

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

**Pier Luiz de Resende Mattei**

**BIM E A INFORMAÇÃO NO SUBSETOR DE EDIFICAÇÕES  
DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Porto Alegre  
dezembro 2008

**PIER LUIZ DE RESENDE MATTEI**

**BIM E A INFORMAÇÃO NO SUBSETOR DE EDIFICAÇÕES  
DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

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

**Orientadora: Carin Maria Schmitt**

Porto Alegre  
dezembro 2008

**PIER LUIZ DE RESENDE MATTEI**

**BIM E A INFORMAÇÃO NO SUBSETOR DE EDIFICAÇÕES  
DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Professora Orientadora e pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 9 de dezembro de 2008

Profa. Carin Maria Schmitt  
Dra. pela UFRGS  
Orientadora

Prof. Inácio Benvegnu Morsch  
Chefe do DECIV

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Maurício Moreira e Silva Bernardes**  
Dr. pela UFRGS

**Prof. Newton Chwartzmann**  
Mestre pela UFRGS

**Profa. Carin Maria Schmitt**  
Dra. pela UFRGS

Dedico este trabalho a meus pais, Carlito e Therezinha,  
que sempre me apoiaram e especialmente durante o  
período do meu Curso de Graduação  
estiveram ao meu lado.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Prof. Carin Maria Schmitt, orientadora deste trabalho pela dedicação e paciência despendida.

Agradeço à RPIInvest pelo apoio e compreensão despendidos durante este último semestre.

Agradeço ao meu irmão pelos conselhos e orientações dadas ao longo de todo este Curso.

Agradeço aos meus amigos e colegas por tudo que contribuíram nesta jornada.

Agradeço à Deus pela vida e por tudo que realizei até agora.

O que distinguirá uma nação avançada de outra  
será a habilidade de coletar, organizar, processar  
e disseminar informações.

*Peter Drucker*

## RESUMO

MATTEI, P. L. R. **BIM e a Informação no subsetor de Edificações da Indústria da Construção Civil**. 2008. 67 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

O uso de ferramentas eletrônicas vem sendo intensificado ao longo dos últimos anos. A área de tecnologia da informação vem ganhando cada vez mais relevância no planejamento estratégico das empresas, independente do setor de atuação. Na indústria da construção civil, percebe-se um considerável aumento de interesse sobre o tema a partir de 1999, quando o assunto passou a vigorar mais freqüentemente em revistas, sites e congressos. Na condução deste processo vários agentes foram ganhando destaque, entre eles pesquisadores, associações independentes e, é claro, os fabricantes de *softwares*. Entre as associações que mais se destacaram, se tem a *International Alliance for Interoperability*, que desenvolveu uma plataforma capaz de fornecer interoperabilidade ao processo construtivo. O avanço da tecnologia culminou no desenvolvimento de um programa capaz de alterar os paradigmas atuais dos processos construtivos e de projeto. Em um cenário onde a consolidação das ferramentas CAD é uma realidade, o surgimento do *Building Information Modeling* (BIM) desponta como uma solução capaz de prover aos engenheiros e arquitetos uma abordagem mais completa e dinâmica do fluxo de trabalho. O BIM constitui-se em um banco digital de dados, no qual podem ser inseridos e extraídos todos os tipos de informações necessárias à descrição do projeto. Para tal, o BIM utiliza-se de uma série de conceitos como o da interoperabilidade, integridade paramétrica e coordenação da informação. Este trabalho estudou os conceitos que esta ferramenta abrange e, a partir daí, analisou-se as possíveis lacunas que a sua adoção pode preencher no que se refere a transmissão e intercambialidade da informação no processo construtivo. Como resultados, se verificou a possibilidade de um sistema BIM resolver problemas ligados a falta de interoperabilidade, falta de integração e padronização das informações, bem como melhorar a qualidade das representações gráficas.

Palavras-chave: BIM; CAD; integridade paramétrica; interoperabilidade.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: delineamento do trabalho .....	19
Figura 2: dinâmica de um BIM .....	25
Figura 3: ciclo BIM .....	32
Figura 4: arquivo texto de extensão IFC gerado a partir de um projeto .....	37
Figura 5: modelo BIM-IFC e a utilização de programas simuladores .....	38
Figura 6: dinâmica da Interoperabilidade .....	40

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1: diagnóstico dos problemas levantados .....	58
--	----

## **LISTA DE SIGLAS**

AEC: Arquitetura, Engenharia e Construção

BIM: Building Information Modeling

CAD: Computer Aided Design

HTML: Hyper Text Markup Language

IAI: International Alliance for Interoperability

IFC: Industry Foundation Classes

ISO: International Standards Organization

STEP: Standard Exchange of Product Model Data

TI: Tecnologia da Informação

XML: Extensible Markup Language

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2 MÉTODO DE PESQUISA</b> .....	17
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA .....	17
2.1 OBJETIVOS .....	17
2.2 DELIMITAÇÃO .....	17
2.3 LIMITAÇÕES .....	18
2.5 DELINEAMENTO .....	18
<b>2.5.1 Pesquisa Bibliográfica</b> .....	19
<b>2.5.2 Descrição do BIM</b> .....	20
<b>2.5.3 Levantamento de casos</b> .....	20
<b>2.5.4 Diagnóstico de problemas na troca de informações</b> .....	20
<b>2.5.5 Análise dos resultados</b> .....	20
<b>2.5.6 Conclusões</b> .....	21
<b>3 SURGIMENTO DO BIM</b> .....	22
3.1 BREVE HISTÓRICO .....	22
3.2 DESCRIÇÃO DO BIM .....	24
<b>3.2.1 Conceito</b> .....	24
3.2.1.1 Simulação .....	27
3.2.1.2 Colaboração .....	28
<b>3.2.2 Ciclo BIM</b> .....	29
<b>4 INTEROPERABILIDADE</b> .....	33
4.1 CONCEITO DE INTEROPERABILIDADE .....	33
4.2 CRIAÇÃO DA IAI E O ADVENTO DO IFC .....	34
4.3 TECNOLOGIA XML .....	41
<b>5 LEVANTAMENTO DE CASOS</b> .....	44
5.1 ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA .....	44
5.2 PORTUGUAL .....	45
5.3 NORUEGA .....	46
5.4 INGLATERRA .....	47
5.5 BRASIL .....	47
<b>6 A INFORMAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL</b> .....	49
6.1 A FRAGMENTAÇÃO DA CADEIA PRODUTIVA .....	49
6.2 A INTERCAMBIALIDADE DA INFORMAÇÃO .....	51

<b>7 ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	58
7.1 PROBLEMAS DIAGNOSTICADOS .....	58
7.2 SISTEMA BIM COMO SOLUÇÃO .....	58
<b>8 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	63
REFERÊNCIAS .....	64

## 1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho aborda os aspectos relacionados à Modelagem de Informações de Construção. O BIM, sigla para *Building Information Modeling*, consiste na criação e uso de informações coordenadas, consistentes internamente e computadas sobre o projeto e construção de uma edificação. O estudo visa fazer uma descrição apurada desta tecnologia, a fim de elucidar possíveis soluções que o BIM pode oferecer a problemas tradicionais ligados a informação no setor de edificações da indústria da construção civil.

A indústria da construção civil vem demonstrando ultimamente um crescente interesse por uma área que até pouco tempo atrás era deixada de lado pela grande maioria das empresas que compõe esta indústria: a área de Tecnologia da Informação. A TI, como é comumente conhecida, consiste no conjunto de recursos dedicados ao armazenamento, processamento e comunicação da informação e compreende tecnologias relativas ao planejamento de informática, desenvolvimento de sistemas, equipamentos (hardware) e programas (software), entre outros. De acordo com Nascimento e Santos (2001) a TI pode ser definida da seguinte forma: “Tecnologia da Informação (TI) é o termo usado para o conjunto dos conhecimentos que se aplicam na utilização da informática envolvendo-a na estratégia da empresa para obter vantagem competitiva.” O termo aborda as complexas relações entre os sistemas de informação, o uso e inovação de hardware, sistemas de automação, software, serviços e usuários (LAURINDO, 1995). A TI e suas aplicações abrangem as atividades da sociedade, na qual a interação do cidadão com o meio ambiente passa a ser intensivamente mediada por computação e comunicação das informações (NASCIMENTO; SANTOS, 2001). O processamento da informação já é uma preocupação de suma importância em diversas outras economias industriais como as áreas de finanças, telecomunicações, produção de bens, planejamento de transportes e serviços. Cabe mencionar também, como exemplo, a importância da TI e a relevância que esta possui quando se trata de empresas ligadas ao setor da imprensa e comunicação.

De acordo com Nascimento e Santos (2001), pode-se considerar que antes da década de 80 não houve contribuições significativas da TI no processo construtivo, com a utilização até então de rotinas administrativas e financeiras com computadores de grande porte em grandes

empresas e eventualmente cálculo estrutural. Diferentemente da indústria da construção civil, outras indústrias já na época usufruíam de algumas vantagens da TI. Ainda de acordo com os mesmos autores, foi a partir da década de 80 que houve uma contribuição no processo de projeto com a automatização de tarefas específicas, através da utilização da micro informática. Estas automatizações permitiam que as atividades já existentes de projeto ficassem mais rápidas e eficientes, além de aumentar o fluxo de informações a serem processadas. Inicialmente, tinha-se apenas ferramentas genéricas como planilhas eletrônicas, sistemas de banco de dados e editores de texto. Posteriormente foram introduzidas ferramentas especializadas para ajudar na elaboração de orçamentos, gerenciamento de projetos e no desenvolvimento de desenhos, com o advento das ferramentas CAD.

Na indústria da construção, o tema vem sendo objeto de constantes pesquisas no que se refere ao desenvolvimento de produtos e processos que possam ser aplicados. Para tal, se tem observado um aumento bastante significativo de investimentos de empresas atuantes na área de TI, tanto no sentido de desenvolver novos produtos que possibilitem o aprimoramento do processo construtivo, bem como canalizando estes investimentos em estratégias de comercialização para estes produtos.

O uso de TI na maioria das empresas vem claramente sendo intensificada nos últimos anos, independente do setor na qual ela esteja inserida. Porém, de acordo com Zegarra et al. (1999), no setor de edificações o uso de TI não se dá ainda de forma intensiva. Sendo assim, é correto afirmar que esta área possui um grande potencial dentro da AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção). É o que afirmam Ahmad et al. (1995 apud OLIVEIRA, 2005). De acordo com os autores, a natureza do processo construtivo, associado a interdependência entre os diversos agentes envolvidos e a necessidade de trabalho em equipe, a flexibilidade e o alto grau de coordenação fazem com que a tecnologia da informação tenha um enorme potencial dentro da indústria da construção civil.

