAD.

2.3 PRESSUPOSTO

O trabalho tem por pressuposto que o BIM seja utilizado por intervenientes treinados, que possuam conhecimento para utilizar as ferramentas oferecidas pelos *softwares*.

2.4 DELIMITAÇÕES

O presente trabalho aborda somente empreendimentos de construção residenciais e comerciais da perspectiva de uma construtora, restringindo-se aos aspectos do processo de projeto (desenvolvimento de produto) que tratam da coordenação entre os projetistas. Não considera, portanto, interações entre a equipe de projeto e outros atores do empreendimento, como por exemplo, as equipes de execução da obra.

2.5 LIMITAÇÕES

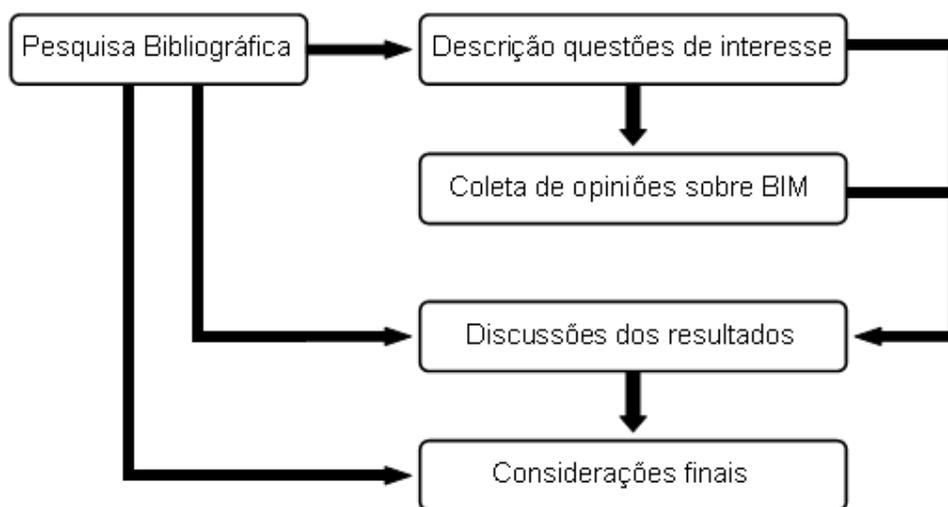
A principal limitação deste trabalho reside em que o mesmo se baseia somente em dados oriundos da pesquisa bibliográfica e opiniões de profissionais da área. O uso da tecnologia BIM é recente e ainda incipiente no País, o que reflete na dificuldade de se obterem casos de uso para acompanhamento. Uma situação real de uso da tecnologia BIM permitiria a obtenção de informações mais ricas sobre a coordenação dos projetistas.

2.6 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através das etapas apresentadas a seguir que estão representadas na figura 1 e descritas nos próximos itens:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) descrição de questões de interesse;
- c) coleta de opiniões;
- d) discussões dos resultados;
- e) considerações finais.

Figura 1 – Diagrama das etapas da pesquisa



(fonte: elaborada pela autora)

2.6.1 Pesquisa bibliográfica

A etapa intitulada pesquisa bibliográfica é a fase em que a autora do presente trabalho buscou embasamento teórico para o assunto abordado. O aprofundamento do conhecimento sobre projetos, processo de projeto, coordenação do processo de projeto, tecnologia da informação, ferramentas CAD e ferramentas BIM foi obtido através da leitura e interpretação de livros, teses, dissertações, artigos e também com o auxílio de professores e profissionais da área de coordenação de projetos.

2.6.2 Descrição das questões de interesse

Durante a pesquisa bibliográfica, alguns itens, de interesse do trabalho, foram aprofundados. Assim como na etapa anterior, a autora buscou informações em livros, teses, dissertações, artigos e auxílio de professores e profissionais da área. Porém, nesta etapa de descrição, temas relacionados à coordenação dos profissionais envolvidos no processo de projeto são abordados. Somente questões referentes ao uso das ferramentas CAD foram descritas, seguindo uma organização de áreas, contendo contratação, organização e colaboração.

2.6.3 Coleta de opiniões

A mesma organização utilizada durante a revisão bibliográfica sobre coordenação com ferramentas CAD foi seguida para alinhar as opiniões coletadas. Estas foram retiradas do BIM Forum Brasil do *Linked In*¹, um fórum de discussões a respeito da utilização do BIM no País, disponibilizado na *internet* a todos os interessados, no qual diversos profissionais envolvidos no setor da construção civil, com interesse em utilizar efetivamente o BIM, trocam ideias e discutem assuntos específicos. Atualmente, no Brasil, não se tem exemplos concretos de utilização em empresas. Portanto, as opiniões são embasadas em experiências de outros países, tentativas próprias de uso e análises bibliográficas.

¹ BIM Forum Brasil, do LinkedIn. Disponível em: <<http://www.linkedin.com/groups/BIM-Forum-Brasil-3736307>>.

2.6.4 Discussões dos resultados

Tendo todo embasamento teórico proporcionado pela pesquisa bibliográfica, descrição das questões de interesse e análise das opiniões dos profissionais envolvidos, foi realizada uma comparação entre os sistemas. Evidenciaram-se pontos positivos e negativos da coordenação dos projetistas atuando com ferramentas CAD e BIM. Estas discussões permitem ao leitor ter uma visualização das dificuldades com que pode se deparar ao iniciar um processo de projeto com BIM e também de práticas recomendadas para contornar as situações.

2.6.5 Considerações finais

Após desenvolver as etapas de pesquisa bibliográfica, descrição das questões de interesse, coleta de opiniões e discussões a respeito das opiniões, a autora desenvolveu uma síntese do trabalho. Nesta, foram ressaltados os efeitos do uso da tecnologia sobre a coordenação dos projetistas que atuam no processo de projeto com ferramentas BIM, de forma que as empresas possam avaliar a viabilidade do emprego do novo conceito de projeto em comparação a situação tradicional.

3 PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Atualmente a construção civil sofre uma explosão na demanda, já que a economia brasileira vive um período de estabilidade e oferta de crédito imobiliário. Visando manter-se no mercado, as empresas do setor buscam melhorar sua competitividade através de maiores níveis de qualidade e produtividade. Para tal, a aplicação de novas tecnologias em canteiro de obras e novas metodologias de gestão são fortes aliadas.

No contexto, ressalta-se a importância do projeto, que exige a coordenação do trabalho de diversos projetistas. Cada um possui a tarefa de conciliar as especificidades indicadas por empreendedor, usuários, setor de suprimentos, investidores e demais envolvidos.

No desenvolvimento dos projetos que compõem o empreendimento, um grande volume de informações é gerado de forma dispersa, resultando na dificuldade de compartilhar de modo compreensível e adequado às necessidades de cada interveniente as informações que são fundamentais ao desenvolvimento do projeto.

O projeto repercute na qualidade das edificações, percepção dos clientes e interfere diretamente no custo dos empreendimentos. Para ter-se um bom produto final, com acréscimo de competitividade à empresa construtora, aliada ao bom desenvolvimento dos projetos, o processo deve ser desenvolvido ordenadamente, em uma sequência de fases até a sua conclusão, com ferramentas e coordenação adequadas. A seguir, o processo de projeto é abordado através de suas principais características.

3.1 PROJETO

O processo histórico da civilização levou o homem a viver e trabalhar em um mesmo local e para isso, abrigos começaram a ser construídos. Desde sua origem, a atividade de construção de edifícios sofreu grandes alterações e o empirismo já não pode mais ser aceito. Segundo Silva (1984, p. 17):

[...] o projeto não é apenas uma decorrência do processo de racionalização ou aperfeiçoamento das atividades humanas, mas também consequência da instituição

da divisão social do trabalho e dos mecanismos de atribuição e distribuição de responsabilidades.

Observa-se assim, que o processo evolutivo tornou o projeto um instrumento fundamental para qualquer atividade de alteração e geração de produtos e serviços. A organização da sociedade e a crescente especialização dos profissionais exigem que as informações sejam registradas e, então, compartilhadas.

Os projetos surgem da necessidade de produzir algo novo. São compostos pelo registro de informações, necessárias para a posterior execução. A exemplo da escrita, que surgiu para representar a fala, os símbolos gráficos surgiram para representar as obras a serem construídas ou mesmo as existentes. Assim, o modo de representar através de desenhos as ideias dos intervenientes torna-se a base produtiva do processo de projeto.

As representações não podem deixar margem para ambiguidades e arbitrariedades, assim, o desenho técnico, normatizado pela Associação Brasileira de Norma Técnicas (ABNT), torna-se fundamental ao setor. Ainda, Silva (1984) conclui que o projeto pode ser visto como um instrumento adotado para evitar a surpresa e o desconhecido para todos os intervenientes. Para isso, é preciso antecipar a configuração que a obra assumirá, de modo a prescrever a possibilidade do inesperado e de suas consequências, frequentemente indesejáveis.

Esta definição mostra que é possível, através do projeto, prever situações e tomar decisões para preveni-las ou valorizá-las, de acordo com o objetivo final, de modo a atingir o produto proposto com menor dispêndio. Este modo de ver o projeto pode trazer vantagens competitivas às empresas do setor, já que prevendo situações pode-se evitar retrabalho. Esta questão é confirmada por Oliveira (2004, p. 202):

Sabe-se que o projeto tem influência determinante sobre o desempenho de uma edificação em seu uso. Mais que isso, ele determina grande parte da possibilidade de ganhos financeiros reais durante sua construção, por meio da redução do desperdício e das patologias construtivas e por meio da melhoria da imagem das empresas integrantes do empreendimento imobiliário, proporcionando aumento no número de vendas, fidelização de clientes, etc.

Com o exposto pelo autor e tendo em mente o potencial de influenciar e definir características do empreendimento, interferindo na satisfação dos usuários finais, o projeto torna-se um importante instrumento para viabilizar e garantir a sobrevivência das organizações.

Algumas características específicas permitem maior compreensão do projeto. Segundo Cavalieri e Dinsmore (2007), o projeto possui duração limitada, objetivos definidos, exclusividade, progressão e restrições múltiplas: o projeto termina ao atingirem-se os objetivos para os quais foi criado, envolve a realização de alguma coisa que jamais tenha sido realizada anteriormente, conforme é mais bem compreendido, maior é seu detalhamento e é dependente de relações entre custo, tempo e qualidade.

Neste contexto, fica clara a necessidade de valorização do projeto pelas empresas do ramo da construção civil. Melhado e Agopyan (1995) afirmam que é na fase inicial do empreendimento que são tomadas as decisões que possuem maior capacidade de influenciar a qualidade e o custo final do produto. Assim, o empreendedor pode obter qualidade com custos reduzidos e execuções rápidas através da valorização desta fase. Também, pode-se observar pelas características apontadas, e já que são muitas as condicionantes que delimitam um projeto, que para desenvolvê-lo, atividades organizadas devem existir.

3.2 PROCESSO DE PROJETO

Para atingir o objetivo proposto pelo projeto o seu processo de realização deve ser adequadamente gerenciado, ou seja, as ações realizadas para desenvolver o projeto devem ser coordenadas. Melhado e Agopyan (1995) concordam com outros autores na divisão de atividades no processo de projeto, sendo composto pela concepção, planejamento, análise, seleção e síntese final. Estas atividades devem produzir subsídios para a posterior execução. É possível ver que a divisão das atividades do processo de projeto segue um ordenamento cronológico, que se justifica no fato da dependência entre elas. Observa-se que muitas vezes, devido a prazos apertados, as empresas se vêem obrigadas a suprimir ou sobrepor algumas etapas, comprometendo o bom desenvolvimento das demais.

Os mesmos autores consideram que os dados de saída de um processo de projeto compreendem as soluções que foram adotadas e mostram como deve ser o produto, produzido através de especificação de componentes, arranjos, dimensões e detalhes. É durante a fase de projeto de um empreendimento que as decisões referentes aos materiais e às técnicas que serão utilizados em obra são tomadas. Além disso, as representações necessárias à construção são elaboradas, sendo que se os elementos não ficarem claros ou apresentarem

incompatibilidades, durante a execução os problemas serão encontrados. Existe, portanto, uma relação direta entre qualidade de projeto e qualidade do produto.

Também, segundo Fabricio et al. (1999, p. [1]):

[...] o processo de projeto não deve ser tratado como uma etapa isolada e estanque às demais atividades que compõem a produção de edifícios e a vida do empreendimento. Durante o seu desenvolvimento deve ser considerado as exigências dos usuários, dos empreendedores, dos projetistas, da construtora e do setor de suprimentos, devem ser considerados e incorporados ao processo de projeto.

Observa-se assim a dependência entre diversos intervenientes que possuem exigências, ideias, modos de interpretar e opiniões diferentes. Isto traz dificuldade ao processo, pois além de ter que conciliar as exigências de diversas áreas, deve conseguir divulgar os resultados de modo acessível a todos.

O exposto acima é igualmente afirmado por Melhado e Agopyan (1995, p. 9), ao ressaltarem que “A atividade de projeto deve estar integrada com o conjunto das atividades vinculadas ao empreendimento e às relações externas da empresa [...]”. Destaca-se a importância deste quesito no processo de projeto, pois a desconsideração destes fatores de dependência gera consequências diretas sobre a percepção dos usuários. Isto pode, portanto, tornar-se um problema para a empresa, no caso de não integração, ou um potencial de concorrência no caso de integração.

Além disso, na indústria da construção civil, o processo produtivo é bastante fragmentado e exige a participação de diversas equipes especializadas para projetar. Fabricio et al. (1999) acreditam que essa visão mais abrangente, em que fica evidente a necessidade da participação dos demais envolvidos na produção, manutenção e uso dos edifícios, é cada vez mais necessária, já que o setor vive num ambiente de crescente competitividade e busca mudar radicalmente a sua imagem de ser um setor pouco eficiente e gerador de enormes desperdícios.

Ainda, segundo Fabricio et al. (1999), o atual desenvolvimento do projeto acontece a partir da sucessão de diferentes etapas, que possuem níveis crescentes de detalhamento. Desta forma, a liberdade de decisões entre alternativas vai sendo substituída pelo amadurecimento e desenvolvimento das soluções adotadas ao mesmo tempo em que o projeto se dirige ao detalhamento das especialidades. Observado de perto, percebe-se que este processo é linear e

dependente das etapas anteriores. Com uma grande quantidade de projetistas, entretanto, surge dificuldade em manterem-se todos os projetos num mesmo nível de maturação. Caso isso não ocorra, a alteração de um projeto pode implicar em retrabalho para outro.

3.3 COORDENAÇÃO DO PROCESSO DE PROJETO

Como visto anteriormente, o processo de projeto é complexo, envolve diversos intervenientes, informação dispersa e soluções projetuais em diferentes níveis de maturação e dependentes entre si. Para dar suporte ao seu desenvolvimento, é fundamental coordenar o processo. Caso isto não ocorra, pode-se ter aumento no custo da obra, já que as soluções adotadas não são otimizadas, pode haver falta de detalhamento e erros em projetos e até mesmo interferências entre diferentes especialidades. Em outras palavras, as atividades dos diversos profissionais envolvidos devem ser adequadamente programadas e controladas, bem como o trabalho desenvolvido deve ser verificado, para que fique de acordo com as diretrizes da empresa contratante.