É neste contexto que surge uma das ferramentas de TI de maior potencial para revolucionar a indústria da AEC: o *Building Information Modeling* (BIM). Chamado também de Modelagem de Informações de Construção, o BIM vem despontando na indústria da construção como uma nova tecnologia muito promissora, que pretende modificar substancialmente a forma de se elaborar um projeto de Engenharia, bem como as relações e interações entre os diversos participantes da cadeia produtiva do processo construtivo. Assim como o CAD provocou uma revolução nos escritórios de Engenharia e Arquitetura, o BIM se propõe a introduzir novos

conceitos, como o da interoperabilidade, automação da construção, representação dos elementos construtivos em apenas uma base de dados, entre outros. Com uma tendência de se firmar no mercado nos próximos anos, o BIM se torna um assunto obrigatório para quem queira pensar no futuro da construção civil, uma vez que ele pode preencher lacunas importantes deixadas pelas ferramentas informáticas existentes voltadas para a Engenharia e Arquitetura.

O trabalho desenvolvido tem como objeto de pesquisa esta ferramenta, abordando-se os diversos aspectos e variáveis que compõe esta nova tecnologia. Trata-se de um tema relativamente recente, sendo objeto de pesquisa e de interesse de poucos profissionais brasileiros ainda, sem mencionar a falta de informação de que já existam neste momento empresas no País que adotam esta tecnologia. Mesmo em países tradicionalmente reconhecidos como pioneiros na adoção de tecnologias inovadoras, o BIM encontra-se em processo de implementação, encontrando nos Estados Unidos e alguns países europeus (como Inglaterra, Noruega e Portugal) a força motriz para o desenvolvimento deste processo. Um dos fatores que dificultam a difusão do BIM é a falta de informação existente acerca do tema, além do fato de que as informações existentes são um tanto quanto fragmentadas. Prova disso é que até o presente momento só há registro de um livro que trate do assunto chamado de *BIM Handbook: A guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. Até o presente estágio, a grande maioria da bibliografia se resume a artigos de pesquisadores, sendo a grande maioria deles de origem estrangeira. Além disso, nota-se um esforço muito grande por parte dos fabricantes de software no sentido de prover esclarecimentos sobre o BIM. Na tentativa de divulgar e fazer com que os profissionais se familiarizem com o BIM, as empresas fabricantes têm procurado oferecer uma gama considerável de informações acerca do produto seja através de seus sites e comunidades virtuais seja oferecendo consultoria às empresas interessadas.

Assim, neste trabalho se tem a proposta de fazer uma descrição geral do processo de Modelagem de Informações de Construção, reunindo as informações até então fragmentadas e difusas a fim de obter como produto final um trabalho sólido e conciso sobre o tema. Pretende-se que ao término deste trabalho tenham sido esclarecidas questões como o que é de fato um BIM e como é construído, além de problemas relacionados à informação na construção civil que podem ser solucionados ou amenizados através de sua implementação.

O trabalho está estruturado em cinco capítulos, sendo o primeiro deles este capítulo introdutório. Os demais capítulos que compõe este trabalho são descritos a seguir.

O segundo capítulo aborda o método de pesquisa utilizado para o desenvolvimento do trabalho. Apresenta o planejamento e a forma pela qual o trabalho foi estruturado. No terceiro capítulo é feito um breve histórico do uso de TI na indústria da construção e posteriormente aborda o surgimento das ferramentas BIM. O quarto capítulo trata da interoperabilidade e das ferramentas associadas a este conceito. Já no quinto capítulo, são levantados alguns problemas ligados a informação no subsetor de edificações, tais como a fragmentação da indústria e a intercambialidade da informação entre os agentes envolvidos no processo construtivo. No sexto capítulo, são levantados alguns casos onde o sistema BIM foi implementado e os respectivos resultados. Finalmente, nos últimos dois capítulos são feitas análises dos resultados obtidos com a pesquisa bibliográfica realizada e as considerações finais sobre o trabalho.

## 2 MÉTODO DE PESQUISA

Este capítulo aborda o método de pesquisa utilizado. Para a elaboração deste trabalho foram definidas as seguintes diretrizes que definem como o trabalho será desenvolvido:

- a) questão de pesquisa;
- b) objetivos;
- c) delimitações;
- d) limitações;
- e) delineamento.

### 2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão a ser respondida consiste na seguinte pergunta: que soluções um sistema BIM pode trazer para problemas existentes na troca de informações no subsetor de edificações?

### 2.2 OBJETIVOS

O objetivo principal do trabalho consiste na investigação de soluções que a Modelagem de Informações de Construção (BIM) pode oferecer a problemas relacionados à informação no subsetor de edificações.

Como objetivo secundário tem-se identificar problemas de troca de informação no subsetor de edificações.

### 2.3 DELIMITAÇÃO

O estudo leva em conta características e peculiaridades do subsetor de edificações da indústria da construção civil brasileira.

## 2.4 LIMITAÇÕES

Os problemas de troca de informações identificados serão os descritos em trabalhos e pesquisas, não sendo feito levantamento de campo por parte do autor.

## 2.5 DELINEAMENTO

As etapas do trabalho estão identificadas da seguinte forma:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) descrição do BIM;
- c) levantamento de casos;
- d) diagnóstico de problemas na troca de informações;
- e) análise dos resultados;
- f) conclusões.

Segue abaixo a descrição de cada etapa do delineamento, bem como um desenho esquemático da pesquisa realizada (figura 1).

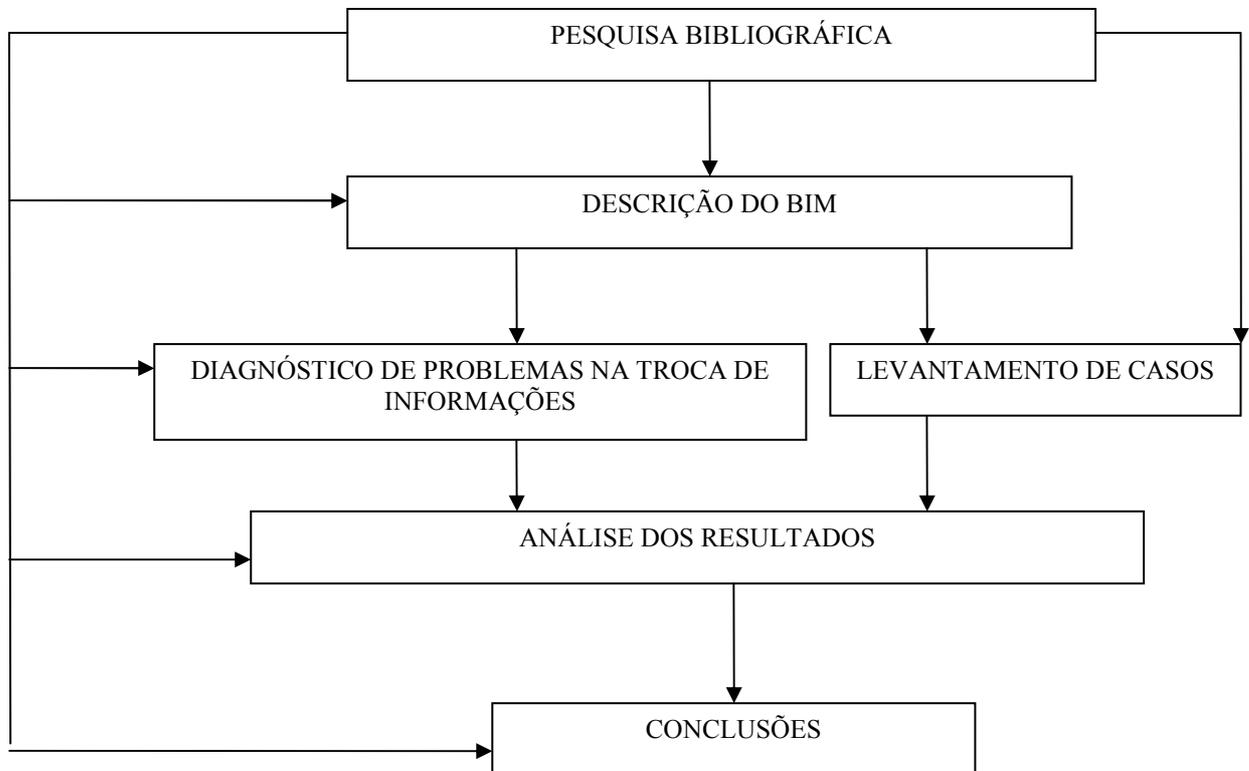


Figura 1: delineamento do trabalho

### 2.5.1 Pesquisa Bibliográfica

É parte essencial para o desenvolvimento de todo o trabalho. Permite ao autor obter as condições e o embasamento teórico necessário para o cumprimento de cada etapa. Está diretamente ligada a todas as etapas que compõe o estudo, constituindo-se no elo que permite a ligação entre cada uma delas.

### **2.5.2 Descrição do BIM**

Esta etapa descreve as características de um BIM, abordando os diversos conceitos que esta tecnologia engloba. São abordados também aspectos relacionados ao processo de modelagem em si, elucidando as diferenças existentes com a utilização de um BIM em relação à utilização de ferramentas CAD tradicionais.

### **2.5.3 Levantamento de casos**

Nesta parte são apresentados casos de aplicação de BIM e seus respectivos resultados. Etapa importante para se chegar na resposta à questão de pesquisa, pois através dos estudos de casos existentes tornou-se possível um diagnóstico mais acurado acerca das soluções que o programa pode oferecer para os problemas pesquisados.

### **2.5.4 Diagnóstico de problemas na troca de informações**

Através de levantamentos realizados em pesquisas e trabalhos existentes acerca do tema, diagnosticou-se os problemas mais usualmente percebidos na troca de informações entre os diversos agentes participantes no processo construtivo. A partir desta etapa, pode-se associar estas deficiências às características do BIM, mostrando assim as possíveis soluções que o sistema pode ofertar.

### **2.5.5 Análise dos resultados**

A partir do material coletado através de pesquisa bibliográfica e dos casos estudados tornou-se possível a elaboração de uma análise dos resultados obtidos.

### **2.5.6 Conclusões**

Neste ponto, através da análise dos dados e com os conhecimentos obtidos durante o trabalho, são feitas as devidas conclusões acerca do tema pesquisado.