Toda empresa depende de seus funcionários ou profissionais terceirizados, que precisam ser adequadamente gerenciados para que consigam desenvolver projetos de forma eficiente. Na construção civil, especificamente no desenvolvimento de projetos, esta gerência pode ser exercida por equipe interna à empresa, pela empresa responsável pelo desenvolvimento do projeto arquitetônico do empreendimento ou por profissionais/empresas contratadas para exercer esta função. De qualquer modo, cabe ao coordenador identificar as necessidades, planejar um modo de atendê-las e controlar o trabalho desenvolvido pelos profissionais envolvidos.

Assim, a coordenação ganha duas principais atividades: gerenciamento e compatibilização. O primeiro é voltado ao processo, e consiste em planejar e controlar todas as atividades que devem ser desenvolvidas pelos projetistas. A administração dos prazos para que se atinja os objetivos estabelecidos inicialmente, tomada de decisões gerenciais como liberação de novas fases de desenvolvimento e aplicação de ações corretivas, quando necessário, também compõem as atribuições do gerenciamento do processo de projeto. Por outro lado, a compatibilização é uma atividade mais técnica e voltada ao produto, na qual cabe ao coordenador atestar se diversos sistemas e soluções dimensionados são compatíveis e poderão

ser executadas com as condições impostas pela empresa (SILVA; SOUZA², 2003 apud MOURA, 2005).

Segundo Isatto (2005), a coordenação deve levar em conta diversas dimensões simultaneamente, as quais devem ser consideradas em seu conjunto e não isoladamente. Para descrever e planejar a coordenação, o autor sugere 3 dimensões: cooperação, organização e colaboração. A primeira trata da coordenação dos interesses e objetivos dos atores e, como consequência, da sua disposição em cooperar e, neste trabalho, será tratada através da contratação dos profissionais envolvidos. A organização, trata da forma como as tarefas são subdivididas, definição do escopo de cada atividade e da maneira como tais atividades são distribuídas entre os diferentes atores. E por fim, a colaboração diz respeito ao fluxo de trabalho e à forma como ele é desenvolvido coletivamente.

3.3.1 Contratação

Para assegurar a qualidade dos produtos, algumas atividades são fundamentais na coordenação do processo de projetos. Entre elas, destaca-se a necessidade de articular e ativar uma rede de compromissos entre os projetistas, estimulando uma relação de colaboração e reservando espaço para autonomia em seus trabalhos, para que o objetivo comum seja alcançado. Esta atividade deve iniciar o quanto antes for possível, já que o contato dos profissionais com o objetivo proposto pela organização interfere no seu desenvolvimento. Quanto antes o conhecerem, maiores serão as chances de estabelecer um ambiente colaborativo.

Esta necessidade de contato com o produto é fundamental para que os projetistas conheçam bem a ideia, participem da tomada de decisões enquanto estas não representam retrabalhos significativos e possam ficar imersos no projeto, a fim de prever todas as possibilidades indesejadas. Isto deve acontecer de modo organizado, para que o projetista consiga trabalhar em tarefas que realmente tenham significado e que serão utilizadas posteriormente, já tendo os critérios estabelecidos pela empresa empreendedora.

² SILVA, M. A. C.; SOUZA, R. **Gestão do processo de projeto de edificações**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2003.

Melhado e Agopyan (1995) ressaltam o fato ao afirmarem que para ter maior eficácia, os especialistas devem ser colocados em contato com o caso quanto antes for possível, de maneira orientada, a partir de um conjunto de diretrizes com a priorização das tarefas baseada nos objetivos do empreendimento e critérios voltados à qualidade. Os autores deixam clara a necessidade do gerenciamento desde o primeiro contato com o objetivo proposto.

Isto se justifica pelo fato de que os projetistas, na grande maioria dos casos, não trabalham exclusivamente para uma empresa, mas são contratados apenas para desenvolver o projeto a cada novo empreendimento. Portanto, podem não conhecer os princípios e diretrizes da construtora que os contratou, além de não terem a base de projetos antigos, já desenvolvidos, para orientá-los em seu trabalho. Assim, sem a orientação e o controle impostos pela gerência, fica difícil para os profissionais externos trabalharem do modo que é esperado.

Como forma de contornar tais dificuldades, observa-se que redes de cooperação entre empresas se formam. Construtora e diversas empresas de projetos específicos passam a trabalhar conjuntamente para desenvolver o produto. Por estes motivos, contratos têm papel decisivo no sucesso do processo de projeto. Os mesmos devem prever todas as entregas do projetista, multas por atrasos, resguardo da propriedade intelectual, remuneração e demais questões condicionantes para o desenvolvimento do projeto específico. Com base no mesmo, é possível exigir resultados e, em caso de divergências, declarar as responsabilidades.

Os pacotes de trabalho e responsabilidades sobre eles, apesar de possuírem dependências entre os demais projetos, são bem definidos. Isto facilita a formulação do contrato, que pode variar para cada empreendimento, de acordo com as características. O problema atualmente está em lidar com as dependências. Caso o cronograma sofra alterações, deve existir consenso por ambas as partes. É comum que, por aguardar uma decisão de produto, determinado projetista tenha seu trabalho interrompido. Além disso, o atraso no desenvolvimento de determinada especialidade pode impactar diretamente sobre outra. Este instrumento deve ser elaborado com a maior abrangência possível, porém, os envolvidos devem estar preparados para trabalhar com imprevistos e cabe ao coordenador do processo orientar e estimular a cooperação.

3.3.2 Organização

Quais desenhos/pranchas devem ser geradas e seus prazos de entrega devem ser estipulados ainda na fase de contratação, para que, durante o desenvolvimento, não surjam indefinições, que possam comprometer seu andamento. Isso significa que o escopo do projeto em questão deve ser estipulado. Seguindo as fases de desenvolvimento do projeto e o conteúdo das entregas, ou *deliverables*, cria-se uma hierarquia de atividades que orientam inclusive o cronograma.

As fases de desenvolvimento estipuladas pela empresa contratante devem contemplar o crescimento do nível de detalhamento e ter tarefas definidas. Visando auxiliar profissionais da área, a Associação Brasileira dos Gestores e Coordenadores de Projeto, AGESC, desenvolveu um manual de escopo de serviços para a coordenação de projetos. Segmentados em essenciais, específicos e opcionais, indicam os dados necessários para seu desenvolvimento, descrição das atividades exercidas e os produtos gerados. Estas fases são (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS GESTORES E COORDENADORES DE PROJETO, 2010):

- a) concepção do produto,
 - levantamento de dados;
 - programa de necessidades;
 - estudo de viabilidade;
- b) definição do produto,
 - estudo preliminar;
 - anteprojeto;
 - projeto legal;
- c) identificação e solução de interfaces de projeto: projeto básico;
- d) detalhamento de projetos: projeto de execução;
- e) pós-entrega de projetos;
- f) pós-entrega da obra.

Seguindo esta escala de desenvolvimento do projeto, as atividades exigidas aos projetistas (*deliverables*) podem ser detalhadas de diversas maneiras. Cada empreendimento apresenta necessidades diferentes, exigindo entregas distintas. Uma das técnicas mais utilizadas atualmente é a estrutura analítica de projeto (EAP), ou, em inglês, *Work Breakdown Structure* (WBS). Sendo uma estrutura hierárquica, na forma de árvore, transforma o projeto em

pequenas tarefas gerenciáveis. Não descreve as dependências, mas indica o desdobramento das atividades que o compõe (OHYA, 2005).

Tendo a definição das atividades até o nível mais baixo do EAP, chegando aos pacotes de trabalho do projeto, pode-se estabelecer o sequenciamento, que trata diretamente das dependências. Como descrevem Silva et al. (2007, p. 108)

Os pacotes de trabalho são planejados em componentes menores, chamados de atividades do cronograma, para fornecer uma base para a estimativa, elaboração de cronogramas, execução e monitoramento e controle do trabalho do projeto. [...] O sequenciamento de atividades envolve identificação e documentação dos relacionamentos lógicos entre as atividades do cronograma.

Assim, ao contratar a equipe de projetistas, a empresa deve estipular o escopo do trabalho de cada um, com base na mesma sequência de desenvolvimento, e gerar um cronograma de entregas para ser seguido. O que cada prancha realmente deve conter e quais serão as entregas varia de acordo com as características do empreendimento e nem todas as fases são aplicadas a determinadas especialidades. Porém, devem ser verificadas para que durante o desenvolvimento do projeto não surjam questões que, por não estarem com a definição estipulada, passarão em branco, ou então, gerarão a necessidade de novos contratos ou aditivos.

3.3.3 Colaboração

A coordenação também é dependente de fatores comportamentais e assim, para atingi-la, cabe à empresa focar na coordenação do trabalho. Kalay et al.³ (1998 apud FABRICIO, 1999) enfatiza o fato ao afirmar que dentre as diversas formas de atingir a colaboração no processo de projeto, a articulação sequencial, onde as participações respeitam uma ordem de precedência, é a mais simples e tradicional. Assim, os participantes somente contribuem ao projeto com sua especialidade no momento em que for permitido e, seu trabalho passa a ser insumo para o seguinte, que também deve respeitar a ordem proposta.

³ KALAY, Y. E.; KHEMLANI, L. CHOI, J. W. An integrated model to support distributed collaborative design of buildings. **Automation In Construction**, n. 7, p. 177-188, 1998.

Percebe-se com o exposto que, para chegar à colaboração efetiva, as dependências entre as atividades que os diversos projetistas realizam devem ser identificadas e organizadas. Estas formam um modelo complexo, difícil de interligar em um padrão.

O mais simples e tradicional é o sequencial, porém as atividades realizadas pelos múltiplos agentes não se restringem a isto. Pode-se chegar a esta conclusão pensando em como de fato se desenvolve o processo de projeto. Primeiramente um projetista trabalha e compartilha as suas informações, com estas, outros projetistas iniciam seu trabalho. Até então, vê-se dependência sequencial, porém, a partir deste ponto, ao se analisar a rodada seguinte de trabalho, é possível perceber que o primeiro projetista precisa das informações geradas por todos demais envolvidos para ajustar seu projeto. Isto é observado por Fabricio et al. (1999, p. [2]), quando expõem ser “[...] comum que uma etapa de projeto de determinada especialidade dependa, para ser iniciada, do término de uma etapa de diferente especialidade, cujo grau de aprofundamento e maturação das decisões é equivalente ao da etapa (da outra especialidade) que se inicia.”.

A questão pode ser compreendida seguindo a classificação de Sánchez (2008), que separa as atividades do processo de projeto em dependentes e independentes. As independentes não trocam informações antes, durante ou após seu desenvolvimento. Podem ser realizadas em paralelo, sequência ou mesmo distribuição aleatória. Já as atividades dependentes são as que trocam informações antes, durante e após seu desenvolvimento. Esta dependência gera restrições recíprocas e a troca de dados parciais cria laços de interdependência que somente acabam ao se estabelecerem parâmetros suficientes.

As dependências, portanto, devem ser analisadas e gerenciadas. Se as restrições recíprocas geradas não forem coordenadas, podem comprometer o desenvolvimento do projeto. Crowston e Osborn⁴ (1991 apud ISATTO, 2005) tratam das mesmas de modo mais completo. Segundo os autores, as dependências entre atividades exigem algum tipo de gerenciamento e a forma mais adequada de coordenação depende do tipo existente. Eles indicam três grandes tipos de dependências: tarefa-recurso, tarefa-tarefa e recurso-recurso. Neste contexto, uma tarefa é equivalente a uma atividade de um pacote de trabalho e um recurso é um material, base fundamental de trabalho.

⁴ CROWSTON, K.; OSBORN, C. S. A coordination theory approach to process description and redesign. In: MALONE, T. W.; CROWSTON, K.; HERMAN, G. **Tools for Organizing Business Knowledge: the MIT process handbook**. Cambridge, MA: MIT Press, 1991.

O primeiro, dependência tarefa-recurso, refere-se a situações em que recursos são produzidos por uma tarefa e utilizados por outra, tarefas que compartilham recursos comuns, e que geram recursos comuns, consomem múltiplos recursos ou produzem múltiplos recursos. O segundo, dependência tarefa-tarefa, representa a necessidade de decomposição de uma tarefa em sub-tarefas hierarquizadas.

E por último, a dependência recurso-recurso, representa dois tipos. Um refere-se, do mesmo modo que a tarefa-tarefa, a decomposição de um recurso em componentes, fazendo com que o recurso somente possa ser utilizado se todos os componentes já estiverem presentes. Já o outro tipo diz respeito às dependências entre componentes, cuja redução é um dos principais objetivos do projeto.

De forma similar a classificação anterior, em que os tipos de coordenação devem ser compatíveis aos diferentes tipos de dependências entre atividades, Viana (2011) define quatro tipos de dependências a serem gerenciadas: recursos compartilhados, simultaneidade, fluxo e tarefa e sub-tarefa.

O gerenciamento de dependências de recursos compartilhados é necessário quando várias atividades compartilham o mesmo recurso. Pode existir o vínculo entre diversas atividades gerando o recurso comum ou, então, a necessidade do recurso comum para que diversas atividades sejam desenvolvidas. O recurso pode ser, por exemplo, um documento, dinheiro ou espaço. No caso da dependência do recurso comum, para que seja possível iniciar novas atividades, sendo possível compartilhá-lo, as atividades podem ser desenvolvidas simultaneamente. Entretanto, caso o recurso não possa ser compartilhado, é preciso tratar da urgência de cada atividade, já que somente será possível desenvolver uma de cada vez (VIANA, 2011).

Sendo necessário para tratar de situações criadas com a utilização de recursos compartilhados, o gerenciamento das dependências de simultaneidade surge para tratar dos casos em que diversas atividades precisam ser desenvolvidas ao mesmo tempo. Para tal, o recurso não pode ser comum e não compartilhável. Sendo comum, este recurso tem a obrigação de ser compartilhável para viabilizar o desenvolvimento das atividades. Não sendo um recurso comum não existe a obrigatoriedade de compartilhamento, entretanto, deve-se atentar para a disponibilidade de todos os recursos envolvidos (VIANA, 2011).

Quando uma atividade gera um produto que é utilizado em outra atividade, trata-se do tipo de gerenciamento de dependências de fluxo. Neste caso, a primeira atividade é a produtora e, a segunda, é a consumidora. Este tipo de dependência é influenciada pela disponibilidade dos recursos como tempo, local e quantidade e, pode apresentar três modelos de restrições. O primeiro, de pré-requisitos, onde a execução completa da primeira atividade é fundamental para o início da seguinte, sendo necessário notificar os envolvidos para que utilizem o recurso pronto. O segundo, de transferência, envolve situações em que é preciso encaminhar o produto desenvolvido pela primeira atividade até a próxima. Tratando da geração de informações, este transporte leva o nome de comunicação. Já o terceiro modelo, de usabilidade, lida com uma dependência um pouco menos óbvia, a de que tudo que for produzido deve ser utilizável pela próxima atividade (VIANA, 2011).

Já nos casos em que para atingir um objetivo maior a atividade é decomposta em diversas sub-tarefas, é preciso gerenciar as dependências entre tarefa e sub-tarefa. A necessidade se justifica no fato de que as pessoas podem visualizar novos objetivos, perdendo o foco na meta e possibilitando atrasos no desenvolvimento da tarefa proposta (VIANA, 2011).

Observa-se assim, que o trabalho de coordenação do processo de projeto não é simples. As dependências podem gerar muitas combinações, que variam de acordo com os atores e as atividades envolvidas. Para ter uma troca de informações adequada entre projetistas, estimulando a colaboração, como também destacam Fabricio et al. (1999), é fundamental ter-se um profissional gerenciando o processo de projeto, reuniões de coordenação para que os projetistas troquem conhecimento e conheçam as diretrizes a serem seguidas, sendo necessário promover alternância entre o projeto de diferentes projetistas.

Fabricio et al. (1999) ainda apontam características do processo que dificultam esta colaboração. Dentre elas, o fato da atuação do arquiteto acontecer separadamente do desenvolvimento do projeto, de forma prévia. Com isso, a interação com os demais projetistas fica reduzida, já que a contratação dos demais, que irão participar do desenvolvimento do projeto, costuma ser feita somente após a etapa de lançamento. Percebe-se que esta característica do processo, fragmentado e sequencial, gera as mesmas consequências que a má compreensão e interpretação, uma vez que influencia a troca de informações.

4 TECNOLOGIAS DE SUPORTE À COORDENAÇÃO DO PROCESSO DE PROJETO

Como visto no capítulo anterior, o processo de projeto é complexo e precisa ser gerenciado. Devido a grande quantidade de intervenientes, dependências e informações geradas, cada vez mais o setor tem se beneficiado com recursos oferecidos pela tecnologia da informação (TI). Utilizar a tecnologia para gerir as informações é essencial na medida em que muitos dos problemas da construção civil ocorrem por falta de comunicação e integração entre pessoas e documentos.

As características do processo de projeto, discutidas no capítulo anterior, tendem a afetar a qualidade e confiabilidade das informações. O controle das informações é uma tarefa complexa, já que existe uma grande quantidade de dados gerados simultaneamente e diversos usuários precisando acessar a base de dados ao mesmo tempo, e de locais diferentes. As ferramentas oferecidas atualmente facilitam o trabalho do coordenador.

O uso de ferramentas de *Computer Aided Design* (CAD), *software* para gerar representações gráficas, aliado a sistemas de gerenciamento centralizado, tem sido muito utilizado. Apresenta um bom desempenho, porém possui deficiências, gerando longos prazos e retrabalhos, devido ao fato de que com os dados espalhados por diversos documentos a chance de incidência de erro é significativa. Outra tecnologia que está começando ser utilizada no Brasil, o *Building Information Modeling* (BIM), sistema de criação com base em modelo n-dimensional, por outro lado, permite que todas as informações de todas as disciplinas fiquem concentradas e integradas. Todos os projetos estão vinculados em um mesmo modelo.

Especialistas acreditam que, quando o BIM se tornar uma realidade dentro do ambiente da construção civil, os atuais índices de erros deverão cair vertiginosamente. Porém, coordenar não significa dominar o uso de um *software*. A tecnologia dá suporte e deve ser adaptada às condições existentes nas empresas em cada novo empreendimento que é projetado. O mercado oferece uma diversidade de ferramentas e cabe a cada empresa avaliar a compatibilidade das opções à sua estrutura. A seguir, discorre-se sobre as principais tecnologias que dão suporte à coordenação do processo de projeto.

4.1 TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO PARA SUPORTE À COLABORAÇÃO NO PROCESSO DE PROJETO

Buscando aperfeiçoar o uso das técnicas utilizadas na coordenação do processo de projeto, surge uma crescente procura do setor da construção civil pela TI. Nascimento e Santos (2002) indicam como grande vantagem do uso da TI, a integração dos diversos agentes envolvidos. Além disto, pode colaborar com o desenvolvimento do projeto, já que lida com as relações complexas entre sistemas de informação, o uso e inovação de *hardware*, sistemas de automação, *software*, serviços e usuários.

Acompanhando o desenvolvimento da TI, partindo do início da utilização da informatização, percebe-se o quanto esta já modificou o modo de trabalho, interação e coordenação do processo de projeto. Segundo Nascimento e Santos (2002), a utilização da informatização tornou atividades já existentes mais rápidas e eficientes e permitiu um aumento do fluxo de informações a serem processados. Inicialmente as ferramentas eram genéricas, como planilhas eletrônicas, sistemas de banco de dados e editores de texto. Posteriormente, foram utilizadas ferramentas CAD especializadas, para ajudar no desenvolvimento de desenhos.

Seguindo a evolução, as contribuições da TI no processo de projeto permitiram que vários sistemas comesçassem a se integrar, como ocorreu com o sistema CAD, que se tornou comunicável através de um formato neutro, o DXF. Ou seja, passou a importar e exportar dados para *softwares* de diferentes fornecedores. Além disso, os *softwares* genéricos passaram a ter opções de vinculação e incorporação de objetos, nos quais um editor de texto poderia incluir partes de um arquivo de planilha de textos e gráficos criados por outros programas. Também, os departamentos/setores da empresa tornaram-se comunicáveis através de redes de computadores (NASCIMENTO; SANTOS, 2002).

Hoje, estas ferramentas são extremamente comuns, utilizadas e conhecidas. Com o uso das mesmas, observa-se que a divisão clássica do projeto em etapas sequenciais, com nível de detalhamento crescente, tem mudado. Com os avanços na área de comunicação e computação distribuída e ainda a popularização da *internet*, os sistemas de gerenciamento têm capacidade para serem integráveis. As tecnologias demandam comunicação entre os intervenientes, e o trabalho deve ser desenvolvido simultaneamente por vários agentes. Não é necessário terminar uma etapa para começar algumas e, apesar de evitadas, as mudanças nos projetos podem ser feitas sem representar grande dispêndio.

Para que isso seja possível, é necessário planejar e controlar o trabalho desenvolvido por diferentes projetistas, que, na maioria dos casos, se encontram em empresas diferentes. A Engenharia Simultânea (ES), como Silva et al. (2009, p. 113) explicam, se enquadra nos quesitos mencionados anteriormente. Os autores afirmam que a ES “[...] consiste na formação de equipes multidisciplinares, que envolvem diferentes profissionais de diferentes setores.”. Assim, a utilização dos conceitos de ES permite aproveitar a tecnologia disponível, integrando as pessoas, de modo que o trabalho colaborativo é estimulado.

Os mesmos autores destacam que “A cooperação só pode ocorrer se o trabalho for desenvolvido em um ambiente de sistema integrado.”. Para se adequarem ao modelo proposto de ES, as empresas interessadas devem disponibilizar, portanto, um sistema integrado. Este é dependente de um modelo central, que, além de conter os dados geométricos, fundamentais para o desenvolvimento dos projetos, centralizados e disponíveis aos intervenientes, deve manter o histórico das ações realizadas pelos projetistas ao longo do tempo.

O modelo mais utilizado atualmente para manter o registro descrito é o de *extranet*. Nascimento e Santos (2002) explicam que *extranets* são sistemas que fornecem memória construtiva para a cadeia, podendo padronizar o relacionamento entre agentes e retroalimentar futuros projetos. Possuem vários recursos que ajudam a comunicação, coordenação e tomada de decisão rápida e oportuna. Neste sistema, os documentos de projetos são gerenciados e ficam a disposição para todos intervenientes liberados, a qualquer momento.

Os mesmos autores afirmam que o funcionamento do sistema está baseado na existência de um ambiente exclusivo para o empreendimento, no qual o gerenciador e os intervenientes podem armazenar, visualizar e alterar arquivos relacionados ao projeto. Assim, a *extranet* é um meio de centralizar, administrar, controlar o fluxo de informações e tornar acessível, por navegador de *web site*, o resultado do trabalho dos diversos profissionais e empresas envolvidas. Também é possível integrar empresas com clientes, parceiros e fornecedores. Porém, apesar de tantos benefícios, o *extranet* não é uma ferramenta completa e precisa ser constantemente monitorada pelo coordenador, de forma a sistematizar a troca de informações e garantir sua disponibilidade no momento apropriado (BORDIN et al., 2007).

Pode-se facilmente observar um problema quanto à utilização de outros meios de comunicação. É comum utilizar telefone e e-mail, contudo, as informações geradas não ficam registradas e não são repassadas. Assim, observa-se que apesar de ter evoluído, a TI tem ainda

muito a desenvolver no setor da construção civil. Com a utilização de ferramentas CAD e *extranet* o ramo foi estimulado e obteve bons resultados, porém, o sistema apresenta limitações.

4.2 FERRAMENTAS CAD

Desde o surgimento dos microcomputadores, as máquinas auxiliam o processo de criação e desenvolvimento de projetos. As representações manuais que levavam muito tempo para serem feitas e quase impossibilitavam correções, já que estas muitas vezes implicavam no abandono do desenho para que um novo fosse começado, foram aos poucos sendo substituídas pela computação gráfica. Deste modo, dependências de fluxo deram lugar a dependências de recursos compartilhados e de simultaneidade.

As técnicas de Desenho Assistido por Computador, ou CAD vêm sendo utilizadas há vários anos em projetos. Segundo Amaral e Pina Filho (2010, p. [2]):

[...] no início da década de 60 do século XX, Ivan Sutherland desenvolveu, como tese de conclusão do seu PhD no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), um sistema inovador que se tratava de um editor gráfico [...] sistema que era bastante primitivo se comparado aos *softwares* de CAD atuais. [...] tal sistema é tido como um marco na informática e na computação gráfica, sendo considerado o primeiro *software* de CAD.

Somente por volta de 1970 os *softwares* CAD deixaram de ser objetivo de pesquisas e passaram a ser comercializados livremente. Nesta mesma época foram desenvolvidos *softwares* de CAD 3D e no final dos anos 1970 já existiam programas para modelagem de sólidos. A partir de 1980, com o desenvolvimento do primeiro *Personal Computer* (PC), as atenções foram voltadas para esta classe de computadores. Deste modo, em 1982 foi lançado pela empresa americana o primeiro programa CAD para PC, o AutoCAD Release 1. A partir disso, o desenvolvimento de *softwares* CAD se deu de forma generalizada, com ofertas de diversas empresas do ramo (AMARAL; PINA FILHO, 2010).

Percebe-se portanto, que cada vez mais a construção civil vem se beneficiando dos recursos oferecidos pelo CAD, já que além de representar de forma rápida o produto e permitir alterações, possibilita a realização de simulações na estrutura, o que gera maior confiabilidade ao produto final. Entretanto, por ser uma ferramenta gráfica, o CAD não consegue abranger todas as atividades de gerenciamento. Os desenhos não conseguem explicar o processo de

trabalho, por representarem o estado final de uma obra, suprimem o tempo, uma das dimensões físicas do produto e não representam as dependências de trabalho dos diversos profissionais envolvidos.

Além disso, a crescente complexidade das edificações e das soluções construtivas exige que mais documentos sejam gerados. Segundo Cattani (2001), os desenhos não são os únicos portadores de informações necessárias para o entendimento da obra. Para dar conta, o projeto precisa incorporar outros elementos de natureza não-gráfica. Assim, são agregados memoriais descritivos, cadernos de encargos, especificações técnicas, planilhas de cálculo, instruções de montagem e prescrições, entre outros. Esta segregação da informação pode gerar dificuldades de compreensão e deve, na medida do possível, ser evitada.

Apesar das vantagens geradas com a utilização das ferramentas CAD, é importante frisar que ele não passa de uma ferramenta. É fundamental que o usuário conheça as normas de representação gráfica de projetos, já que com o CAD, as representações que eram feitas a mão simplesmente passaram a serem graficadas através do auxílio de computadores. Também observa-se com o descrito, que existe a necessidade de organizar as informações geradas, já que estas se encontram dispersas entre diferentes documentos e pranchas e, o mais importante, ter conhecimento para utilizar, da melhor maneira possível, as ferramentas CAD.

4.3 FERRAMENTAS BIM

O BIM existe desde o final da década de 1980, quando Jerry Laiserin⁵, em função de suas pesquisas em TI, deu origem a atual *BuildingSmart*. Uma instituição que busca tornar eficiente o trabalho dos diversos participantes do processo de projeto de forma a saber o que e quando deve ser comunicado. A maioria das ferramentas da TI tem baixa tolerância na capacidade de interpretar dados digitais. A *BuildingSmart* criou um método para capturar e especificar processos e fluxo de informação, de modo a comunicar os dados relevantes com uma linguagem possível de ser interpretada pelo *software* receptor (BUILDINGSMART, 2011).

Seguindo, Addor et al. (2010, p. 105) mostram que:

⁵ Jerry Laiserin, arquiteto da Universidade de Princeton, EUA. Especialista em Tecnologia da Informação (TI). Deu origem à IAI (*International Alliance for Interoperability*), atual BuildingSmart.

Em 1987, foi lançado na Hungria o *software* Archicad, da Graphisoft, o primeiro *software* com ferramentas de BIM. A partir de então, aconteceram muitas iniciativas individuais de arquitetos americanos, europeus e asiáticos. [...] Desde 1993, há quase duas décadas, o escritório ONUMA, Inc (escritórios no Japão e EUA) vem desenvolvendo e utilizando um *software* de BIM, o “Sistema Onuma *Open Architecture*”, de tecnologia aberta. A Finlândia e a Noruega também foram pioneiras em desenvolver projetos em BIM e encontram-se em estágios mais avançados de implantação. Em 1999, foi lançado o *software* Solibri, na Finlândia, que oferece soluções de BIM.

Países como a Finlândia e a Noruega, por serem pioneiras em desenvolver projetos em BIM, encontram-se em estágios mais avançados de implantação. O mesmo ocorre na Ásia, em Cingapura, onde o governo estabeleceu padrões de legislação baseados em processo de BIM.

A implantação do BIM no País está apenas no começo. No Brasil, segundo Addor et al. (2010, p. 113-114):

[...] [Em 2008], associações de projetos em São Paulo e no Brasil, como a Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (Asbea), a Associação Brasileira de Cálculo Estrutural (Abece), a Associação Brasileira de Engenharia de Sistemas Prediais (Abrasip) e o Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo (Sinduson-SP), vêm se reunindo, para analisar e discutir essa nova plataforma de trabalho, estudando ‘cases’ com empresas do setor e com as indústrias de materiais de construção, envolvendo até mesmo a participação de universidades, como a Universidade de São Paulo (USP), a Universidade Presbiteriana Mackenzie e a Universidade São Judas Tadeu (USJT).