### 3 O SURGIMENTO DO BIM

Este capítulo traz um breve histórico do uso de ferramentas de TI na indústria da construção civil, mais especificamente abordando a utilização de ferramentas CAD. A partir daí, trata-se do advento das ferramentas BIM e do surgimento do modelo desenvolvido pela Autodesk.

#### 3.1 BREVE HISTÓRICO

As ferramentas *Computer-Aided Design*, ou CAD como são conhecidas, são fundamentais não apenas no desenvolvimento de um projeto, mas no processo construtivo como um todo. O seu advento revolucionou toda a indústria da construção civil. Desde então, cerca de 20 anos atrás, diversos estudos das aplicações de CAD foram realizados. Entretanto, a maioria dessas aplicações não foram amplamente adotadas (TSE et al., 2005). A grande questão é que ferramentas CAD são utilizadas principalmente como um meio digital de desenho técnico e não como uma ferramenta de projeto em si. Segundo Tse et al. (2005), o processo através de uma *entity-based CAD* se resume a uma simples representação de gráficos primitivos, incapazes de prover para a edificação um significado adequado. Jacoski (2003b) reforça esta idéia:

No processo de projeto, o CAD (Computer Aided Design) já pode ser considerado uma ferramenta consolidada, embora a composição dos elementos de projeto, ainda resultam da simples disposição de linhas no desenho, que não tem significado algum, o que impede a (re)utilização dos atributos que aqueles traços representam.

Existe, entretanto, no mercado uma outra linha de CAD, chamada de *object-based* ou *object-oriented*. Este produto constrói um modelo através de objetos paramétricos como paredes, portas e janelas. Esta idéia não é nenhuma novidade. De acordo com Ibrahim et al. (2004), CAD sempre significou manipular a geometria através de um computador. Quando a indústria tornou-se determinada a fazer com que os computadores fossem utilizados para desenhos e tarefas básicas, a geometria tornou-se o problema central a ser resolvido. Tanto a indústria quanto a área acadêmica dedicaram incontáveis horas a pesquisas e ao desenvolvimento de soluções para o problema da descrição geométrica digital. O resultado deste esforço foi, e

continua sendo, a tecnologia essencial contida nos produtos CAD. A idéia do *object-oriented* não é nova, sendo de longa data vista como a forma ideal de se representar a construção digitalmente. Entretanto, esta idéia não tinha se tornado realidade comercialmente devido à capacidade deficiente dos computadores pessoais. A diferença essencial entre as duas famílias consiste no fato de que o sistema *object-oriented* trabalha com o conceito de integridade paramétrica, na qual a descrição dos objetos leva em conta as características e propriedades reais dos mesmos. Neste sistema, a representação de uma porta, por exemplo, é feita com todas as características do objeto, não se resumindo a uma coleção de linhas como no sistema *entity-based*.

Na década de 80, as empresas Nemetschek e a GraphiSoft foram pioneiras ao lançarem seus produtos *object-based*. Neste mesmo período, foram lançadas também as primeiras versões do Autodesk AutoCAD e do Bentley Microstation, ambos produtos do tipo *entity-based*. Isso mostra que os dois conceitos começaram a ser desenvolvidos em um mesmo período (TSE et al., 2005).

Conforme ainda os mesmos autores, a diferença no sucesso causado entre as duas linhas de softwares foi, entretanto, gigantesca. Em 1994, os três produtos mais vendidos eram todos do tipo *entity-based*, sendo o AutoCAD o campeão absoluto. Isso pode ser explicada pelo fato de que na época havia uma enorme diferença entre o que era disponível e o que era requerido em termos de capacidade de software e hardware. O modelo *object-based* é por natureza mais sofisticado e portanto mais exigente em termos de tecnologia que o modelo *entity-based*. O crescimento do uso de modelos *entity-based* foi avassalador, resultando na ampla adoção do formato DWG. Apesar do sucesso do modelo *entity-based*, Nemetschek e Graphisoft continuaram desenvolvendo seus softwares. O avanço da tecnologia e os decréscimos nos custos favoreceram essas empresas. Com isso, percebe-se desde os anos 90 uma expansão no desenvolvimento dos modelos *object-based*. Assim, outras empresas passaram a desenvolver produtos desta linha, incluindo os grandes *players* dos softwares *entity-based* Autodesk e Bentley, que lançaram o Autodesk Architecture Desktop em 1996 e o Bentley Microstation Triforma em 1998, respectivamente. Crespo e Ruschel (2007) complementam ao afirmarem que a idéia de CAD orientado ao objeto não é nova e que foi nesta década que, devido ao avanço na tecnologia computacional, tornou-se possível implementar ferramentas de modelagem Virtual como o BIM.

Em 2002, a Autodesk adquiriu o modelo paramétrico desenvolvido pela Revit Technology Corporation em 2000 pelo preço de US\$ 133 milhões. O produto era inovador e sua aquisição foi um marco importante para o que viria posteriormente. Logo após, as outras grandes empresas do segmento desenvolveram também seus produtos. A Bentley chamou sua nova linha de Bentley Building Information Modelling. A Nemetschek por sua vez, lançou o AllPlan 2003 e a GraphiSoft colocou no mercado o ArchiCad versão 9. A partir daí, estes *object-based softwares* passaram a ser chamados de Modelo Paramétrico da Construção Virtual ou, como são mais conhecidos, *Building Information Modeling* (TSE et al., 2005).

## 3.2 DESCRIÇÃO DO BIM

### 3.2.1 Conceito

O *Building Information Modeling* é um *software* que trabalha em cinco dimensões, sendo que três delas representam as formas geométricas, uma dimensão representa o tempo e a outra dimensão o custo. O BIM proporciona um ambiente integrado onde dados são armazenados e mantidos. Cada item é descrito apenas uma vez e sua descrição leva em conta suas características físicas reais. Assim, uma porta será representada realmente por uma porta e não simplesmente por uma coleção de pontos, linhas e curvas que arranjadas representam tal elemento (AUTODESK, 2008).

O BIM consiste em um sistema **inteligente**, onde cada aspecto do modelo está ligado a todos os outros aspectos num só objetivo: refletir a realidade. Uma mudança que seja em qualquer característica do projeto, seja ela de caráter gráfica ou textual, é imediatamente refletida nas outras características. Além do mais, um BIM por ser uma ferramenta da família *object-based* trabalha com o conceito de integridade paramétrica: a geometria pode ser alterada modificando-se dimensões ou outros parâmetros, mas cada objeto **sabe** da existência dos outros objetos, podendo se ajustar a esta alteração. Também estão incluídos nesta inteligência vários atributos não geométricos como resistência ao fogo, por exemplo (CYON RESEARCH CORPORATION, 2003).

Através de um modelo de informação podem ser preparados automaticamente todos os aspectos relacionados ao projeto, desde o controle do estoque e cronogramas até as estimativas de custos. Tanto documentos gráficos (como desenhos, por exemplo) e não gráficos (como especificações, calendários e outros dados) e suas eventuais alterações são incluídos em um programa só. Assim cada usuário do programa pode ter a certeza de que a informação que está vendo é exatamente a mesma que outro participante do projeto verá.

De acordo com Florio (2007), um sistema BIM consiste em um banco digital de dados sobre o projeto de edifícios, gerado à medida que o modelo é produzido. Uma vez criado o modelo, ele pode ser utilizado em diversas etapas do projeto, inclusive na etapa de construção e operação da edificação, disponibilizando dados acerca das estimativas de custo, quantidades de materiais, cronograma e componentes construtivos. Enfim, todo o ciclo do projeto. A figura 2 exemplifica esta dinâmica de um BIM.

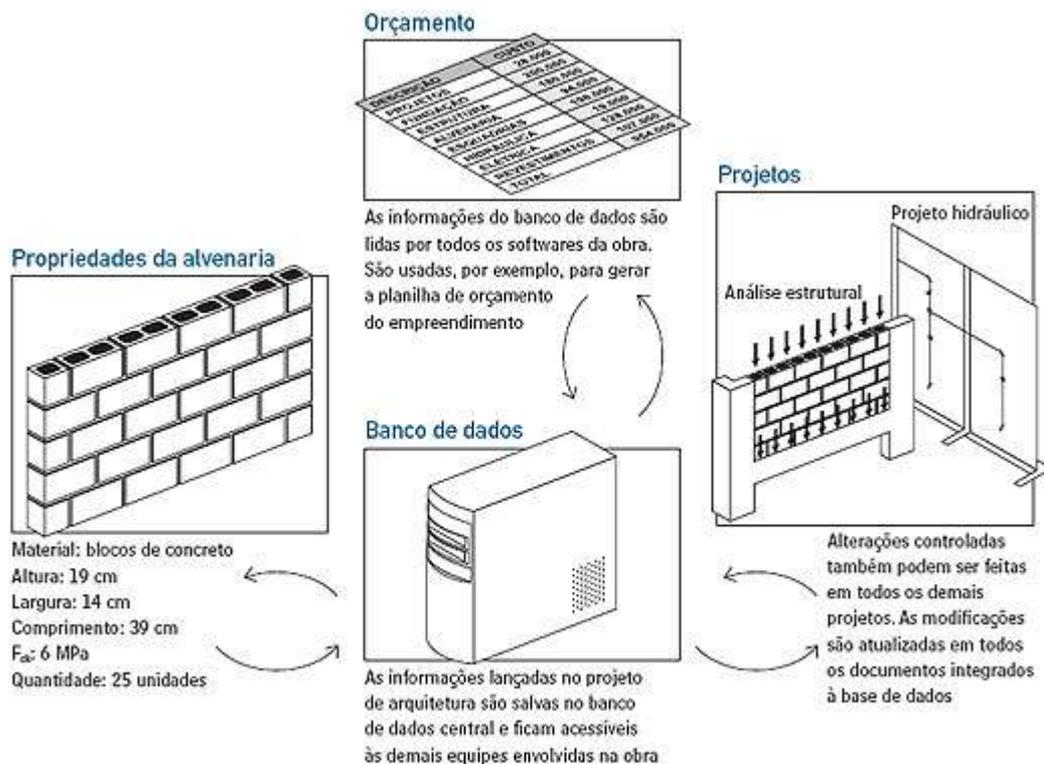


Figura 2: dinâmica de um BIM (FARIA, 2007)

Conforme o mesmo autor, tradicionalmente os desenhos CAD são formados por representações abstratas, entidades isoladas como por exemplo linhas, arcos, círcos e polígonos. Embora estas representações sejam significativas, contêm poucas informações

úteis para quantificar e classificar elementos construtivos, pois não podem ser computados pelo programa gráfico. Até mesmo os *softwares* 3D utilizados usualmente não são mais do que desenhos tridimensionais, servindo apenas para o propósito da visualização.