O atual processo de trabalho é voltado para a geometria do edifício, e com o BIM, os projetistas devem pensar em um processo orientado à modelagem da informação dos objetos, já que os mesmos são paramétricos (ADDOR et al., 2010). O processo de implantação é longo, exige das empresas investimento em licenças de *softwares*, computadores com capacidade de processamento maior, tempo para aprendizagem dos intervenientes e adequação dos processos.

Este novo método de projetar envolve diversas competências e altera a forma de dependências entre os profissionais envolvidos, já que todo o processo passa a ser simultâneo. Portanto, deve ser bem compreendido. A seguir, serão abordados assuntos mais específicos, para ilustrar suas características. Os próximos itens apresentam vantagens que empresas podem obter com a utilização do BIM, necessidades de estrutura organizacional e processos para implementação, dificuldades encontradas devido a falta de interoperabilidade entre diferentes *softwares* e opções existentes no mercado para viabilizar o compartilhamento do modelo.

4.3.1 Vantagens da utilização

Ao contrário do CAD, a tecnologia BIM atribui informações aos desenhos elaborados no computador. Nos *softwares* BIM os desenhos possuem propriedades, que ficam salvas no banco de dados, e é a partir deste banco que são geradas automaticamente as legendas. Além disso, é possível extrair informações em outros formatos, como tabelas de quantitativos de material (CONSTRUÇÃO..., 2007).

Em outros termos, o modelo gerado em BIM é paramétrico. Assim, além da geometria, os parâmetros, como por exemplo, resistência estrutural, material e cor de cada elemento são indicados. Ao contrário dos sistemas tradicionais de desenho digital, ao serem alteradas propriedades, os objetos e configurações são automaticamente ajustados, já que os elementos são dependentes e inteligentes. Com isso fica muito mais simples testar diversas soluções (SILVA; AMORIM, 2010).

Com os programas BIM, os projetos são representados já em três dimensões. Para Eduardo Toledo Santos⁶, entrevistado por Construção... (2007, p. 44) “[...] isso exigirá um esforço maior de abstração dos projetistas acostumados a trabalhar com desenhos em duas dimensões. No longo prazo, porém, um dos grandes problemas da coordenação de projetos tende a desaparecer: as interferências entre os sistemas.”.

Esta diminuição dos problemas da coordenação de projetos também é prevista por Addor et al. (2010). Estes autores ressaltam como grandes vantagens advindas da utilização do BIM:

- a) quantificar, planejar, coordenar e recuperar informações, dos diversos estágios do projeto, a qualquer momento da vida do empreendimento;
- b) verificar interferências entre diferentes sistemas;
- c) testar alternativas de projeto;
- d) ensaiar o comportamento do modelo sob ação de diversos agentes;
- e) ganhar confiabilidade nas informações geradas durante todo o processo.

Observa-se, portanto, as melhorias provenientes do fato de trabalhar com maior número de dimensões no desenvolvimento do projeto. Segundo Construção... (2007), o que acontece é que, assim como todos outros documentos, estes arquivos eletrônicos ficam permanentemente ligados ao banco de dados da obra. Assim, qualquer alteração realizada no modelo

⁶ Professor da Escola Politécnica da USP (Universidade de São Paulo).

tridimensional é automaticamente atualizada em todos os arquivos bidimensionais e vice-versa. Esta vantagem torna-se significativa em projetos complexos, que no método tradicional costumam ter centenas de plantas e cortes.

Outra grande melhoria obtida com sua utilização é a do tempo dedicado pelos projetistas, que perdem menos tempo em desenhos técnicos e assim podem se dedicar mais às soluções projetuais. Além disso, faz parte do BIM a integração entre setores e profissionais. As empresas devem gerenciar as equipes para que se envolvam mais cedo, com uma visão mais abrangente do empreendimento. Com esta alteração, as etapas de elaboração dos projetos devem ser ajustadas, permitindo condições para o desenvolvimento do modelo e crescimento do nível de detalhamento (GESTÃO ..., 2011).

4.3.2 Possibilidades de arquitetura

Uma questão é fundamental para a implementação do novo processo de projeto: a caracterização do perfil da empresa. A identificação, principais aspectos, capacidade e seus objetivos com a tecnologia, permitem definir como e até que nível será implementado o BIM.

De acordo com a avaliação, um plano de ação deve ser elaborado, podendo ser necessário alterar a estrutura organizacional e processos empregados pela empresa. Algumas abordagens utilizadas atualmente favorecem o emprego do BIM, outras são prejudiciais ao seu funcionamento pleno. Segundo Eastman et al. (2011), são três arquiteturas comumente utilizadas pelas construtoras: *Design-Bid-Build*, *Design-Build* e *Construction Management at Risk*.

O primeiro, *Design-Bid-Build* tem como grandes vantagens obter o menor preço possível para o proprietário e sofrer menos pressão política para escolha dos contratados. Com ele, o proprietário contrata um arquiteto, que, com o auxílio de uma lista de requisitos, desenvolve o projeto. O arquiteto contrata funcionários ou consultores para auxiliá-lo nas especialidades do projeto. Os empreiteiros são selecionados pelo proprietário seguindo o menor lance oferecido para a execução do empreendimento. Não é a abordagem mais eficiente, já que o risco de alterações de custos fica a cargo dos empreiteiros e subcontratados, que perdem tempo estimando custos para ganhar o trabalho, e também para adequar o projeto, sempre que surgirem alterações no projeto (EASTMAN et al., 2011).

No *Design-Build* a responsabilidade da concepção e da construção ficam a cargo de uma única entidade contratada pelo proprietário, facilitando a administração. Inicialmente é feito um esboço da ideia atendendo os critérios do proprietário. O contratado estima o custo e tempo necessário para projetar e construir. Se for aprovado, as modificações necessárias são solicitadas e então, pode ser feito o orçamento final. Todas as alterações necessárias ou solicitadas após a aprovação do projeto inicial significam acréscimo no valor do contrato e são responsabilidade do contratante. Para iniciar a construção não é necessário ter-se todo o projeto detalhado, assim, a edificação pode ser concluída rapidamente e com menos complicações legais. Por suas características, há pouca flexibilidade, entretanto, o uso do BIM dentro deste sistema é aconselhável (EASTMAN et al., 2011).

Já a *Construction Management at Risk* é um método no qual o proprietário mantém em sua empresa um profissional para projetar e outro responsável pela construção. O proprietário é responsável pelo projeto, que tem como vantagem o contato inicial do construtor, que colabora na escolha de materiais e métodos executivos (EASTMAN et al., 2011). Das três abordagens descritas, a menos indicada para lidar com o BIM é a *Design-Bid-Build*, que dificulta a relação de colaboração entre os projetistas, já que estes são contratados tendo como referência o menor preço.

Além disso, podem-se utilizar métodos ou abordagens que estimulem ou até mesmo exijam uma postura colaborativa entre os profissionais envolvidos. Ao invés de alterar a arquitetura vigente, alguns métodos já estão sendo desenvolvidos e testados. O *Integrated Project Delivery* (IPD) consiste em uma abordagem de prática integrada que visa viabilizar e estimular a colaboração entre as pessoas, sistemas e práticas de negócios. Objetiva maximizar a eficiência de todas as fases de concepção e executivas, aumentando o valor agregado ao proprietário (AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS, 2007).

Se todos os intervenientes seguirem os princípios do IPD, a equipe estará trabalhando colaborativamente, gerando confiança e estimulando a procura por resultados do objetivo comum, e não individuais. Desenvolvido em colaboração pelo *American Institute of Architects* (AIA) e *California Council* (CC), possui nove princípios e um guia com informações e orientação específicas sobre como utilizar o método. Os nove princípios são:

- a) respeito e confiança mútuos;
- b) compartilhamento de benefícios;

- c) inovação colaborativa e tomada de decisão;
- d) envolvimento antecipado dos participantes chave;
- e) definição antecipada dos objetivos;
- f) planejamento intensificado;
- g) comunicação aberta;
- h) tecnologia apropriada;
- i) organização e liderança.

Estes princípios, e as técnicas descritas no guia, se seguidos pela empresa e todos os intervenientes, permitem organizar os métodos de entrega e as relações da equipe, avaliar o interesse e os recursos disponíveis e compreender as questões que devem ser abordadas em um documento IPD. Tendo esta abordagem, a empresa estará automaticamente compondo um modelo de gestão voltado a utilização do BIM (AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS, 2007).

Além disso, segundo Bedrick (2008), devido a grande quantidade de possibilidades de uso do BIM, seja para simulações de desempenho, levantamento de custos, visualização e verificação de interferências entre projetos, por exemplo, é fundamental enquadrar para cada uso específico, definições a respeito do modelo. Em 2004, para atender esta necessidade, a *Vico Software* começou a trabalhar no *Model Progression Specification* (MPS). Este documento visa indicar a finalidade da utilização do BIM, o nível de detalhamento exigido para conclusão de cada fase e quais elementos devem ser desenvolvidos. Em sua criação foram considerados dois princípios do IPD que, portanto, é envolvido na aplicação do documento. Além disso, o MPS surgiu considerando e visando atender as opiniões dos arquitetos, empreiteiros, engenheiros, subcontratados, proprietários, desenvolvedores de *software* e demais envolvidos.

O mesmo autor explica que o MPS gira em torno do *Level Of Detail* (LOD). Para representar o progresso do modelo, desde o nível mais baixo conceitual até a alta precisão, cinco níveis foram criados, tendo três dígitos para permitir a criação de níveis intermediários. Eles podem ser utilizados para definir os resultados de uma fase ou atribuir tarefas. São eles:

- a) 100 – conceitual;
- b) 200 – geometria aproximada;
- c) 300 – geometria precisa;

- d) 400 – fabricação;
- e) 500 – *as-built*.

Estes níveis devem ser desenvolvidos de acordo com o uso específico do modelo, como se pode observar no quadro 1. Como além da representação 3D dos elementos muita informação é adicionada a ele, por diversos intervenientes, foi desenvolvido o conceito *Model Component Author* (MCA). O responsável pela criação do componente do modelo não precisa ser o responsável pelas informações de disciplinas específicas ligadas ao elemento. Então, o problema da diversidade de entrada de informação pode ser contornado, sendo que se pode chegar a situações em que projetistas representem elementos de outras áreas de atuação (BEDRICK, 2008).

Quadro 1 – Definições do nível de detalhamento

Nível de detalhamento (LOD)	100	200	300	400	500
Conteúdo do modelo					
Concepção e coordenação Função/Forma/Modo	Dados não geométricos ou trabalho em linhas, áreas, zonas de volume, etc.	Elementos genéricos mostrados em 3D. -Tamanho máximo -Propósito	Elementos específicos confirmados em 3D como objetos geométricos. - Dimensões - Capacidade - Conexões	Desenho para fabricação. - Compra - Fabricação - Instalação - Especificação	As-built. - Realidade

(fonte: adaptado de BEDRICK, 2008, p. [2], tradução nossa)

Nota-se que para ser utilizado, é preciso desenvolver um estudo do perfil da empresa e ter definido o que é necessário em cada etapa. O projeto deve prosseguir somando informações e atendendo os intervenientes, seja através de mais detalhes para orçamento, projeto legal ou fabricação de elementos. Cada empresa pode ter a sua lista de trabalhos a serem entregues pelos projetistas (*deliverables*), sendo sucintas ou detalhadas, exigindo, por exemplo, paredes, paredes rebocadas e paredes rebocadas com pintura ao longo do desenvolvimento de cada etapa.

4.3.3 Interoperabilidade

O processo de projeto com BIM envolve vários integrantes ao longo de toda a vida da edificação e exige comunicação entre vários sistemas de análise do modelo tridimensional. É fundamental que os modelos conversem entre si, e para que isto ocorra é preciso de *softwares* interoperáveis (ADDOR et al., 2011). Os autores indicam que uma das dificuldades que ainda deve ser enfrentada pelos usuários é a falta de compatibilidade entre *softwares* de diferentes empresas. Com os formatos proprietários, cada *software* somente trabalha com o seu formato ou outro, que apresente a capacidade de importar e exportar seu formato.

O poder de barganha por parte das construtoras tende a diminuir com esta dificuldade, já que os projetistas contratados, além de serem bons profissionais, devem utilizar *softwares* interoperáveis. Caso a maioria da equipe trabalhe com um formato específico, os que desejarem ingressar nela deverão se adaptar ao *software* dominante. Além de diminuir a barganha por parte do contratante, este fato contribui para que as grandes marcas, influenciadoras de opinião, se destaquem, possibilitando o domínio do mercado. A partir do momento em que uma empresa detém usuários, estes dificilmente trocarão de formato proprietário, já que isso significa custos com licenças, adaptação operacional e compatibilização com outras equipes.

Para acabar com este problema, pode-se utilizar o *Industry Foundation Classes* (IFC). A *BuildingSmart* levou dez anos para estabelecer os padrões IFC, um formato não proprietário, de arquitetura aberta, utilizado para trocar informações entre modelos de diversos fabricantes. Atualmente, o *Building Smart International* possui 14 alianças regionais, ou como também são conhecidas, capítulos. Estas alianças representam um país ou conjunto de países, tendo hoje mais de 20 países. Possuem o objetivo principal de definir uma linguagem comum, capaz de deixar a indústria da construção civil interoperável (ADDOR et al., 2010).

Como é um formato aberto, não pertence a um único fornecedor de *software*. Teoricamente é neutro, livre das vontades e planos das empresas possuidoras dos padrões fechados. Com ele, pode-se trocar e compartilhar dados do modelo paramétrico mesmo que os intervenientes utilizem em seus escritórios diferentes fornecedores: os *softwares* que trabalham com este

formato exportam e conseguem importá-lo como elemento paramétrico. Para exemplificar, o mesmo não ocorre com o DWG, que ao ser importado para o modelo não passa de uma base para a elaboração do mesmo (BUILDINGSMART, 2011).

Com isso, os usuários devem estar atentos às possibilidades que cada *software* oferece. Atualmente existem diversas opções para o desenvolvimento do modelo paramétrico. Cada um possui características diferentes e, portanto, pode ou não se enquadrar ao perfil do projetista. Visando auxiliar a escolha mais apropriada, uma tabela comparativa, contendo as informações mais importantes dos principais *softwares* de desenvolvimento arquitetônico foi desenvolvida pelo grupo de trabalho BIM da Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura, AsBEA Nacional (quadro 2).