Em um projeto no qual são utilizados apenas as ferramentas tradicionais de projeto, cada fase tem seu próprio modelo, o que dificulta torná-las consistentes e alinhadas entre si, resultando em falhas que gerarão prejuízos tanto no orçamento quanto no cronograma do projeto (CYON RESEARCH CORPORATION, 2003). No BIM, por ser um repositório único todos os documentos, cronogramas e outras informações relacionadas ao projeto são consistentes entre si, tornando possível a existência de uma fonte única de dados para representar todo o ciclo de vida de um projeto, desde a concepção do projeto e sua criação, até a execução, operação e disposição final.

Essa possibilidade de integrar todas as etapas do processo construtivo constitui-se em uma das principais vantagens da modelagem de informação. Crespo e Ruschel (2007) reforçam esta ideia ao afirmarem que o benefício chave do modelo BIM advém da habilidade de partilhar um modelo digital único e integrado, consistente, capaz de suportar os mais variados aspectos no ciclo de vida do projeto da construção.

No BIM, as informações são computáveis. De acordo ainda com os mesmos autores, este tipo de modelagem é constituído pelos seguintes elementos:

- a) banco de dados digitais integrados sobre o projeto de edifícios que é gerado ao mesmo tempo que o modelo é produzido;
- b) além da geometria dos elementos que compõe o edifício, o BIM armazena seus atributos, exibindo suas configurações em três dimensões e, portanto, transmitindo muito mais informação do que os modelos CAD tradicionais;
- c) elementos paramétricos, interconectados e integrados espacialmente, onde é possível alterar seus componentes e obter atualizações instantâneas que repercutem em todo o projeto;
- d) um processo que tende a diminuir conflitos entre elementos construtivos, facilitar a compreensão da articulação entre elementos construtivos do edifício, facilitar as revisões e aumentar a produtividade;
- e) um modelo digital tridimensional que gerencia o ciclo de vida (lifecycle) do projeto e construção do edifício que incluem os processos de construção, instalações técnicas e canteiro de obras, tornando a comunicação das informações e intenções projetuais mais claras e precisas.

Pode-se para melhor compreensão das características associadas a um BIM abordar dois aspectos relacionados a esta tecnologia:

- a) simulação;
- b) colaboração.

Os itens a seguir abordam separadamente cada uma dessas características.

### 3.2.1.1 Simulação

A simulação em um projeto é um processo iterativo de idealização, desenho e modificação. Conforme Flório (2007), uma simulação consiste em um ensaio ou experiência realizada com o auxílio de um modelo digital. A simulação propicia uma visão sistêmica. De acordo com Tavares (2001), uma abordagem sistêmica permite compreender a totalidade e suas partes inter-relacionadas e interdependentes que interagem e dessa forma compreender os resultados e tomar as decisões apropriadas.

Grande parte dos problemas que um projeto apresenta é cometida nos processo de criação do projeto. Alguns, entretanto, manifestam-se somente durante a fase de execução, quando sua reparação já representa um gasto bem alto. Projetar é uma maneira abstrata de construir. Quanto mais detalhado for o projeto, mais fácil se torna solucionar os problemas para se terminar a construção. Como projetar é um processo de tentativa e erro, o que se deseja é tentar o máximo o possível, e fazê-lo enquanto não se torne caro.

Um BIM permite uma simulação detalhada do processo de construção. Seu realismo nos permite tentar diversas formas de abordagem, dispensando a construção de modelos físicos. O modelo se comporta de forma quase idêntica a forma da construção real, assim os problemas podem ser resolvidos antes que interfiram no processo construtivo. O realismo é uma qualidade importante, tornando-se útil para simulações de construção em 4D, por exemplo, auxiliando assim na tomada de decisões.

Na verdade, a dinâmica natural do modelo torna possível manter a confiabilidade no processo construtivo. Desde que o modelo seja mantido atualizado, ele sempre ira refletir a construção

em seu estágio atual, conferindo ao processo um alto grau de automatização das informações (CRESPO; RUSCHEL, 2007).

### 3.2.1.2 Colaboração

A colaboração torna-se importante na medida que a grande maioria dos projetos de construção envolve um grande número de pessoas: construtores, consultores, representantes do promotor da obra, entre outros. Tradicionalmente, cada um é responsável por uma série de documentos, os quais devem ser devidamente coordenados. Mudanças feitas por cada um devem ser devidamente assimiladas pelo restante da equipe. Assim sendo, a Modelagem de Informação de Construção de forma colaborativa entre os diversos participantes no ciclo de vida do projeto da construção é de fundamental importância para a integração do processo e gerenciamento da informação no processo construtivo (TAVARES, 2001).

De acordo com O'Brien (2000 apud BORDIN, 2005), colaboração significa trabalho em conjunto com o objetivo de gerar um produto que é maior que a soma de suas partes, ou seja, colaboração é o compartilhamento de informações e experiências que visa o sucesso do empreendimento. Este conceito pressupõe que os colaboradores desenvolvam uma compreensão compartilhada que é muito mais profunda do que a que eles poderiam ter desenvolvido trabalhando isoladamente. A colaboração se vale do conhecimento coletivo e, cada vez mais, está se tornando um requisito de competitividade.

Conforme Flório (2007), colaboração demanda que os profissionais trabalhem juntos mas livremente, compartilhando o máximo de seu potencial de conhecimentos e experiências. Dentro do conceito de projeto colaborativo, os profissionais envolvidos podem trocar informações sobre seus respectivos projetos de forma mais ágil e em prazos menores.

De acordo ainda com o mesmo autor:

O controlador hierárquico é substituído por um facilitador que recebe e transmite informações, cujo papel passa a ser de certificar que as contribuições individuais sejam acatadas, enriquecendo a solução do produto a partir dos conhecimentos e sugestões de todos os participantes do processo. No projeto colaborativo as responsabilidades, riscos e sucessos são distribuídos por todos os participantes.

Para que isso se torne possível, é necessário que haja um padrão de comunicação aceita e utilizada por todos. Dessa forma, o BIM é capaz de contribuir significativamente para a integração das informações oriundo dos diversos participantes do processo em um único modelo digital 4D, composto por um banco de dados de todos os elementos construtivos e suas relações espaciais.

De acordo com Flório (2007), o BIM e o processo de colaboração associados podem resultar nas seguintes transformações:

- a) melhorar a visualização dos dados e informações sobre o projeto, assim como tornar clara as exigências do cliente já nas fases iniciais do projeto, permitindo compreender e participar ativamente do processo de projeto;
- b) contribuir para melhorar a eficiência e qualidade da construção civil, com a intenção de reduzir custos e desperdícios de materiais e melhorar o aproveitamento de mão-de-obra;
- c) aprimorar a coordenação dos documentos compartilhados da construção a fim de promover tanto a rápida troca de informações, como aumentar a produtividade e melhorar os prazos de entrega dos projetos destinados à execução da obra;
- d) gestão de projetos que incorpore e compartilhe informações e distribua responsabilidades, riscos e recompensas entre os participantes do projeto, ou seja, trocar o projeto hierárquico por projeto colaborativo de modo que todos co-participem das decisões projetuais;
- e) incorporação e disseminação de informações oriundas de fabricantes dos materiais para quantificar e estimar custos.

### **3.2.2 Ciclo BIM**

No BIM, os objetos digitais são codificados para descrever e reproduzir o comportamento real dos elementos construtivos. Por exemplo, o objeto parede é um objeto que compreende suas propriedades e age como tal. Ao invés de se representar uma parede de forma bi-dimensional, com duas linhas paralelas, o objeto parede possui propriedades que descrevem suas dimensões geométricas como comprimento, largura e peso, bem como seus materiais, acabamentos, especificações, fabricantes e custo. Todos os elementos podem ser descritos desta forma. Um objeto pode ter um finito conjunto de parâmetros que ditam sua forma. A codificação deste objeto deve necessariamente incluir esses parâmetros, o que exige, por sua vez,

conhecimentos acerca das características envolvidas na criação do objeto real. Parâmetros são, geralmente, uma lista com propriedades que o usuário deve selecionar, ou acatar regras a fim de manipular ou criar um novo objeto. O objeto não será útil sem o conhecimento utilizado para construí-lo. O problema é que o objeto é tão bom quanto o conhecimento existente por trás dele. Objetos devem ter uma estrutura específica de informações tal que seja capaz de relacionar aos diferentes estágios do ciclo construtivo. Cada parte da informação é relevante em um ou outro estágio dentro do processo de projeto, cabendo assim ao projetista decidir quando revelar esta parte de acordo com a decisão que ele está pretendo tomar na fase de projeto que ele estiver trabalhando (IBRAHIM et al., 2004).

O BIM pode ser compreendido como um ciclo onde inicialmente são inseridas informações em uma base de dados. Através dela são disponibilizadas as informações já moldadas para a utilização e interoperabilidade entre os diversos usuários e sistemas. Num primeiro momento, devem ser colocadas descrições das funções que o modelo deve seguir em termos de cálculos matemáticos, requisitos e parâmetros do sistema. Deve ser introduzida, também, a base de dados da empresa com o conhecimento gerado em outras edificações e as regras, regulamentações e leis de edificações vigentes no país. Os projetos, visualizações e modelos tridimensionais são feitos junto a outros programas que são utilizados para a formatação de projetos, estruturas e demais programas necessários para o empreendimento, podendo ser utilizados por diversos usuários simultaneamente (MALÓ, 2007).

Para uma melhor compreensão de como é criado um BIM pode-se, para tornar mais simples, dividi-lo em quatro partes. Estas etapas necessitam ser desenvolvidas para que ele seja efetivamente realizado. A primeira parte é aquela que contém as informações mais básicas sobre o projeto, como o detalhamento e definição das unidades de informação a serem inseridas, referências de como a informação será organizada e descrita, além de definir como uma informação poderá ser transferida entre dois usuários. Para ser útil, a informação deve ser de fácil entendimento para os usuários e facilmente descrita e disponibilizada entre os mesmos. Nesta fase inicial de projeto, os objetos no *software* podem ser genéricos e descrever sua função e algumas das características geométricas gerais que especificam este objeto. É utilizado apenas para definir espaços, recintos e aberturas enquanto desenvolvem-se os planos arquitetônicos. Já em estágio subseqüentes, especificações mais detalhadas podem ser utilizadas. Uma porta, por exemplo, poderia ser utilizada na fase preliminar para definir o ponto de entrada, não sendo necessárias maiores especificações para o objeto em si.

Características como acabamento, cor e material não precisam ser consideradas. Preço, fabricante e tempo de entrega são igualmente irrelevantes nesta etapa. Já a partir da fase de desenvolvimento do projeto em diante, a descrição do objeto porta deve ser mais aprofundada, especificando-se as dimensões, materiais e vidros (IBRAHIM et al., 2004).

Na segunda etapa, a informação é agregada para que possa ser usada na resolução de perguntas, obtenção de análises de energia, estimativas de custo ou análise estrutural. As definições de visualização, os conteúdos e os requerimentos para troca de informações do modelo são construídas para servir de suporte às dúvidas e necessidades do projeto. Nesta etapa, incluem-se as fases de projeto e de preparação de documentos e orçamentos, sendo necessárias as especificações de preços e todas as demais especificações não consideradas até então. Aconselha-se também a inclusão de informações como vendedores e disponibilidade dos materiais. Como exemplo, nesta fase ocorreria a definição do projeto estrutural, podendo-se iniciar a construção e instalação da edificação (IBRAHIM et al., 2004).

Pode-se ainda acrescentar uma terceira etapa a este ciclo, na qual seriam incluídas as informações para serem utilizadas de forma legal ou durante a fase construtiva, para o benefício individual ou coletivo no canteiro de obra. No estágio construtivo, as instruções de instalação são requisitadas para a colocação da porta citada na primeira etapa. Em um outro nível, a análise e o detalhamento de elementos estruturais podem obedecer a um ciclo similar. Um elemento estrutural qualquer que seja, pode ser modelado como um objeto genérico na fase preliminar do processo. Ao longo do tempo, este elemento torna-se melhor descrito e dimensionado (IBRAHIM et al., 2004).

Durante o ciclo BIM também são feitas simulações, pois os objetos do projeto têm suas características e comportamento definidos e o modelo está todo tridimensional. Desta maneira, é possível fazer simulações de diversas partes do projeto como climatização de ambientes, acústica e luminosidade. Pode-se ainda simular a expectativa de utilização pelos futuros usuários, projetos de incêndio e impactos ambientais que a edificação causará, entre outros. Um dos itens que caracterizam os objetos no modelo é o seu custo. Isto é de grande interesse, pois a base de dados reúne todas as informações de custos e faz uma estimativa do custo da edificação para os usuários. Cronogramas e atividades de logística podem ser incluídos no modelo, para serem acopladas as informações que servirão de base para a construção. Neste ciclo, o setor gerencial da empresa tem controle sobre a venda, locação e

utilização. Sabe sobre as necessidades de manutenção e pode dar garantia aos compradores, pois tem todas as informações disponíveis sobre a edificação. Esta base de dados completa pode ser utilizada a longo prazo para a manutenção, demolição ou reconstrução da edificação em questão. Através destes aspectos salientados, nota-se que o desenvolvimento de um modelo de informação para a construção é composto por um ciclo de atividades relacionadas a uma única base de dados que fornece uma integração entre as informações introduzidas, proporcionando interoperabilidade dos usuários bem como dos softwares. A figura 3 ilustra o ciclo BIM.

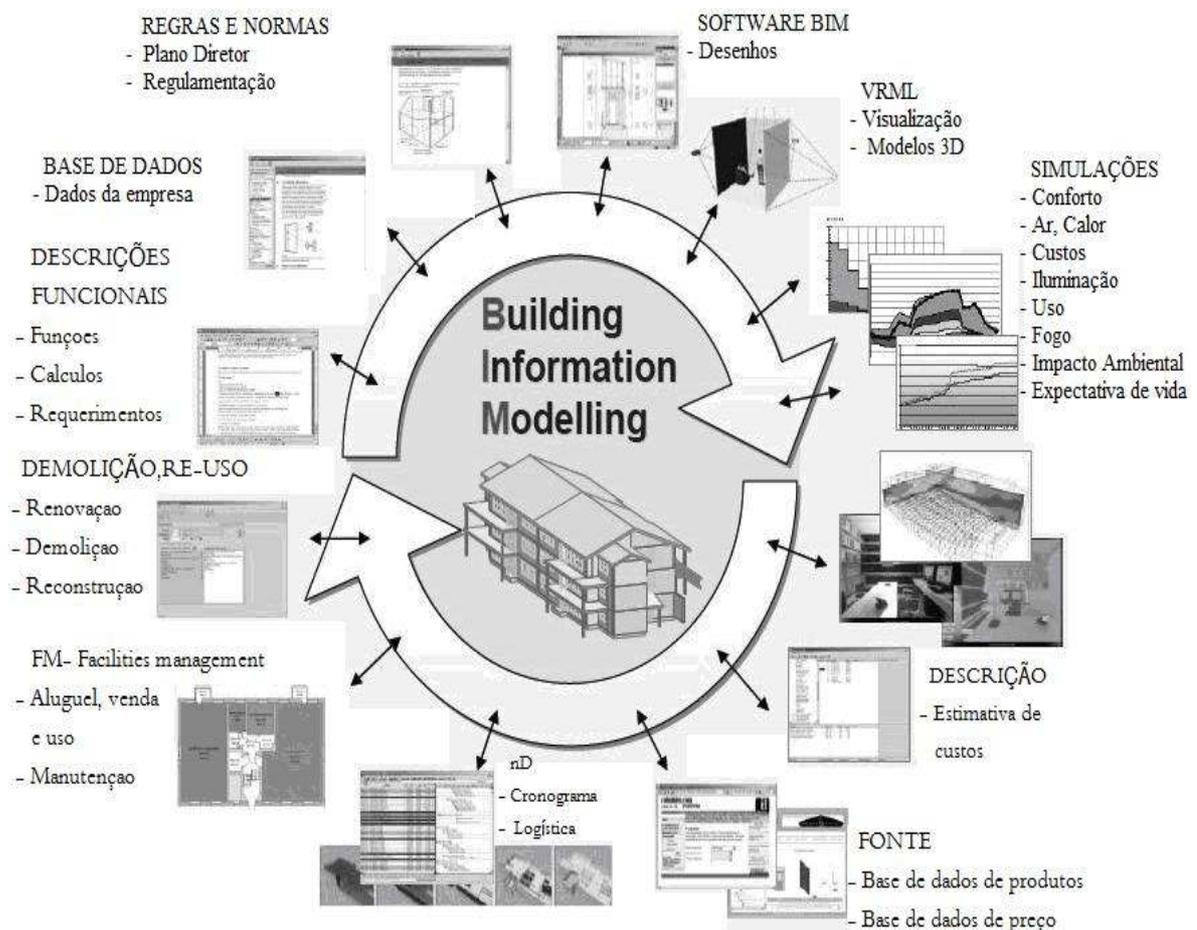


Figura 3: ciclo BIM (adaptado de MALÓ, 2007).

## 4 INTEROPERABILIDADE

O capítulo a seguir aborda o conceito de interoperabilidade e as tecnologias a ela associadas. Trata-se ainda das formas que estas tecnologias se relacionam com o BIM e de que forma esta associação pode ser benéfica na solução de falhas relacionadas a TI na construção.

### 4.1 CONCEITO DE INTEROPERABILIDADE

Para o correto entendimento do conceito de BIM, deve-se necessariamente realizar uma abordagem do conceito da interoperabilidade. A interoperabilidade é, sem dúvida, uma das características mais importantes do BIM. Pode ser definida como a capacidade de dois ou mais sistemas trocarem informação e utilizarem essa mesma informação. No âmbito da tecnologia de informação, ela pode ser concebida como a capacidade de múltiplos sistemas trocarem e reutilizarem uma informação sem custo de adaptação e preservando seu significado (JACOSKI, 2003b).

Conforme Amorim et al. (2001):

Isto significa que, ao inserir um objeto em um arquivo CAD (por exemplo, uma esquadria), seja possível que outros programas acessem o mesmo conteúdo, extraindo dados que sejam relevantes para seu processamento e, ao mesmo tempo, permitindo acrescentar informações ao projeto de modo semiautomático. Isto evita importações e reprocessamento, reduzindo erros e melhorando a performance do sistema.

Essa troca direta de dados elimina a necessidade de geração de dados duplicados, introdução repetitiva da mesma informação e da possibilidade de erros humanos, além de outros benefícios para seus usuários. Thorne (2000) reforça as vantagens da interoperabilidade, ao afirmar que empresas que melhoram sua capacidade de interoperabilidade, melhoram sua resposta de tempo, reduzem custos e criam novas oportunidades para desenvolvimento de estratégias.

A interoperabilidade vem sendo elemento de pesquisa para os diversos setores que utilizam transferência de dados, representando uma preocupação para as corporações que buscam resolver o problema de falta de relacionamento entre os softwares que executam diferentes funções. A construção civil carece de trabalhos neste sentido. Contudo, se tem conhecimento dos problemas enfrentados na transferência de softwares CAD para os aplicativos usados pelo setor, como de cálculo estrutural, orçamento, simuladores e outros (JACOSKI, 2003a).

Ao longo do processo de desenvolvimento do processo construtivo, diversos tipos de informação em variados formatos são trocados entre os agentes participantes. Assim, torna-se obrigatório o desenvolvimento da interoperabilidade para a troca de dados entre os sistemas, onde cada sistema tem conhecimento de formato e linguagem do qual interage (CRESPO; RUSCHEL, 2007).

Conforme Jacoski e Lamberts (2002) o conceito de interoperabilidade não se aplica apenas a questões ligadas a informática. Ela pode ser dividida em três vertentes: do tipo organizacional entre empresas ou pessoas, semântica em relação à informação e técnica entre sistemas de informações ou *softwares*. A base de interoperabilidade é a utilização de um modelo de dados geral, através do qual funciona todo o sistema, função esta desempenhada pelo sistema BIM.

Segundo Crespo e Ruschel (2007), espera-se que o sistema BIM seja um modelo de referência onde outros modelos possam acessá-lo e apontar para a informação aonde é armazenado e fazer uso disto. Deseja-se que não sejam somente embutidas informações nele e sim realizar uma especialidade do seu próprio modo e passar a informação para o próximo fazer uso disto da mesma forma. Deste modo, a informação pode caminhar para o local onde se encontra a sua finalidade em sua jornada dentro do ciclo de vida do produto da construção.