Quadro 2 – Comparativo de softwares para modelagem paramétrica

Produto	ArchicAD	Bentley	REVIT	Vectorworks
Fabricante	Nemachek / Graphisoft	Bentley Systems, Incorporated	Autodesk Ink	Nemetschek Vectorworks
Origem	Hungria / Alemanha	EUA com subsidiária no Brasil	EUA com subsidiária no Brasil	EUA
Preço	aprox. US\$ 4.000,00 consultar fabricante para preços atualizados	aprox. R\$ 13.000,00 consultar fabricante para preços atualizados	aprox. R\$ 9.000,00 consultar fabricante para preços atualizados	De R\$ 3.150,00 a R\$ 6.336,00 por conta dos módulos que o software disponibiliza. O valor do módulo Architect que é BIM é R\$ 4.356,00 consultar fabricante para preços atualizados
Localização de Licença	Não	A licença pode ser local (no servidor da empresa) ou remota (no servidor da Bentley, nos EUA)	Não tem	Não
Licença Standalone / Rede	Standalone / Rede	Licença nomeada em rede	Standalone / Rede	Standalone. Rede apenas no caso de laboratórios educacionais.
Renovação / Atualização	Subscrição anual	Contrato de manutenção anual "Bentley Select"	Subscrição (1 a 3 anos)	Subscrição anual
Valor Renovação/Atualização	US\$ 700,00 consultar fabricante para preços atualizados	aprox. R\$ 820,00 consultar fabricante para preços atualizados	aprox. R\$ 1.500,00 consultar fabricante para preços atualizados	varia entre 20% e 30% do custo de uma nova licença consultar fabricante para preços
Língua Produto	Pt Portugal	Inglês	Português Brasil / Inglês / Outras	Português
Língua Manuais	Pt Portugal	Inglês	Português Brasil / Inglês / Outras	Português para versão Fundamentals / Inglês para módulos (Architect, Landmark, Spotlight)
Língua Tutoriais	Pt Portugal	Inglês	Português Brasil / Inglês / Outras	Português / Inglês
Centros de Treinamento	PINI e Outros	São Paulo	Brasil	CAD Technology e seus representantes em vários estados do Brasil são Centros Autorizados de Treinamento / Outras escolas (Ex.: Rede VectorPRO, e outras) também são disponibilizadas
Suporte	PINI / Gratuito por meio de linha 0800	em idioma português, com suporte telefônico 0800 e endereço de e-mail de suporte	em idioma português, com suporte telefônico 0800 e endereço de e-mail de suporte	Suporte Técnico gratuito através de abertura de chamado online. Assinatura opcional de Suporte Técnico Completo, inclui vários serviços como atendimento por telefone e conexão remota.

continua

continuação

Produto	ArchiCAD	Bentley	REVIT	Vectorworks
Suite	-	existe promoção para compra de 1 pacote BIM	Revit Suite, Building Suite Standard, Premium e Ultimate	Vectorworks Architect com Renderworks
Preço da suite	-	aprox. R\$ 820,00 consultar fabricante para preços	aprox. a partir de R\$ 9.000,00 consultar fabricante para preços	R\$5.328,00
Produtos Complementares	MEP(Instalações); ECODESING (Sustentabilidade); VBE (visualização)	Microstation (plataforma)	Revit MEP, Revit Structure, Vasan (Subscription), Roombook (Subscription), Navisworks, Inventor, Showcase, QTO, 3D Max, AutoCAD	Vector TILE (software para paginação de piso) e diversos volumes de bibliotecas extras
Licenças para Escolas de Arquitetura e Engenharia	Licenças e Treinamento 100% gratuitos para escolas de Engenharia e Arquitetura	Programa "Bentley Careers Network"	Autodesk Educations Suites (instituições) e gratis para estudantes (atraves do site students.autodesk.com)	Para Escolas de Arquitetura e Engenharia são vendidas licenças educacionais com valor equivalente a 5% de uma licença profissional. Versão gratuita para Estudantes (mediante aprovação de pedidos no Portal de Estudantes: http://www.vectorworks.com.br/estudantes)
Base de dados insumos e composições de construção civil	Integração com TCPO PINI	Biblioteca integrada, no entanto é necessária uma customização para atender a realidade Nacional	customizável (biblioteca, Categorização e quantitativos)	Não
Consultoria p/ Implantação	Sim	Sim	sim (Subscription)	Sim. Preços variam de acordo com o tamanho do escritório
Interoperabilidade 1 - Arquivos IFC	Sim	Sim	Sim	Sim
Interoperabilidade 2 - Integração com outros software BIM.	Synchro; Solibri; Dprofile; Tekla Structures; TQS; CypeCAD; MagiCAD; DDESCAD; VICO Software; Tricalc; SAP 2000; SCIA Engineer; AutoCAD; Autodesk REVIT; AutoCAD MEP; ETABES; ECOTEC; CADVENT; GREEN BUILD Studio; Artlanis; Volare PINI; TCPO PINI;	IFC, DWG, DXF, Sketchup, GBXML	IFC, DWG, DXF, Sketchup, GBXML, Archicad, Bentley, Inventor, Rhinoceros, TQS, Tekla, Solibri, Solidworks, Ecoteet, SAP2000, Etabs, Vectorworks, Cypecad, Strap	Todos que possuam comunicação através de formato IFC (exemplo: TQS, DDS-CAD, entre outros)
Render Nivem	Sim	Sim	Sim (Subscription)	Sim
Armazenamento Nivem	Sim	Sim	Sim (Subscription)	Sim
Configuração mínima de Hardware	http://www.graphisoft.com/support/archicad/system_requirements/	http://www.bentley.com/en-US/Products/Bentley+Architecture/Technical-Requirements.htm	http://usa.autodesk.com/revit-architecture/system-requirements/	http://www.cadtec.com.br/index.php?redirect=ftp://www.cadtec.com.br/intermas/vectorworks/vw2010/novos_recursos/index_principal.htm
Fonte das informações	Informações do Fabricante	Informações do Fabricante	Informações de Usuários por não termos obtido resposta do fabricante	Informações do Fabricante
	valores em dólares	valores em reais	valores em reais	valores em reais

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA, 2011)

Como pode ser observado no quadro 2, ainda existem *softwares* com problemas de interoperabilidade, inviabilizando o compartilhamento do modelo. Contudo, esta questão tende a desaparecer com o aumento da utilização do BIM e pressão do setor da construção civil para que o mercado não se acomode em torno de um único formato proprietário.

4.3.4 Compartilhamento do modelo

Addor et al. (2011) sugerem que a utilização das ferramentas BIM gerará grande progresso para toda a cadeia da indústria da construção civil, garantindo confiabilidade das informações e propiciando um novo patamar de desenvolvimento e qualidade das obras. Entretanto, o BIM ainda deve sofrer ajustes para que as empresas não tenham dificuldade em utilizá-lo e, para sua utilização efetiva acontecer, modelos de coordenação devem ser desenvolvidos.

Segundo Crespo e Ruschel (2007), a coordenação das informações geradas com as ferramentas BIM deve ser assegurada por um repositório de informações, onde elas fiquem padronizadas e possam ser acrescentadas pelos diversos participantes do desenvolvimento dos projetos. Todas as alterações devem ser guardadas e as revisões dos projetos complementares implementados devem ser atualizadas automaticamente. Para suportar todas as informações embutidas em um único modelo, o banco de dados deve ser tão grande quanto o volume de dados gerados. Deste modo, recursos avançados de TI são necessários para garantir o bom desempenho.

O *cloud computing* é uma inovação da TI. Representa uma forma de acessar as informações remotamente, através de conexão com *internet*. A infraestrutura fica centralizada, podendo ser acessada de qualquer lugar e inclusive por mais de um usuário. Para aumentar a capacidade, ao contrário de estações de trabalho físicas, basta alterar algumas configurações do sistema, que deve ser pago segundo dimensões disponibilizadas aos usuários. Este sistema estimula a colaboração, já que facilita o acesso às informações. As grandes vantagens e facilidades oferecidas pelo *cloud computing* já estão disponíveis no mercado. Empresas como a *Advance2000*, já fornecem uma solução de alto desempenho para estações de trabalho gráficas, utilizadas no desenvolvimento de projetos (ADVANCE2000, 2012).

Com este exemplo de tecnologia disponibilizada pela TI, observa-se que existem opções para possibilitar os acessos simultâneos, armazenamento de grande quantidade de dados e ainda

tratar da segurança do modelo. Algumas opções disponíveis no mercado já se beneficiam com o *cloud computing*, outras tratam da nova demanda através de técnicas similares as tradicionalmente utilizadas, sendo servidores de modelo ou modelos federados.

Segundo Wangham et al. (2005), os modelos federados são compostos por sistemas de informação com diversos componentes distribuídos, heterogêneos e autônomos. É um sistema cooperativo multilateral, em que cada parte pode decidir suas políticas de acesso, desde que não contrarie a geral. Funcionam a partir de políticas de autorização e distribuição através de redes de confiança. Para ter acesso, o cliente deve ter o direito de utilizar o recurso assegurado por certificados, controlados pela teia de federações.

Já nos servidores de modelos, os incrementos do modelo são recebidos na *internet*, ficando disponíveis a todos os intervenientes. Vários profissionais podem modificar simultaneamente o modelo, e é possível saber quem está trabalhando e quais incrementos estão sendo feitos. Possibilita centralizar em um modelo único todo projeto em BIM de modo que apenas dados são trocados entre os intervenientes, possibilitando a integração e a colaboração. Diversas opções já estão disponíveis no mercado e apresentam diferentes características. Como exemplo de formato proprietário tem-se o *Open BIM Workflow* e o *Revit Server* e, de formato aberto, o *BIM Server Open Source*.

O *Open BIM Workflow*, desenvolvido pela *Graphsoft* e a *Tekla* em parceria, trabalha sem uma base fixa, de modo compartilhado e inteligente. A colaboração e a interação entre os intervenientes do projeto são proporcionadas com auxílio da *internet*. A tecnologia utiliza o banco de dados orientado, no qual as modificações são adicionadas ao modelo, sem ser necessário enviar o projeto inteiro. O modelo fica disponível a todos intervenientes durante todo o processo, permitindo a criação de diferentes usuários com diferentes restrições quanto ao modelo compartilhado. Os profissionais podem reservar determinadas áreas do projeto para que não haja colisão nas alterações. Todos os membros podem identificar quem está trabalhando em determinado elemento, assim sabem quando o elemento foi liberado e então, podem reservá-lo (GRAPHISOFT, 2011).

A *Autodesk*, por sua vez, desenvolveu o *Revit Server*, que permite o compartilhamento do modelo em tempo real para diversos projetistas. Funciona através de um servidor central único que se conecta com múltiplos servidores locais. Cada membro da equipe trabalha em seu modelo local armazenado em seu próprio computador. Silenciosamente, o servidor local

solicita informações do modelo central, que fica armazenado no servidor central. Os dados são transferidos por *Wide Area Network* (WAN), sendo a capacidade da rede disponível o fator limitante de tamanho de pacote de dados. Possibilita o controle sobre as revisões e permite que os modelos permaneçam sincronizados. Apesar dos servidores locais não serem visíveis aos membros da equipe, eles contêm uma cópia atualizada do modelo central. Esta cópia pode ser acessada através de *Local Area Network* (LAN). Assim, a empresa oferece a possibilidade de manter um fluxo de trabalho com base no arquivo, ou com base no servidor (AUTODESK, 2011).

Como afirmado anteriormente, além destes servidores, outros sistemas proprietários encontram-se no mercado. Contudo, o formato proprietário utilizado pelos fornecedores gera uma dificuldade de trabalhar colaborativamente, já que formatos de diferentes empresas não são interoperáveis. Assim, determinado servidor somente conseguirá trabalhar com *softwares* de mesmo formato. Um dos servidores livres deste problema, gratuito e de utilização simplificada é o *BIM Server Open Source*, que tem como base o padrão aberto IFC. Desenvolvido em parceria pela *BIM Server*, *TNO Innovation for Life* e *TU/e* (Technische Universiteit Eindhoven), este *software* livre permite que qualquer computador se torne um *BIM Server* (BIMSERVER, 2011).

Trabalhando em banco de dados orientado, os dados em IFC que chegam até o servidor são interpretados e armazenados em uma base de dados subjacente. Com o trabalho simultâneo, cada projetista pode trabalhar em sua parte do modelo, sendo responsável por seu próprio projeto e autorizações de usuários. Como a estrutura está baseada em IFC, todos os subprojetos se fundem ao modelo central, sendo que cada atualização gera uma notificação aos demais usuários em tempo real, o que mostra que o *software* pode detectar as alterações e gerenciar as revisões. Além disso, é possível verificar conflitos ao unir projetos e realizar pesquisas avançadas, conseguindo separar elementos específicos para análise, como por exemplo, todas as esquadrias do terceiro andar com vão maior que 60 cm (BIMSERVER, 2011).

Estes servidores estão disponíveis no mercado e são utilizados por algumas empresas do Brasil. Entretanto, todos ainda apresentam questões a serem revisadas para que sejam utilizados sem que ocorram problemas.

5 EFEITOS DO USO DE BIM NA COORDENAÇÃO DOS PROJETISTAS

Como visto no capítulo anterior, a tecnologia BIM, aliada ao padrão IFC e a utilização de um servidor de modelo ou sistema de modelos federados, permite que se tenha um modelo disponível aos intervenientes do projeto, de modo contínuo e simultâneo. Esta possibilidade exige que os processos desenvolvidos no setor sejam adequados, já que a colaboração entre os intervenientes deve ser estimulada. Como desenvolver o projeto de modo simultâneo sem gerar conflitos de informação e de propriedade, além de conseguir medir o que foi desenvolvido e atribuir ao projetista específico, são questões ainda não definidas. Ou seja, para obter o máximo de aproveitamento das ferramentas disponibilizadas pela TI, a coordenação, vista como compatibilização e gerenciamento, deve se adequar.

Ainda não existe um modelo para coordenar o processo de projeto com o BIM, apenas práticas recomendadas. Estas práticas têm origem em opiniões, estudos a respeito da utilização, experiências similares e experiências de utilização em outros países. Este capítulo reúne opiniões de engenheiros e arquitetos que de alguma forma atuam na área. Estas opiniões foram extraídas do BIM Forum Brasil, do *LinkedIn*⁷, onde os profissionais envolvidos de alguma forma com o processo de projetos expõem suas ideias e experiências. As discussões buscam esclarecer as principais dúvidas e encontrar soluções para que o BIM seja utilizado tendo o máximo de aproveitamento.

As opiniões foram redigidas e disponibilizadas na *internet* pelos profissionais. Todas foram inseridas nas discussões em 2011 e, apesar de terem sido coletadas sem questionários ou entrevistas, são consideradas neste trabalho informações verbais. Por não ser possível considerar todo o contexto onde foram inseridas, as identidades dos autores serão preservadas. Para tal, foram criados pseudônimos, utilizados em todo o capítulo, mantendo fielmente a origem das informações. O quadro 3 apresenta a nomenclatura adotada e características destes profissionais, para que o leitor contextualize as opiniões através da visão que cada atuação específica gera aos envolvidos.

⁷ BIM Forum Brasil, do LinkedIn. Disponível em: <<http://www.linkedin.com/groups/BIM-Forum-Brasil-3736307>>.

Quadro 3 – Caracterização dos profissionais citados

Pseudônimo	Graduação	Atuação
Engenheiro A	Engenharia Civil	Professor, pesquisador e diretor de empresa fornecedora de cursos e consultorias na área de coordenação
Engenheiro B	Engenharia de Eletricidade - Modalidade Eletrônica	Professor e pesquisador
Engenheira C	Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo	Gerente de projetos
Arquiteto A	Arquitetura e Urbanismo	Consultor especializado em ferramentas BIM de empresa fornecedora de software. Apoio para clientes em todas as fases do projeto, da concepção até a gestão da obra.
Arquiteta B	Arquitetura e Urbanismo	Desenvolvimento e planejamento de projeto
Arquiteta C	Arquitetura e Urbanismo	Professora, pesquisadora e projetista
Arquiteto D	Arquitetura e Urbanismo	Pesquisador e projetista
Arquiteto E	Arquitetura e Urbanismo	Gerente e coordenador de projetos
Arquiteta F	Arquitetura e Urbanismo	Pesquisadora e projetista

(fonte: elaborado pela autora)

As opiniões foram organizadas seguindo a mesma classificação utilizada no terceiro capítulo, onde as questões relacionadas a coordenação do processo de projetos foram segregadas entre contratação, organização e colaboração. Assim como na avaliação desenvolvida anteriormente, neste, não serão tratados assuntos referentes à compatibilização. A coordenação será vista através do gerenciamento. E na sequência deste capítulo apresenta-se uma discussão das informações coletadas, tendo em mente os processos atuais.

5.1 OPINIÕES DE PROFISSIONAIS ENVOLVIDOS

A seguir, questões tratadas no BIM Forum Brasil, do *LinkedIn*, como contratos, *deliverables*, modelos de compartilhamento e fluxo de informação, entre outros, são apresentados, seguindo a mesma classificação apresentada no terceiro capítulo.

5.1.1 Contratação

De acordo com o perfil da empresa, o BIM pode ser utilizado com diferentes abordagens. Como explica Engenheiro A, existem empresas que contratam os projetos, sendo necessário utilizar o BIM desde a concepção do produto até a manutenção do empreendimento, sendo chamado de *Big BIM*, e outras, que somente projetam sua especialidade, tendo uma utilização mais restrita, sendo chamado *Little BIM*.

Considerando o *Big BIM*, foco do presente trabalho, cada projetista deverá buscar soluções e desenvolver o projeto visando o todo, e não somente sua especialidade, como acontece com as ferramentas CAD. Assim, nota-se a necessidade de integração da equipe, trocando informações desde a fase inicial. Além disso, como explica Arquiteto A, durante a fase de desenvolvimento dos projetos, questões como forma e conteúdo das entregas, nível de detalhamento, prazos e responsabilidades devem ser discutidas e acordadas. Caso permaneçam questões sem previsões por abas as partes, no futuro, durante o desenvolvimento dos projetos, o fluxo de informações pode ser prejudicado, comprometendo a eficiência do processo. Portanto, os contratos são essenciais e devem receber atenção, já que a necessidade de cooperação oriunda do desenvolvimento dos modelos altera o padrão tradicionalmente utilizado, das ferramentas CAD.

Abrangendo as responsabilidades de cada projetista com o modelo, de forma a impulsionar uma postura colaborativa, os novos padrões de contratos devem prever o resguardo à propriedade intelectual. Além disso, os atuais contratos são individuais. Cada projetista possui suas responsabilidades perante seu projeto específico, sem considerar o conjunto dos demais, porém, como explica Engenheiro A, “[...] o BIM é uma metodologia que pressupõe uma integração completa. É preciso mudar para o sistema IPD (Integrate Project Delivery), no qual o empreendedor contrata toda a equipe de uma vez, como se fosse uma holding.”.

A utilização do IPD não é o único meio de estabelecer a colaboração. Ainda existem discussões a respeito, e mesmo em países onde o BIM é utilizado há algum tempo, o sistema ainda não foi completamente implantado. A questão que o Engenheiro A aponta, entretanto, a respeito da contratação em *holding* deve ser avaliada, já que os profissionais dependem do trabalho uns dos outros para que a empresa como um todo tenha sucesso. Como ainda explica Engenheiro A, caso a equipe compreenda os requisitos que foram definidos e atinja o objetivo abaixo do custo alvo previsto, pode-se negociar a diferença de forma proporcional a

participação de cada empresa. Assim, para as construtoras ou proprietários, o contrato de uma *holding* facilita o planejamento, gerenciamento e controle, já que todos os profissionais trabalham sob os mesmos princípios. Por outro lado, esta adequação de contratos irá tirar os projetistas da zona de conforto a que estão acostumados, já que os custos fixos da equipe serão remunerados e o lucro somente existirá se toda a equipe atingir o proposto pelo proprietário.

Então, modelos específicos de contratos devem ser desenvolvidos. Como afirma Arquiteta B, eles devem prever todas as condicionantes do desenvolvimento dos projetos e tratar da solução de possíveis conflitos. Conseguir inserir todas as questões referentes à criação de um empreendimento da construção civil em um contrato não é tarefa simples. São muitos riscos, muitas dependências, muita quantidade de informações, muitas alterações durante o percurso, maior duração do processo, necessidade de suporte por parte dos projetistas ao longo de todo o processo, e, cada edifício é único, com suas próprias condicionantes. Enfim, a definição do escopo para a contratação do BIM é complexa e envolve o conhecimento dos objetivos que se quer alcançar.

Ainda, Arquiteta B destaca que uma forma de manter o interesse dos profissionais envolvidos, estimulando a colaboração e mantendo a ordem, é fazer com que as questões referentes a possíveis discórdias fiquem atreladas a cláusulas do contrato. Estes devem, portanto, prever:

- a) ajustes de honorários;
- b) mão de obra treinada;
- c) maior detalhamento;
- d) eficiência legal.

Como a mesma explica, com o ajuste de honorários, mesmo tendo um processo mais longo, os projetos podem seguir um processo colaborativo. Para tal, deve-se ter um registro histórico de cada tarefa desenvolvida ao longo do trabalho.

Já com a estipulação de ter-se mão de obra treinada, parte-se do pressuposto que as soluções indicadas em projeto serão executadas de acordo, possibilitando aos projetistas maior liberdade de criação.

A questão sobre detalhamento, trata de resolver, a nível de projeto, todas as questões de obra. Assim, evitam-se atrasos e erros durante a execução, muito comuns atualmente. Entretanto,

este maior nível de detalhamento exige maior tempo para elaboração dos projetos, sendo necessário especificar previamente esta necessidade.

Por fim, a eficiência legal trata das limitações impostas pelo sistema judiciário existente. Devido a morosidade, muitos profissionais preferem não seguir em disputas judiciais, que acabam custando mais tempo e dinheiro. Assim, os contratos devem ser elaborados de tal forma que seu cumprimento seja possível, e em caso de discussões, de fácil cobrança.

Como explica Arquiteta C, nos Estados Unidos já existe um contrato específico para BIM, o *ConsensusDOCS 300*. Este considera a utilização do IPD e pode servir como base para desenvolvimento e aprimoramento. Nele fica acordado que um representante de cada grande etapa do empreendimento participa da gerência conjunta do projeto. Assim, o arquiteto, empreendedor e construtor, juntos, estimam o custo alvo do projeto, que se torna referência para medir o desenvolvimento e participação de cada um. Os critérios para incentivar os projetistas contratados não é somente financeiro, mas também a qualidade, a segurança e a inovação são fatores considerados na divisão de lucros e prejuízos.

Além disso, os gerentes responsáveis por despesas, o arquiteto e o construtor, devem ter as contas detalhadas para que possam ser fiscalizadas pelos demais participantes. Para evitar problemas em caso de disputas, pode-se montar um conselho, onde integrantes do grupo de gestão e demais profissionais envolvidos participam. As conclusões deste conselho devem ser respeitadas e seguidas. A mesma arquiteta ainda indica que os riscos também são distribuídos e podem ser gerenciados através de mecanismos como *Safe Liability Harbor Decisions* (tomada de decisões seguras), *Traditional Risk Allocation Provision* (provisões de alocação tradicional de riscos) ou outros.

A Arquiteta B relata, com sua experiência em utilização de projetos 3D em rede na Austrália, que a troca de informações entre os intervenientes fica limitada à capacidade de documentar o projeto. Segundo ela, a documentação deve registrar e manter o histórico de todas as propostas, questionamentos, alterações de projeto, instruções e seus resultados. Este histórico permite reprogramar cronograma, recalcular honorários e comprovar a responsabilidade em caso de disputas legais. Quanto maior e mais detalhado é o modelo 3D, mais documentos devem ser gerados para registrar as fases de desenvolvimento.

A mesma profissional explica que o projeto 3D em modelo eletrônico pode ser repassado a consultores, porém de modo informal, sempre com mensagens eletrônicas esclarecendo que este não pode ser usado para fins de construção ou documento oficial. Porém, toda informação que não esteja especificada na documentação oficial do projeto, fornecida adicionalmente ao projeto 3D deve ser acompanhada de um registro gráfico impresso e inalterável. Além disso, os *layers* de selos e informações não relevantes são apagados nos arquivos eletrônicos em DWG enviados, para que não seja possível utilizar indevidamente. Também, toda a documentação enviada em PDF deve estar em uma lista de pranchas, para atestar a legitimidade. Estes cuidados demonstram a grande preocupação em resguardar os profissionais quanto a modificações não autorizadas, troca de informações entre a equipe e o uso desautorizado, de forma antiética.

Ainda relata que, todos intervenientes recebem e enviam informações uns aos outros, que são inseridas em seus modelos 3D, porém o arquiteto que originou o projeto é o responsável pela atualização do modelo 3D. Ele detém o modelo completo e pode decidir a respeito da progressão do desenvolvimento do projeto e possíveis modificações que se façam necessárias com a compatibilização dos elementos, ou desejadas. O que vale para construção e fins de esclarecimentos é o projeto legal, documentado. Assim, o uso do modelo 3D auxilia o desenvolvimento do projeto e aumenta a interatividade profissional. Entretanto, a autora acredita que somente seria possível atingir o objetivo proposto pelo BIM se não tivesse como existir conflitos legais entre os intervenientes, o que pode acontecer caso todos os profissionais envolvidos trabalhem na mesma empresa.

Para a utilização do BIM, Arquiteta B afirma que uma das principais questões que gera dificuldade é a responsabilidade profissional. O resguardo de informações e da propriedade intelectual reflete nas responsabilidades, e com o BIM, não se terá mais documentos, como ainda se utiliza com modelos em 3D. O modelo compartilhado deve segmentar as responsabilidades e condicionar a liberdade de alteração de cada projetista, garantindo o arquivamento do histórico. Para a profissional, o modelo

[...] deve ser salvo em arquivo separado ou em um *backup*, bem como as áreas modificadas no projeto devem ser documentadas e emitidas na forma impressa, dentro de um sistema de controle de qualidade, de forma que não possam ser adulteradas, para futuras referências de consulta.

Se as informações criadas ficarem centralizadas em terceiros, elas podem sair do controle de seus autores. A troca total de informações geradas com o BIM num local em que se convive com a corrupção pode trazer muitos riscos aos profissionais. Toda a indústria da construção civil deve se adequar para que o sistema seja implantado com sucesso.

Além disso, com o trabalho de geração do modelo simultâneo, o desempenho dos projetistas passa a depender diretamente da relação existente entre eles. Com colaboração, a dependência entre os profissionais envolvidos não se torna um problema. A Arquiteta C cita a proposta de alguns professores de uma universidade norte-americana que segmentam as práticas colaborativas, visando compreendê-las melhor. Para eles, a colaboração pode ser dividida em três passos: formação, implementação e evolução. A primeira corresponde ao período pré-negociação de contrato. Os potenciais parceiros devem se conhecer, estabelecer relações de parceria, conferir e concordar com os termos do plano de implementação do BIM. Este plano deve definir questões como:

- a) quais modelos serão utilizados;
- b) qual é o conteúdo de cada modelo;
- c) os protocolos para aprovação do projeto;
- d) como as mudanças serão incorporadas;
- e) quais softwares serão utilizados;
- f) como os problemas de interoperabilidade serão resolvidos;
- g) até onde será possível confiar no modelo.

A equipe deve estar alinhada e compatível quanto ao modo de trabalho e cultura da empresa. Apesar das relações de propriedade intelectual deverem estar especificadas em contrato, a equipe deve confiar nos participantes do projeto, para evitar atritos, já que não há como manter segredos comerciais utilizando o modelo BIM.

Prosseguindo, na etapa de implementação deve-se testar o que foi estabelecido na formação para verificar se os envolvidos possuem as competências, matérias e sistemas de trabalho esperados. Caso o teste seja positivo, o entendimento mútuo cresce e as incertezas do início da parceria diminuem, caso contrário, a equipe deve ser repensada e o contrato revisado para que atenda todas as questões de possível discórdia. Este contrato deve ser abrangente e prático, para que seu cumprimento possa ser facilmente exigido dos envolvidos. Já durante a evolução, os relacionamentos se estabilizam, seguindo a direção de abordagens como o IPD,

em processos como *Construction Management at Risk* e *Design-Build*, descritos anteriormente.

Apesar do uso do IPD nos EUA estar apenas começando, a relação que estabelece realmente auxilia o desenvolvimento do BIM, já que contratualmente os intervenientes ficam unidos. Assim, os resultados, bons ou ruins, são compartilhados entre todos, estimulando uma postura colaborativa e melhorando a qualidade dos projetos. Entretanto, A Engenheira C explica que “O modelo proposto lá, fora desenvolvido como proposta de solução para dificuldades de mercado que nem sempre tem equivalência direta aqui no Brasil.”. Assim, pode-se importar o IPD, desde que adequações sejam feitas.

Para a fase de transição, a Arquiteta F acredita que antes de pensar em utilizar IPD ou outras formas de *business* todos os parceiros devem trabalhar com *softwares* paramétricos. Deve-se começar oferecendo em seus contratos atuais modelos tridimensionais paramétricos, com os respectivos incrementos financeiros. Após, as novas formas de contratos envolvendo equipes devem ser implementadas. Percebe-se que ela indica que o caminho é primeiramente utilizar os *softwares*, se familiarizar com a tecnologia. Após, oferecer em paralelo ao projeto com ferramentas CAD o modelo paramétrico do projeto, e então, adequar a empresa à abordagem colaborativa e adequar as contratações conforme estas diretrizes.

5.1.2 Organização

Partindo da estrutura da empresa e do seu objetivo com o BIM, devem-se estabelecer quais informações deverão ser trocadas entre os intervenientes. O Engenheiro A chama estas informações de *Exchange Requirements*, ou seja, as necessidades entre diferentes projetistas. Como ele mesmo explica, “[...] a arquitetura precisa de informação da estrutura para fazer seu projeto, o que é preciso de informação da instalação, da vedação, etc.”. Definir previamente as dependências, quais informações devem ser repassadas e como será feita é essencial para o desenvolvimento do projeto.

A Arquiteta B concorda afirmando que o profissional que concebe o produto deve utilizar uma ferramenta BIM, porém com conhecimento a respeito do impacto que a sua proposta irá causar no desempenho da edificação. A mesma arquiteta afirma que o que mais encarece o

projeto, independente de BIM, são as trocas de informação entre consultores e arquitetos para definirem soluções economicamente viáveis e compatíveis com o projeto em andamento.