## 4.2 CRIAÇÃO DA IAI E O ADVENTO DO IFC

Conforme Jacoski e Lamberts (2002), na primavera de 1993, algumas das maiores companhias da indústria da construção dos Estados Unidos se reuniram e discutiram maneiras de implantar tecnologias modernas de informação. Este grupo formou então a *Industry Alliance for Interoperability* (IAI) e em 1995 fez a primeira demonstração de interoperabilidade utilizando um grupo de ferramentas CAD e de simulações no AEC Systems Show em Atlanta. A partir daí, a Aliança tornou-se uma organização pública, aberta

a qualquer membro desta indústria. Em seguida, em meados de 1996, a Aliança tornou-se global, alterando seu nome para *International Alliance for Interoperability* (IAI). Hoje ela conta com representantes em diversos países como Austrália, China, França, Alemanha, Estados Unidos e Portugal. A IAI é assunto obrigatório quanto se trata de interoperabilidade e, por conseguinte, de BIM. Esta Aliança constitui-se em uma organização sem fins lucrativos, com a missão de definir, publicar e promover especificações para o chamado IFC (*Industry Foundation Classes*).

A IAI tem como objetivo prover uma base universal para melhoria dos processos, a disponibilização de informações e a troca de experiências industriais, englobando todas as etapas de um IFC. O desenvolvimento do IFC foi inspirado pelo padrão de transferência de dados STEP (*Standard Exchange Of Product Model Data*), sucesso em termos de adoção por outras indústrias. Assim como ocorreu a padronização da ISO (*International Standards Organization*), de acordo com Jacoski e Lamberts (2002): “[...] o STEP objetivou ser um formato de arquivo físico, sem ligação a empresas detentoras de mercado, para transferência de arquivos [...]”. STEP nada mais é do que um arquivo de texto com valor de dados, cuja estrutura de dados segue um modelo de dados conceitual que define a especificação unificada. Neste padrão, os arquivos físicos possuem os dados associados ao seu contexto, o que possibilita uma comunicação efetiva e flexível entre os sistemas computacionais.

Conforme citam ainda os mesmos autores:

[...] a IAI buscou criar um novo modelo de distribuição de dados, que trouxesse a informação a respeito das coisas, sendo elas reais (portas, paredes, aberturas, etc) ou conceitos abstratos (espaço, organização, processos, etc), que pudessem ser representados eletronicamente. Esta especificação representa um suporte de dados, em projetos eletrônicos através de modelo orientado a objetos.

Classe significa a especificação de cada tipo de objeto real como portas, aberturas e outros. Assim, o IFC é um modelo representativo de uma coleção de classes. O IFC é capaz de representar uma estrutura de dados, com a vantagem de distribuir facilmente esta estrutura através de aplicativos usados pelos profissionais na indústria da construção. Popularmente conhecido como *Information for Construction*, O IFC é um modelo informático que compreende todos os objetos e conceitos necessários para um projeto de Arquitetura e de Engenharia, aberto e que permite de fato a interoperabilidade entre os sistemas que compõem o processo construtivo. Um objeto pode ser criado em uma determinada aplicação pelo

arquiteto, que pode transferir este objeto para ser utilizado por outro profissional em um projeto estrutural, permitindo assim uma integração na informação desde a concepção do mesmo, até seu uso acessório (FARIA, 2007).

De acordo com Jacoski (2003b), o IFC constitui-se em um modelo central, com interferência em quatro áreas iniciais: arquitetura, serviços da construção, gerenciamento de obras e ferramentas gerenciais. Os arquivos de formato IFC podem ser transferidos por diversas formas, seja por via física, e-mail, através de redes, ou também por interface de software. O modelo define objetos, atributos e relacionamentos entre as áreas, trazendo a definição da geometria, unidades e utilidades comuns. O modelo de recursos da geometria tem múltiplas representações para o objeto:

- a) geometria referencial: define o ponto de origem do objeto e a orientação no espaço tridimensional;
- b) espaço limitante: define o recorte retangular onde o objeto físico adapta-se completamente;
- c) atributo-direção da representação geométrica: define a locação, orientação e dimensão de elementos construtivos que tenham forma (como paredes, janelas, portas, etc.);
- d) explícita representação geométrica: define elementos construtivos que tenham forma como sólidos (usam protocolo STEP).

Apesar da promessa de facilitar a troca de informações sobre os projetos, os softwares BIM de fabricantes diferentes inicialmente não se **entendiam**, pois as linguagens de programação eram diferentes, não sendo portanto programas interoperáveis. Assim, com o advento do IFC este problema foi resolvido, sendo a linguagem que permite a comunicação entre os softwares de todos os fornecedores de sistemas BIM. Dessa forma, um projeto exportado em formato IFC pelo programa de uma empresa pode ser aberto por softwares de qualquer outra desenvolvedora de BIM. Esse modelo aberto tornou possível a intercomunicação. O formato IFC vem se popularizando. Prova disso é que já se tornou obrigatório em alguns países, como Dinamarca, Noruega, China e, até, nos Estados Unidos (FARIA, 2007).

O IFC constitui-se então na base para a introdução de dados na Modelagem de Informações da Construção. Corretamente implementado, é o mecanismo que permite a interoperabilidade do BIM entre mais de 300 programas. O IFC talvez seja o ingrediente mais importante para o sucesso do BIM nas empresas, mesmo que os usuários não estejam cientes ainda de como o

modelo interage com o software. Muitas empresas estão usando o IFC como o modelo de dados para a troca de informações codificadas, pois ele constitui uma tecnologia de interoperabilidade que é aberta, de livre acesso e expansível. Os usuários do modelo IFC podem obter muitos programas compatíveis com esta base no mercado, os quais serão úteis para o desenvolvimento das funções e serviços necessários nos processos industriais. Atualmente, o uso de IFC já foi absorvido pelas grandes desenvolvedoras de CAD, como Autodesk, Bentley, Nemetschek e IEZ, que já desenvolvem softwares baseados nesta estrutura de especificação (JACOSKI, 2003a, p. 123).

A figura 4 apresenta o resultado da extração em IFC de arquivos CAD.

```
ISO-10303-21;
HEADER;
FILE_DESCRIPTION(('IFC 1.5 Exchange File'),'2;1');
FILE_NAME('ADT.dwg','2001-06-27T13:47:43',('Anyone'),('Autodesk'),'0.9 -
IFC Step Toolbox Version 1.5.1','AutoCAD','AutoCAD');
FILE_SCHEMA(('IFC151'));
ENDSEC;
DATA;
#1=IFCAUDITTRAIL(993646062,$,0,$,0,$,0,());
#2=IFCOWNERHISTORY(0,0,'AecIfcUtility','UNSPECIFIED',#1);
#4=IFCPERSON('Anyone',$,$,$,$,(),());
#16=IFCNOTATIONFACET('NotationString',$);
#17=IFCCLASSIFICATIONNOTATION(#16);
#18=IFCCLASSIFICATION('WallMaterial',$,#17,'Brick',$);
#19=IFCCLASSIFICATIONLIST(#18,1);
#24=IFCAUDITTRAIL(993646062,$,0,$,0,$,0,());
#25=IFCOWNERHISTORY(0,0,'AecIfcUtility','UNSPECIFIED',#24);
#27=IFCAUDITTRAIL(993646062,$,0,$,0,$,0,());
#28=IFCOWNERHISTORY(0,0,'AecIfcUtility','UNSPECIFIED',#27);
#29=IFCRELCONTAINS('*&QEKYQ>/OORXYK45Q,$',#28,(),.F.,.F.,#22,(#26),.PROJECT
CONTAINER.,.T.);
#34=IFCAUDITTRAIL(993646062,$,0,$,0,$,0,());
#35=IFCOWNERHISTORY(0,0,'AecIfcUtility','UNSPECIFIED',#34);
#36=IFCRELCONTAINS('*&QENYQ>/OORXYK45Q,$',#35,(),.F.,.F.,#26,(#33),.SITECON
TAINER.,.T.);
#43=IFCAUDITTRAIL(993646062,$,0,$,0,$,0,());
#44=IFCOWNERHISTORY(0,0,'AecIfcUtility','UNSPECIFIED',#43);
#3=IFCPROJECTAPPREGISTRY(#5);
#5=IFCREGISTEREDAPPLICATION('', 'AutoCAD',#4);
#6=IFCPROJECTTEAMREGISTRY(#9);
#7=IFCPERSON('Anyone',$,$,$,$,(),());
#9=IFCPERSONANDORGANIZATION(#7,#8,());
#8=IFCORGANIZATION('Autodesk',(),(),$);
.. (o arquivo não é concluído aqui. Por questões de espaço, foi interrompido nesta linha).
```

Figura 4: arquivo de extensão IFC gerado a partir de um projeto (JACOSKI, 2003b)

Outra questão importante quanto à utilização de arquivos IFC refere-se à simulações. Os programas de simulação existentes não raras vezes são usados apenas ocasionalmente. Isso se

deve a alguns fatores, entre os quais convém citar os custos envolvidos com a simulação e a dificuldade de reutilização da informação contida no programa. Sem um modelo de dados comum, os aplicativos da AEC/FM conseguem trocar informações diretamente somente através de interfaces que transformam o dado em um formato para outro (JACOSKI, 2003b).

De acordo com Betts (1999), existe uma diferença considerável entre sistemas de **integração** e simplesmente o uso de interfaces. Para que haja integração de fato, é necessário que o sistema se comunique em ambos os sentidos, havendo a transferência e o retorno da informação. Já os sistemas com interface, como é o caso dos programas simuladores, passam os dados em um sentido apenas. O IFC age justamente neste sentido, oferecendo um ambiente de real interoperabilidade no qual diversos aplicativos podem trocar informações diretamente, constituindo-se então num verdadeiro sistema de integração. A figura 5 representa o BIM como modelo central e diferentes programas simuladores sendo convertidos em linguagem IFC e utilizados para construção do modelo.

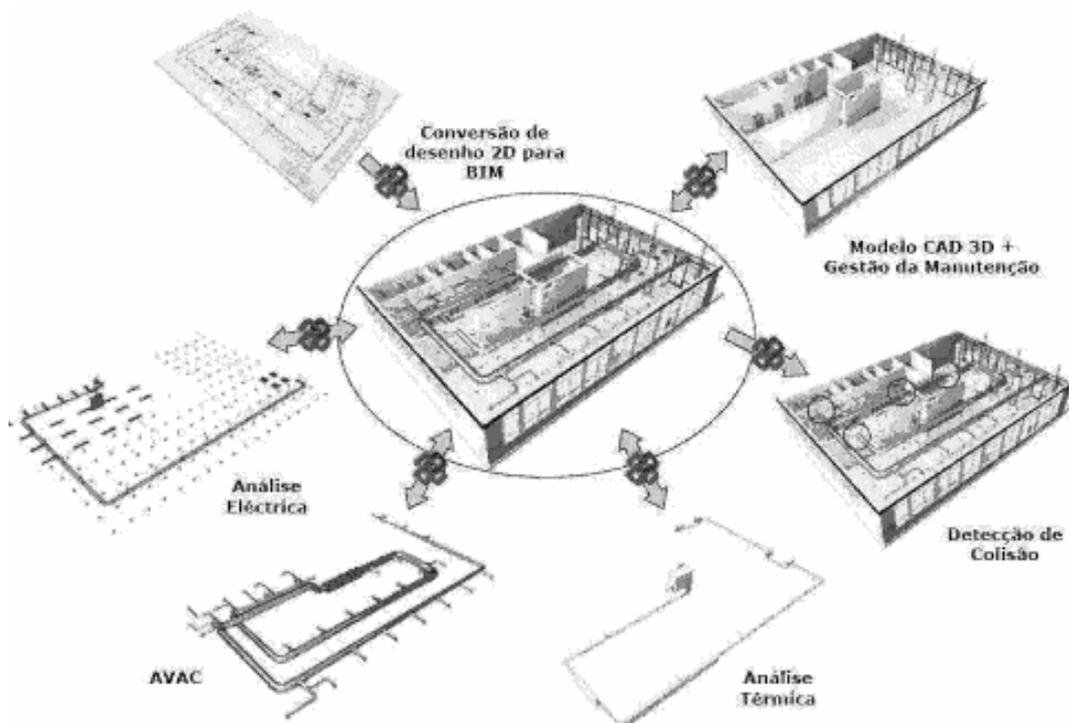


Figura 5: modelo BIM-IFC e a utilização de programas simuladores (MALÓ, 2007)

Conforme Bazjanac e Crawley (1997), o uso de arquivos IFC em softwares de simulação possibilitará em um primeiro momento:

- a) interação direta e instantânea entre os arquivos;
- b) trocar e compartilhar informações de interesse ou referência comum.

Isso, segundo os mesmos autores, poderá resultar nos seguintes benefícios tangíveis aos envolvidos:

- a) acessos virtuais sem custos aos dados geométricos e demais dados;
- b) redução no custo de projeto de simulação;
- c) melhora na participação de outros requisitos relevantes na simulação análise;
- d) melhor uso dos resultados de simulação.

Assim, o IFC é capaz de diminuir os custos envolvidos nas simulações tornando o uso corriqueiro destas ferramentas uma realidade. Além disso, todos os participantes envolvidos, seja na concepção ou construção do projeto, podem ter acesso direto e imediato às informações do projeto, incluindo os resultados obtidos nas simulações. Isso pode gerar um aumento na qualidade, tanto das simulações quanto do processo construtivo como um todo.

Enfim, o modelo de dados IFC consiste nas definições, regras e protocolos que devem ser seguidos pela base de dados para a descrição de todo o ciclo. As definições permitem que os criadores de softwares industriais desenvolvam interfaces IFC para que seus softwares permitam a disponibilização e troca da mesma informação no mesmo formato entre programas diferentes, sem que ocorra incompatibilidade entre os softwares. Os objetos descritos pelo modelo IFC compartilham informações essenciais para o BIM. Estes objetos servem de suporte do modelo para o planejamento, desenho, construção e outras operações do processo. Portas, janelas entre outros itens introduzidos na base de dados complementam as informações para a estimativa de custos, prazos entre outras (INTERNATIONAL ALLIANCE FOR INTEROPERABILITY, 2008).

De acordo ainda com a IAI, a primeira versão do IFC foi lançada em 1997, sendo o último lançamento chamado de IFC2x3. O modelo de dados IFC, por fazer o suporte de todo o ciclo, não permite que um único programa abranja ou satisfaça todo o modelo. A execução de IFC é baseada em uma vista particular ou em uma combinação das vistas que definem parâmetros dos dados para o suporte de processos específicos da indústria, de prática do trabalho de uma dada organização ou de casos típicos de negócios. Assim, o IFC se mostra como sendo o

único modelo padrão com parâmetros, regras e protocolos para dados capaz de popularizar o BIM.

Em resumo, o IFC pode ser considerado um modelo que independe de uma aplicação mais exigente e específica de termos de capacidade de informática, sendo suportado pelos sistemas de informática líderes de mercado. Atualmente, é aceito em todo Mundo como norma para a indústria da Engenharia e Construção, permitindo a extensão e adição de novas funcionalidades de um modo fácil e sem alteração do modelo base. É, enfim, abrangente, extensivo e estável.

A figura 6 exemplifica a dinâmica da interoperabilidade entre o BIM e o IFC, representando um modelo virtual 3D no qual temos diferentes tipos de projeto executados com BIM e convertidos para linguagem IFC. Neste exemplo, agrega-se ao modelo estudos de outras especialidades como viabilidade econômica, construtibilidade e acessibilidade, servindo assim de referência para a tomada de decisões.

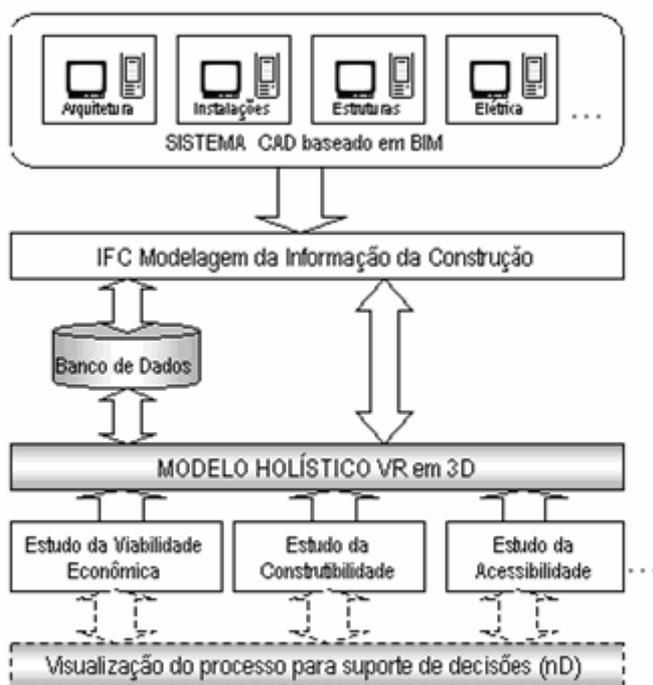


Figura 6: dinâmica da Interoperabilidade (CRESPO; RUSCHEL, 2007)

### 4.3 TECNOLOGIA XML

A linguagem padronizada XML foi proposta e controlada pelo W3C (World Wide Web Consortium), mesmo organismo que desenvolveu e mantém o padrão HTML. Inicialmente elaborada para o processamento de documentos, esta linguagem integra dados de diferentes origens e passou a ser utilizada por diversas aplicações.

Conforme Jacoski e Lamberts (2002), o consórcio W3C iniciou o desenvolvimento do XML em 1996, sendo que a padronização do mesmo só foi recebida em 1998. Desde esta época XML é uma tecnologia W3C, de domínio público, assim como o HTML já era. Ainda de acordo com os mesmos autores, existem basicamente dois grupos de pesquisadores envolvidos no desenvolvimento de XML. Um deles é um grupo dos Estados Unidos chamado de aecXML e o outro é o europeu bcXML. Ambos possuem padrão web, sendo que os mesmos reconhecem a diversidade e particularidades locais, que existem e abrem possibilidade de conflito de informações quando usada em regiões diferentes. A tecnologia XML está intimamente ligada a interoperabilidade, e por consequência, ligada as soluções BIM.

A corrente linguagem da Internet HTML suporta somente a transferência de dados independentes. Já através do uso de XML é possível trabalhar com bases estruturadas de informação, podendo haver uma integração entre engenheiros, arquitetos, fornecedores, contratantes e subcontratados. Então o desenvolvimento do padrão web chamado bcXML pode facilitar a transferência de informação entre a indústria da construção europeia usando-se para tal a internet com plataforma comum de acesso. Posteriormente surgiu uma evolução do bcXML o qual é chamado de IFCXML (JACOSKI; LAMBERTS, 2002).

Conforme Décio (2000), esta tecnologia tem como objetivo fundamental a descrição de informações, sendo extremamente importante para o armazenamento, recuperação e transmissão das mesmas, permitindo-se colocar em um mesmo lugar dados e suas respectivas descrições. A informação pode ser restaurada através de dados de diversas origens, combinados e customizados e enviados para outro ambiente de processamento. A diferença entre IFC e XML é principalmente sobre o volume de informação manuseada.

Jacoski (2003b) reforça a idéia da utilização de tecnologias semelhantes a esta:

Com o surgimento das linguagens de texto, como o XML (Extended Markup Language), foi propiciado um novo direcionamento de esforços no sentido de publicação e divulgação da informação através da web. Observou-se assim uma possibilidade de compartilhar dados entre agentes participantes do processo de projeto.

De acordo com Ibrahim et al. (2004), em muitas práticas de projeto, elementos arquitetônicos como janelas e portas são usualmente selecionados de acordo com catálogos de fornecedores e vendedores, de onde extrai-se todas especificações com a devida confiabilidade necessária. Arquitetos e projetistas dependem de um modelo pré-definido para a criação do objeto dentro do sistema CAD. Os catálogos contêm justamente as informações necessárias para que se possa descrever, especificar, precificar e instalar um determinado elemento. Mais recentemente, fazendo uso da internet diversos fabricantes criaram seus catálogos on-line. As fontes através da internet constituem a base do conhecimento acerca dos elementos sendo projetados para determinado uso. Entretanto, esses catálogos não estão atualmente formatados em um padrão tal que permita o acesso a estas informações com um método padronizado. Esta deficiência faz com que a informação disponível fique estática, cabendo ao projetista ou engenheiro localizar e fazer uso destes dados conforme desejado. Com o surgimento da linguagem semântica web esta relação tende a amadurecer. Com as vantagens da utilização da Extensible Markup Language (XML) como um padrão de estruturação de dados, extrair as informações através dos sites na internet de fabricantes e comerciantes se tornará muito mais fácil e automático.