Como Engenheiro A indica, para realizar este processo de troca simultânea, o ideal é utilizar um servidor de modelo. Com o BIM, não vale a pena transmitir modelos completos de um projetista a outro. Os arquivos gerados são muito grandes e não podem ser enviado por e-mail ou através de *extranet*.

Também, como afirma Arquiteto A, “Modelos BIM são particularmente valiosos e podem expor uma edificação de uma maneira nunca imaginada.”. É preciso buscar formas de garantir a integridade e segurança do modelo, sejam por meio da organização do trabalho de forma colaborativa, forçando o cumprimento dos contratos, com senhas ou identificando os autores das partes ou especialidades através de servidor de modelo ou modelos federados.

Como indicado em capítulo anterior, os modelos federados compõem um sistema cooperativo multilateral, formando uma rede de acessos ao modelo. A empresa Gafisa, que já há algum tempo vem aplicando e desenvolvendo a utilização do BIM, como explica Engenheiro B, tem utilizado o conceito de modelo federado. Cada projetista possui seu próprio modelo, trabalhando somente em sua parte do projeto. O conjunto dos arquivos coordenados, disponibilizados em IFC, é unido dentro de um visualizador pelo coordenador e todos os projetistas somente têm acesso ao conjunto durante as reuniões.

Já para o modelo central, como sugere o Engenheiro A, “[...] a melhor solução é o *BIMServer*, um *model server* que trabalha em *cloud computing* e permite que os dados sejam enviados em IFC a partir de qualquer *software*.”. Ele conclui que, ainda não se conhece bem as ferramentas e não se ingressou no estágio de colaboração que permita que se entendam todos os padrões e alternativas de troca de dados. Muitas das soluções que estão sendo utilizadas apenas repetem o que é feito com as ferramentas CAD. Com o BIM pode-se automatizar os processos, e para isso é preciso entender a tecnologia da informação que está envolvida.

Além disso, o Engenheiro A também afirma que “A tecnologia dos *models servers* está ainda no começo.”. Algumas empresas já estão conseguindo disponibilizar ferramentas como *merge*, para unir elementos, e *clash detection*, para detectar incompatibilidades entre elementos projetados. Outra, a *Graphisoft* separa por cores as áreas do modelo reservadas a

cada projetista, conhecidas como *workssets*, o que é muito positivo, já que o trabalho será simultâneo. Porém, esta característica do BIM exigirá uma gestão em tempo real do modelo.

O ideal, como o Engenheiro A ainda destaca “[...] é trabalharmos com o modelo ‘*data based*’, ou seja, o *Model Server* recebe apenas os incrementos das informações entre cada um dos modelos individuais.”. Cada vez que o modelo sofre alguma alteração não é necessário enviar todo ele para o servidor, somente as alterações são enviadas. Estas são comparadas e se houverem inconsistências, são apontadas. Para que a abordagem funcione, é preciso que os *softwares* utilizados sejam compatíveis. Assim, ou utilizam-se *softwares* de mesmo fornecedor, ou compatíveis ao formato IFC.

Outra questão que ainda não está resolvida, segundo o Engenheiro A, é o tamanho dos lotes de entrega dos projetistas. Não sendo mais sequencial, o processo não exige conjuntos de entrega. Para manter a colaboração, cada projetista deve trabalhar conforme a necessidade do modelo. Uma técnica recomendada para auxiliar nesta questão é o LOD, que forma uma base para a organização dos *deliverables*. Então, o que exigir dos projetistas e de que forma, deve ser criteriosamente decidido e registrado em contrato, para que possa ser base para pagamentos e cobranças de resultados.

5.1.3 Colaboração

Para implementar o BIM, antes de mais nada, os projetistas e equipe de coordenação do processo de projetos precisam estar equipados de modo compatível à demanda. A grande maioria de *softwares* voltados aos modelos paramétricos apresenta aos possíveis usuários as características que o computador deve ter para um bom funcionamento. Existem muitas opções no mercado, e cabe aos interessados procurar o que melhor se adapta as suas necessidades. Várias empresas, impulsionadas pela propaganda das possibilidades que o conceito carrega, têm investido alto para apoiar as empresas e profissionais liberais. O Engenheiro A cita a *Dell* como exemplo. A empresa tem lançado *Workstations* para dar suporte aos profissionais que trabalham com muitos gráficos, oferecendo potência e ambientes multitarefa com confiabilidade.

Tendo a base tecnológica, deve-se estabelecer o novo fluxo de trabalho, considerando o modo com que será modelado e gerenciado o projeto. Como afirma Engenheiro A, atualmente tem-

se estudo preliminar, anteprojeto, pré-executivo, executivo e detalhamento que com a utilização do BIM passarão a viabilidade, concepção do modelo e desenvolvimento do projeto final. Ainda, o mesmo profissional sugere que para coordenar as atividades dos diferentes projetistas trabalhando colaborativamente para a empresa contratante, é necessário um profissional específico. Este deve ajustar detalhes do modelo, orientar quanto aos critérios impostos pelo proprietário, dar permissões e outros suportes técnicos a equipe de projetistas e coordenar os projetos em andamento. Ou seja, assim como com as ferramentas CAD, deve-se compatibilizar o modelo e gerenciar as relações entre os profissionais envolvidos.

Este gerenciamento deve estar atento às novas dependências do processo. Como explica o Engenheiro A, com a simultaneidade de trabalho, deve-se atentar as dependências de tarefa e sub-tarefa e também de recursos comum compartilhável, para que os profissionais envolvidos não percam o foco na meta do nível de detalhamento e também não gerem conflito de informação alterando de formas distintas o mesmo elemento simultaneamente.

O Arquiteto D acredita que o profissional ideal para atender a nova demanda é o atual coordenador de projetos. Este já possui a experiência que o mercado exige quanto às questões de projeto, faltando somente se ajustar aos novos processos e incorporar a filosofia do BIM. As empresas podem optar em ter dois profissionais gerenciando o processo, um trabalhando com o modelo e outro com o gerenciamento. Atualmente, as maiores construtoras, lidam com inúmeros empreendimentos simultaneamente, o que pode justificar a segmentação de responsabilidades dentro da coordenação.

Entretanto, tendo o conhecimento segregado em especialidades, segundo o Engenheiro A, surgirá uma interface que pode burocratizar demais o processo. O trabalho distinto do coordenador do projeto e o coordenador do modelo pode gerar problemas. Portanto, o ideal é que um único coordenador ficasse com ambas as responsabilidades.

Já, segundo o Arquiteto E, as construtoras devem segmentar o desenvolvimento do projeto e o modelo. Um profissional deve trabalhar com o gerenciamento. Outro, durante a adaptação da empresa, deve trabalhar assessorando o modelo, então passar a consultor, até que o processo incorpore-se ao grupo. Por fim, quando a atribuição for incorporada pelo coordenador de projetos, tornar-se apenas apoio à empresa.

Definindo quem fará a coordenação, alguns quesitos dela devem ser planejados, como o controle de revisões e reuniões de projetistas. O controle das revisões, segundo o Engenheiro A, “[...] deve ser feito num modelo central e salvo em uma rede.”. Ele explica que, considerando a utilização do Revit, cada projetista possui uma cópia do modelo em seu computador, e o modelo central é atualizado. Nota-se com isto que cada alteração feita no modelo deve ser salva pelo projetista e o coordenador deve acompanhar a evolução no modelo central.

Considerando o conceito de modelo federado, utilizado pela Gafisa, como o Engenheiro B explica, o controle é feito nos escritórios, individualmente, e também pela empresa, que é a única que possui todos os arquivos em IFC. Esta situação não é a ideal, está muito próxima ao que é feito atualmente em projetos 2D. Porém, para o período de transição, até que todas as questões se adéquem, pode ser uma boa opção.

Já a coordenação das reuniões, como sugere Engenheiro A, ganha um papel de grande relevância, já que estas promovem o envolvimento de toda a equipe de projetistas forçando a colaboração através do entendimento das dependências. Atualmente, as reuniões não são muito bem vistas pelos projetistas, pois tomam muito tempo, e se não forem bem planejadas e geridas, acabam não agregando valor ao desenvolvimento do projeto.

Com o BIM é possível tornar todas as reuniões encontros úteis e produtivos. O Engenheiro A aponta a possibilidade de utilizar o conceito *BigRoom*, apresentado no congresso do CIBW78, no Cairo. O conceito representa a reunião de toda a equipe em uma sala equipada com *data show*, onde o modelo em BIM fica projetado, para que os envolvidos trabalhem e resolvam juntos as questões que surgirem ao longo do desenvolvimento individual, durante o tempo destinado à reunião. O modelo permite alterações e compatibiliza tudo na hora, evitando esquecimento de questões importantes que foram discutidas.

5.2 DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

As opiniões apresentadas neste capítulo são oriundas de arquitetos ou engenheiros, profissionais ligados a empresas fornecedoras de soluções para a coordenação, pesquisadores e funcionários e/ou proprietários de empresas de arquitetura e engenharia, ligadas a atividade de elaboração de projetos e coordenação do processo de projeto. Por isto, pode-se dizer que

refletem aspectos práticos de um conhecimento já difundido no setor, abrangendo diversas áreas de atuação e variadas percepções.

Um dos aspectos que chama a atenção é que muitas das questões, ainda indefinidas quanto à coordenação dos projetistas com o uso de BIM, são diretamente dependentes das características específicas de cada empresa. Por esta razão, devem ser trabalhadas seguindo as melhores práticas, individualmente, através de estudos específicos.

Como dito em capítulo anterior, o conceito de BIM surgiu no final da década de 80. Inicialmente a utilização em empresas da construção civil era totalmente inviável, devido à inexistência de equipamentos para dar o suporte necessário. Para poder trabalhar, era preciso utilizar *mainframes* (computadores de grande porte). Entretanto, com o passar do tempo e desenvolvimento da TI, até mesmo os equipamentos domésticos conquistaram capacidade e velocidade de processamento. Atualmente é possível armazenar grandes bancos de dados e também se consegue transferir informações rapidamente.

Entretanto, os *softwares* ainda apresentam dificuldades para a utilização do BIM, pois nem todos possuem a capacidade de importar e exportar em IFC. Assim, tratando-se de base tecnológica, resta apenas aguardar a continuidade de desenvolvimento, por parte dos fornecedores de *softwares*, que tende a acabar com os problemas de interoperabilidade.

Por outro lado, as visões dos profissionais indicam que ainda não existem modelos de coordenação do processo de projetos para utilização do BIM. Segundo os mesmos, deve-se estabelecer o perfil da empresa que deseja utilizá-lo, então, quais são os objetivos e qual será a abrangência do conceito, já que interferem diretamente nas condicionantes de gerenciamento do processo de projetos. Esta definição interfere em todas as dimensões de coordenação.

Devido à dificuldade em separar as dimensões de análise, já que são interdependentes, a seguir apresentam-se as discussões seguindo a mesma organização utilizada anteriormente. De forma individualizada é possível ter uma melhor compreensão da análise.

5.2.1 Contratação

Com o processo atual, sente-se necessidade de contato inicial dos profissionais com o objetivo que está sendo proposto pela construtora. Com o BIM o mesmo ocorre, porém, sendo obrigatório, já que o modelo somente poderá ser desenvolvido com a atuação de diversas especialidades. Com esta interação, os projetistas poderão contribuir com ideias e novas soluções, a tempo de ajustar o modelo. Caso o projeto já tenha sido aprovado e o produto lançado para vendas em planta, alterações significativas não podem ocorrer, restringindo as possibilidades de criação e aperfeiçoamento.

Também, com a utilização do BIM, cada projetista deve ter em mente os impactos que seus elementos projetados, como por exemplo uma rede de coleta de chuva, geram aos demais, que devem ajustar furação, altura de elementos estruturais e acabamentos, entre outros. Modelar com consciência e espaço para novas soluções gera consequências favoráveis à qualidade do produto. Assim como o processo de projeto, todas as interações iniciais devem ser coordenadas. Esta interferência garante que as diretrizes da empresa estarão sendo seguidas, evitando desperdício de trabalho em opções que posteriormente seriam descartadas.

Além disso, para garantir a cooperação, todas as questões que podem influenciar o trabalho dos projetistas contratados, devem estar registradas por meio de contrato. O modelo individual, utilizado com as ferramentas CAD não é recomendado. Os contratos devem se adequar ao processo simultâneo e colaborativo. A divisão dos lucros e prejuízos, responsabilidade técnica e controle da propriedade intelectual devem ser bem estipulados, para evitar conflitos judiciais. Alguns profissionais acreditam que esta situação pode ser alcançada através de contratos em *holding*, outros acreditam que o padrão *ConsensusDOCS 300*, utilizado nos Estados Unidos, deve ser a base para adaptação no País.

Pode-se, também, adequar os modelos atualmente utilizados para as novas condicionantes, atentando para a necessidade de estipular entregas, responsabilidades, ajustes de honorários e garantir a eficiência legal. O fato é que, para estimular e garantir a colaboração de pessoas estranhas, todas as questões de possível discórdia devem ser levantadas e garantidas. Com isto, percebe-se que para que o BIM seja utilizado, algumas arquiteturas de empresas não são indicadas. O ideal é que os riscos estejam sob responsabilidade da contratante, diminuindo motivos de insatisfação e assim, falta de colaboração, como é o caso de contratação por menor preço.

5.2.2 Organização

Os projetistas devem ter contato com a idéia do produto desde sua concepção. Deste modo, será possível gerar um modelo inicial coerente e de acordo com *Exchange Requirements*. Além de tratar dos requisitos de cada envolvido é necessário organizar os *deliverables*. Com as ferramentas CAD, os pacotes de trabalho e cronograma são organizados, principalmente, considerando o EAP. Porém, como até mesmo as etapas do processo de projeto sofrerão ajustes com o uso do BIM, as entregas precisam ser reestruturadas. Alguns autores acreditem que as etapas se resumirão a viabilidade, concepção do modelo e desenvolvimento do projeto final.

Considerando esta segregação, deve-se definir o conteúdo que cada projetista deve inserir ao modelo, em cada fase, mantendo-se uma coerência de crescimento de nível de detalhamento. Para auxiliar esta questão o LOD pode ser uma escolha dos profissionais da área. Deve-se ter estipulado os pacotes de trabalho, para que estes sejam inseridos no documento. Outros métodos podem ser utilizados, desde que considerem o perfil da empresa, objetivos com o BIM e o nível de detalhamento em que se pretende chegar.

Seguindo o desenvolvimento, os modelos não podem ser repassados de um projetista para outro por e-mail ou *extranet*, como é feito atualmente, já que compõem grandes arquivos. Deve-se trabalhar somente com a troca de dados que tenham sofrido alterações. Uma das principais opções disponíveis para tal é o *model server*, que trabalha com banco de dados orientado, onde o modelo central recebe somente as alterações desenvolvidas nos modelos individuais dos projetistas, ficando a cargo do coordenador do processo verificar a compatibilidade de soluções. Ou então, ter diversos profissionais acessando o mesmo modelo simultaneamente. Nesta segunda opção, pode-se ter dificuldade em modelar, pois, mesmo sendo simultâneo, as áreas de trabalho devem ser segmentadas para cada projetista, de modo que duas pessoas não alterem determinado elemento juntos. Estes modelos de utilização dependem do servidor utilizado e das características da base tecnológica disponíveis.

5.2.3 Colaboração

Assim como ocorre com as ferramentas CAD, cada profissional pode preferir um fornecedor de *software* diferente, devido às características específicas de seu projeto. Os *softwares* para

uso do BIM ainda não importam e exportam perfeitamente o formato aberto IFC. E, com o formato proprietário, deve-se montar uma equipe de projetistas não mais considerando apenas a capacidade e qualidade do trabalho desenvolvido, também deve-se considerar a interoperabilidade entre *softwares* utilizados. Esta diminuição do poder de barganha também se aplica aos projetistas, que ficam presos a determinados formatos, mais utilizados. Entretanto, com o aprimoramento dos *softwares*, adaptando-se ao padrão IFC, este problema tende a sumir.

Além disso, o registro do desenvolvimento do projeto deve ser arquivado de forma distinta ao que atualmente é praticado. Cada alteração precisa continuar sendo registrada para resguardar a responsabilidade de cada profissional em eventuais disputas, além de resguardar a propriedade intelectual. Com as ferramentas CAD, o *extranet* é muito utilizado. Nele, todo o histórico fica arquivado, estando disponível aos profissionais registrados. Já com o BIM, não será possível guardar tantas cópias do modelo. Deve-se, então, registrar cada alteração de forma que não possa ser adulterada, ter uma lista mestra destes arquivos gerados e salvá-los em *backup*. Cada projetista deverá se preocupar com esta questão e a empresa contratante deverá manter um registro de todo este material, além de possuir o modelo.

Assim, o atual coordenador do processo de projetos deve gerenciar as atividades dos profissionais envolvidos, além de controlar o modelo desde sua compatibilização até o controle da lista mestra de revisões. Pode-se ter mais de um profissional trabalhando para tal, porém, deve-se ter cuidado para não gerar mais uma interface entre eles, burocratizando o processo.

Outra das funções deste profissional é promover encontros entre os projetistas para que o projeto possa ser discutido com a visão e necessidades de diversas especialidades. As reuniões de projeto não são bem vistas pelos projetistas, já que demandam muito tempo e geram poucos resultados. Com o BIM o conceito *BigRoom* pode ser aplicado, tornando os encontros produtivos, com resultados imediatos, pois as alterações podem ser feitas no modelo central, compatibilizadas e salvas durante a reunião. Isto somente se torna possível se houver colaboração entre os profissionais envolvidos. Algumas decisões podem impactar diretamente sobre o trabalho desenvolvido por determinada especialidade, gerando retrabalho. Abordagens como o IPD tendem a auxiliar o setor neste quesito.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar das melhorias obtidas, atualmente o setor da construção civil ainda encontra-se em estado pouco avançado. Os projetos são desenvolvidos sem o tempo, cuidado e dedicação necessários. A qualidade do projeto está diretamente relacionada a qualidade do produto final, e, apesar de perceber a importância dos projetos, o setor ainda não adquiriu a cultura de valorização desta etapa.

Os atuais processos possuem falhas, não conseguem resolver de modo adequado todas as situações relacionadas à coordenação do processo de projeto. Como exemplo, tem-se a disposição das informações de modo disperso, pouca ou nenhuma comunicação entre os envolvidos, incompatibilidades e dificuldade de interpretação das representações, baixa produtividade de reuniões e engessamento das soluções inovadoras, já que não há prazo para adequação dos projetos. Então, a mudança de cultura, aliada às ferramentas disponibilizadas pela TI, permitirão um grande avanço ao setor.

O conceito BIM, que está sendo ofertado ao mercado, traz benefícios como diminuição de erros em projetos, maior disponibilidade para pensar em soluções e melhores técnicas, aumento da comunicação entre os envolvidos, além do contato de especialistas desde a concepção do produto, possibilitando alterações e inserção de melhorias, antes que o produto seja lançado. Ou seja, a qualidade do projeto e, conseqüentemente, a do produto pode ser afetada de modo positivo.

Para utilizá-lo, as empresas devem adequar seus equipamentos e *softwares*, sem esquecer de ajustar seus processos. O objetivo de avaliar os efeitos do uso da tecnologia BIM sobre a coordenação dos projetistas que atuam no projeto de um empreendimento de construção, em relação ao uso de ferramentas CAD, proposto por este trabalho, foi atingido, tendo como resultado a indicação de questões relevantes, que não devem ser ignoradas pelas empresas que desejam implementar o BIM em seus processos. Somente é possível extrair o máximo de aproveitamento se os processos, desde o modo de contratação, até o modelo de compartilhamento de informações, estiverem orientados à colaboração.

As questões discutidas neste trabalho, envolvendo a coordenação dos interesses e objetivos dos envolvidos, modo de divisão das atividades, definição de escopo e formas de trabalhar com colaborativamente com o BIM foram tratadas seguindo uma classificação de contratos, organização e colaboração porém, ressalta-se o fato da interdependência destas questões. A separação do conteúdo de cada dimensão não é uma tarefa simples, já que todas se relacionam e possuem dependências. Entretanto, a divisão é necessária para dar maior clareza aos assuntos discutidos.

Então, utilizar ou não o BIM não representa apenas uma escolha de *software*. É, sim, uma escolha ligada à estratégia da empresa, pois esta decisão afeta a estrutura da empresa em todos os níveis, já que possuem interdependências. Para que o BIM tenha sucesso desde o início de sua implementação, as empresas devem estimular uma mudança cultural, gerando um trabalho maior e mais cuidadoso desde a análise inicial, estipulando prazos realistas para a elaboração do projeto.

REFERÊNCIAS

ADDOR, M. R. A.; CASTANHO, M. D. de A.; CAMBIAGHI, H.; DELATORRE, J. P. M.; NARDELLI, E. S.; OLIVEIRA, A. L. de. Colocando o “i” no BIM. **arq.urb**: revista eletrônica de arquitetura e urbanismo, São Paulo, n. 4, p. 104-115, 2. sem. 2010. Disponível em: <<http://www.usjt.br/arq.urb/>>⁸. Acesso em: 7 set. 2011.

ADVANCE2000. Services, business cloud computing. Disponível em: <<http://www.advance2000.com>>. Acesso em: 6 abr. 2012.

AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS. **Integrated Project Delivery**: a guide. New York, 2007. Disponível em: <<http://www.aia.org/contractdocs/AIAS077630>>. Acesso em: 15 jan. 2012.

AMARAL, R. D. C. do; PINA FILHO, A. C. de. A evolução do CAD e sua aplicação em projetos de engenharia. In: SIMPÓSIO DE MECÂNICA COMPUTACIONAL, 9., 2010, São João Del-Rei. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ, 2010. Não paginado. Disponível em: <<http://www.ufsj.edu.br/simmec2010/pagina/desdesoft/DES-02.pdf>>. Acesso em: 2 nov. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA. **Tabela comparativa de softwares BIM**. São Paulo, 2011. Não paginado. Disponível em: <<http://www.asbea.org.br/escritorios-arquitetura/noticias/gtbim-cria-tabela-comparativa-de-softwares-para-modelagem-parametrica-243541-1.asp>>. Acesso em: 15 jan. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS GESTORES E COORDENADORES DE PROJETO. **Manual de escopo de serviços para coordenação de projetos**. São Paulo, 2010.

AUTODESK. Home, services & support, Autodesk Revit Architecture. Disponível em: <<http://www.autodesk.com.br>>. Acesso em: 15 dez. 2011.

BEDRICK, J. **Organizing the development of a building information model**. AECbytes, Sept. 2008. Não paginado. Disponível em: <<http://www.aecbytes.com/feature/2008/MPSforBIM.html>>. Acesso em: 1 fev. 2012.

BIMSERVER. Open source building information model server . Disponível em: <<http://bimserver.org>>. Acesso em: 15 dez. 2011.

BORDIN, L.; SCHMITT, C. M.; GUERRERO, J. M. C. N. A importância de melhor gerenciar a utilização de sistemas colaborativos para o desenvolvimento de projetos na indústria da construção civil. In: WORKSHOP NACIONAL GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 7., 2007, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2007. Não paginado. Disponível em: <<http://www.eesc.usp.br/sap/projetar/files/A002.pdf>>. Acesso em: 26 out. 2011.

⁸ Em <<http://www.usjt.br/arq.urb/>>, acesse o link <Miriam Roux A. Addor, Miriam Dardes de Almeida Castanho, Henrique Cambiaghi, Joyce Paula Martin Delatorre, Eduardo Sampaio Nardelli, André Lompreta de Oliveira>.

BUILDINGSMART. International home of openBIM, 2011. Disponível em: <<http://www.buildingsmart.com/>>. Acesso em: 2 nov. 2011.

CATTANI, A. **Recursos informáticos e telemáticos como suporte para formação e qualificação de trabalhadores da construção civil**. 2001. 249 f. Tese (Doutorado em Informática na Educação) – Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

CAVALIERI, A.; DINSMORE, P. C. **Como se tornar um profissional em gerenciamento de projetos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2007.

CONSTRUÇÃO Integrada. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini, ano 16, n. 127, p. 44-49, out/nov. 2007.

CRESPO, C. C.; RUSCHEL, R. Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 3., 2007, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, 2007. Não paginado. Disponível em: <<http://www6.ufrgs.br/norie/tic2007/artigos/A1085.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2011.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors**. 2. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011.

FABRICIO, M. M.; BAÍA, J. L.; MELHADO, S. B. Estudo do fluxo de projetos: cooperação sequencial x colaboração simultânea. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 1., 1999, Recife. **Anais...** Recife: UFP, 1999. Não paginado. Disponível em: <<http://silviobm.pcc.usp.br/Publicações%20PDF/SIBRAGEQ99-ES.pdf>> Acesso em: 9 out. 2011.

FERREIRA, S. L. Da engenharia simultânea ao modelo de informações de construção (BIM): contribuição das ferramentas ao processo de projeto e produção e vice-versa. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 7., 2007, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2007. Não paginado. Disponível em: <<http://www.cesec.ufpr.br/workshop2007>>⁹. Acesso em: 7 set. 2011.

GESTÃO remodelada. **Construção Mercado**, São Paulo: Pini, n. 115, jan 2011. Não paginado. Disponível em: <<http://revista.construcaomercado.com.br/negocios-incorporacao-construcao/115/artigo208371-1.asp?o=r>>. Acesso em: 20 jan. 2012.

GRAPHISOFT. Open BIM. Disponível em: <<http://www.graphisoft.com/>>. Acesso em: 15 dez. 2011.

ISATTO, E. L. **Proposição de um modelo teórico-descritivo para a coordenação inter-organizacional de cadeias de suprimentos de empreendimentos de construção**. 2005. 286 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

⁹ Em <<http://www.cesec.ufpr.br/workshop2007>> acesse o índice ao lado esquerdo da página <artigos aprovados>. Na <Sessão Temática 2>, é o sexto artigo.

MELHADO, S. B.; AGOPYAN, V. **O conceito de projeto na construção de edifícios:** diretrizes para sua elaboração e controle. São Paulo: EPUSP, 1995. Boletim Técnico PCC n. 139.

MOURA, P. M. **Um estudo sobre a coordenação do processo de projeto em empreendimentos complexos.** 2005. 179 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

NASCIMENTO, L. A.; SANTOS, E. T. A contribuição da tecnologia da informação ao processo de projeto na construção civil. In: WORKSHOP NACIONAL GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2., 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: PUCRS, 2002. Não paginado. Disponível em: <<http://toledo.pcc.usp.br/pdf/barreirasTI-reprint.pdf>>. Acesso em: 26 out. 2011.

OHYA, C. M. **Processo de definição de escopo na contratação de serviços de gerenciamento.** 2005. 64 f. Monografia (MBA em Gerenciamento de Empresas e Empreendimentos na Construção Civil, com Ênfase em Real Estate) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

OLIVEIRA, O. J. Gestão do processo de projeto na construção de edifícios. **Integração**, São Paulo, n. 38, p. 201-217, jul./ago./set. 2004. Disponível em: <ftp://ftp.usjt.br/pub/revint/201_38.pdf>. Acesso em: 2 nov. 2011.

POR DENTRO do BIM. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini, ano 19, n. 168, p. 38-48, mar/abr. 2011.

SÁNCHEZ, A. C. C. **Uma contribuição a coordenação de projeto, na construção de edifícios:** estudo sobre as dependências do processo. 2008. 308 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2008.

SILVA, E. **Uma introdução ao Projeto Arquitetônico.** 1. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 1984.

SILVA, L. F. da; ANDRADE, S. A. L de; VELLASCO, P. C. G. da S.; FEIJÓ, B. Projeto e construção de estruturas de aço utilizando um sistema de projeto integrado baseado em CAD e internet. In: WORKSHOP SOCIEDADE IBERO-AMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL, 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2011. p. 113-115. Disponível em: <http://cumincades.scix.net/data/works/att/sigradi2009_1134.content.pdf>. Acesso em: 28 out. 2011.

SILVA, T. V. A. da; COSTA, H. A. X.; RESENDE, A. M. P de. Adaptação do modelo PMBOK ao desenvolvimento de um projeto de pequeno porte – Projeto SIMIUS. **Revista do CCEI:** Centro de Ciências da Economia e Informática, Bagé, v. 11, n. 20, p. 102-113, Ago. 2007. Disponível em: <http://www.urcamp.tche.br/ccei/portal/images/Revista_CCEI/numero20.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2012.

SILVA, R. C. da; AMORIM, L. M. do E. Urbanismo paramétrico: emergência, limites e perspectivas de nova corrente de desenho urbano fundamentada em sistemas de desenho

paramétricos. **V!rus**, São Carlos, n. 3, p. 1-43, 1. sem. 2010. Disponível em: <<http://www.nomads.usp.br/virus/virus03/submitted/layout.php?item=2&lang=pt>>. Acesso em: 25 jan. 2012.

VIANA, D. D. **Compreensão do sistema *last planner* de controle da produção segundo a perspectiva da linguagem-ação**. 2011.162 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

WANGHAM, M. S.; FRAGA, J. da S.; MELLO, E. R. de; MILANEZ, J. Um modelo para o gerenciamento federado do SPKI/SDSI através do serviço XKMS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO EM SEGURANÇA DA INFORMAÇÃO E DE SISTEMAS COMPUTACIONAIS, 6., 2006, Santos. **Anais...** Porto Alegre, 2006. p. 1-14. Disponível em: <<http://www.das.ufsc.br/~emerson/academico/publicacoes.html>>. Acesso em 20 jan. 2012.