Os autores salientam que se os objetos pudessem extrair as informações necessárias de um catálogo virtual, escrito em XML, e, conseqüentemente, trocar os parâmetros, então todo o conhecimento proveniente do fabricante poderia ser transferido ao objeto, visto que esse objeto que é codificado para lidar com esse tipo de informação. A tecnologia XML descreve a estrutura e o significado de um documento, não descrevendo a formatação dos elementos. O documento contém os *tags* (citados anteriormente) que descrevem seu conteúdo e não sua aparência. Ao contrário, HTML inclui formatos genéricos, estruturais e semânticos que descrevem principalmente como representar um documento em *web browser*. Ao invés de *tags* genéricos, XML utiliza-se de *tags* cheios de significados, técnica que possui diversas vantagens como permitir que os dados sejam lidos por pessoas e tornar mais fácil para sistemas automatizados localizar uma informação específica em um documento. Os modelos BIM-CAD e as novas tecnologias como a XML associadas à internet podem mudar a forma pela qual os negócios são conduzidos. Pode haver uma grande mudança nos modelos atuais

diante do surgimento de outras ferramentas capazes de forçar caminhos diferentes quanto se trata da entrega da informação, bem como da padronização e automatização da mesma.

## 5 LEVANTAMENTO DE CASOS

Os casos de aplicação da Modelagem de Informações para a Construção podem ser encontrados na construção de hospitais, aeroportos, fábricas, edifícios de escritórios e habitação, centros comerciais, centro de eventos e estações ferroviárias. Este capítulo apresenta alguns casos nos quais essa ferramenta foi utilizada e os respectivos resultados obtidos. Optou-se por dividir os exemplos de acordo com o País onde estes ocorreram.

### 5.1 ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA

Os exemplos de utilização de BIM mais conhecidos são os seguintes:

- a) Guarda Costeira;
- b) GSA – General Services Administration;
- c) Freedom Tower;
- d) Letterman Digital Arts Center.

A Guarda Costeira americana optou por desenvolver modelagem de todos seus edifícios e instalações existentes. O objetivo é deixar toda sua estrutura em um programa único, capaz de facilitar a manutenção da estrutura existente e facilitar a construção de futuras novas instalações. Já a *General Services Administration* (GSA), instituição responsável pelo gerenciamento de todos os novos projetos dos edifícios governamentais americanos, estipulou como obrigatório o uso de BIM-IFC desde 2007. Esta medida visa economizar cerca de 16 bilhões de dólares, frutos do desperdício da construção civil americana (MALÓ, 2007).

A Freedom Tower será um edifício com mais de 530 metros de altura e será construído no terreno onde ficavam situadas as torres gêmeas do *World Trade Center*, em Nova York. A SOM (Skidmore, Owings and Merrill), empresa responsável pelos projetos de arquitetura, estrutura e instalações prediais da nova torre, decidiu desenvolvê-los de forma integrada sob a plataforma BIM. Os construtores também utilizarão o banco de dados, importando os

quantitativos para compor a planilha de custos. Entretanto, paralelamente, o orçamento também será feito pelos métodos tradicionais - as informações geradas do BIM servirão apenas para checagem dos dados (FARIA, 2007).

O *Letterman Digital Arts Center*, localizado em São Francisco, engloba a construção de quatro edifícios, um teatro e uma garagem com quatro pisos subterrâneos, com capacidade total para 1500 veículos. Neste caso, a recorrência ao formato BIM se deu numa fase final de projeto, pois grande parte já havia sido concebida inicialmente em 2D. Nesta fase final de projeto, se pretendia criar um modelo mais próximo do real e que fosse útil para fases posteriores do projeto e da obra. O primeiro passo foi a criação de um modelo estrutural 3D, ao qual se adicionaram os componentes de arquitetura. Posteriormente, foram acrescentados os elementos mecânicos, elétricos e hidráulicos. Este modelo único foi criado com a colaboração de todos os intervenientes, através da criação de uma ligação em rede entre eles e da implementação de um processo de atualização do modelo e proteção das informações. Através deste método, a facilidade de comunicação foi incrementada significativamente. O modelo de informação 3D possibilitou que alguns erros fossem detectados. Entre alguns destes erros, se destacam os gerados devido a desenhos 2D desatualizados, frutos das falhas na comunicação entre as diferentes especialidades dos intervenientes. O modelo 3D acompanhou ainda a construção do projeto, mostrando-se bastante eficaz na detecção de incoerências geradas ainda na fase de projeto. Contudo, nem todos os erros foram detectados, sendo a principal razão para isso o fato de que o modelo BIM não ter sido adotado desde as fases iniciais de projeto (FARIA, 2007).

## 5.2 PORTUGAL

Neste País, o único caso de utilização de BIM do qual se obteve informação foi o da empresa Mota-Engil Engenharia. A empresa, maior construtora de Portugal, adquiriu diversas licenças de softwares BIM na tentativa de passar as informações de 2D para 3D. Em virtude de intervirem somente no meio do processo, a Mota-Engil não conseguiu, até o presente momento, obter sucesso na introdução do BIM. A empresa acredita que é na fase de concepção e projeto que estes modelos têm que ser concebidos, sendo que sua utilização só será possível caso a utilização do BIM seja imposta aos outros intervenientes a jusante do processo. Não fugindo a sua cota de responsabilidade referente ao insucesso, a empresa

admite que outros fatores interferiram para que a tentativa de passar informação 2D para 3D fracasse, entre eles a falta de tempo, a insuficiência de informações e a falta de treinamento (MALÓ, 2007).

### 5.3 NORUEGA

Através de pesquisa bibliográfica, se obteve conhecimento dos seguintes exemplos de utilização de BIM na Noruega:

- a) Oslo Gardermoen Airport (edifício principal do aeroporto);
- b) Akershus University Hospital (hospital);
- c) Hitos (universidade);
- d) Hommelvik School (escola);
- e) Congress Center Folkets Hus (centro de congresso);
- f) Byggsok (loteamento);
- g) Munkerud House (edifício);
- h) Tromso University College (universidade).

Situada próxima ao Círculo Polar Ártico, a construção da Faculdade de Engenharia e Economia e da Faculdade de Educação da Universidade de Tromsø, foi o primeiro projeto que integrou com o BIM todas as etapas do empreendimento. Constitui-se num teste para avaliar o desempenho da plataforma desenvolvida pela IAI para garantir a interoperabilidade de todos os softwares BIM disponíveis no mercado. Comparando-se com as construções tradicionais, percebeu-se que a quantidade de informações no anteprojeto era muito maior quando se utilizava a nova tecnologia (FARIA, 2007).

## 5.4 INGLATERRA

Neste País, foram levantados os seguintes casos:

- a) Terminal 5 do Aeroporto de Heathrow;
- b) Heathrow Express;
- c) Basingstoke Festival Palace;
- d) KLM Endeavour House.

O Basingstoke Festival Palace consiste em um centro comercial. Orçado em 110 milhões de Libras Esterlinas, esta obra teve uma redução destes custos de cerca de 9% graças a detecção de colisões durante a fase de projeto através da utilização do sistema BIM. A estação ferroviária Heathrow Express também teve seu custo reduzido em algo em torno de 15% do valor inicial. O BIM neste caso também facilitou na redução do prazo da obra, antecipando em 3 semanas o término dos trabalhos (MALÓ, 2007).

## 5.5 BRASIL

Embora ainda muito incipiente no cenário brasileiro, o sistema BIM já vem encontrando alguns adeptos na construção civil brasileira. As experiências encontradas até o momento foram estas:

- a) Contier Arquitetura;
- b) MHA Engenharia;
- c) SPBR Arquitetura.

A empresa paulista Contier migrou para a nova tecnologia no ano de 2007, quando da realização do projeto de um terminal de ônibus da Prefeitura de São Paulo. Na ocasião, a altura de um dos pavimentos precisou ser reduzida quando duas escadas rolantes já haviam sido adquiridas pela obra. Como não era possível reduzir as dimensões do equipamento, todos os projetos arquitetônicos precisaram ser alterados e revisados. Em virtude de serem mais de 300 arquivos, se fez uso da tecnologia BIM. Para tal, a empresa afirma que fez investimentos

pesado na atualização de seu parque de informática, a fim de prover a capacidade requisitada pelo programa. Um dos problemas enfrentados pela empresa em seus primeiros trabalhos foi a modelagem em 3D. Segundo relato do arquiteto responsável, a modelagem em 3D consome muito processamento do equipamento. Em muitas vezes ao longo do projeto, a empresa optou por anexar plantas e cortes 2D nos locais em que ocorriam elementos muito pequenos como maçanetas ou parafusos (FARIA, 2007).

Segundo o mesmo autor, outra experiência da Contier foi desenvolvimento do projeto do *Yenagoa International Conference Centre*, na Nigéria. O anteprojeto tinha que ser desenvolvido no prazo de quatro semanas apenas e graças ao BIM e com apenas duas pessoas se conseguiu elaborar o mesmo em vinte dias. Conforme a empresa, uma das maiores dificuldades iniciais na adoção da tecnologia foi o tempo de aprendizagem. O processo foi demorado, durando cerca de um ano, com investimentos realizados para aquisição do sistema de algo em torno de 17 mil reais.

Outra empresa brasileira, a MHA, empresa que desenvolve projetos de instalações prediais, adquiriu no início de 2007 o software BIM específico para sua área de atuação. De acordo com a gerência de informática da empresa, até agora, nenhum projeto foi desenvolvido por inteiro com a nova tecnologia. Os primeiros trabalhos devem ser iniciados apenas no início de 2009, depois do curso de capacitação técnica dos seus 25 projetistas (FARIA, 2007).

Ainda de acordo com o mesmo autor, outro caso de aplicação de BIM é do escritório de arquitetura SPBR de São Paulo, que, após vencer o concurso para o projeto da nova biblioteca da PUC-RJ, resolveu implantar o sistema BIM. A empresa afirma que optou por adotar a nova tecnologia em virtude da folga existente no cronograma do projeto. A empresa informa ainda que até o momento não teve problemas de adaptação ao software. Atualmente no anteprojeto de Arquitetura, as obras devem ter início no ano de 2009 e durar três anos. No entanto, a SPBR fará um vôo solo: não será possível integrar os projetos com outras áreas, porque a empresa é a única a usar a tecnologia no empreendimento.

## 6 A INFORMAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Este capítulo aborda os problemas ligados à informação na indústria da construção civil. Com o auxílio de levantamentos realizados em pesquisas e trabalhos existentes sobre o tema, diagnosticou-se os problemas mais frequentemente percebidos no que se refere a troca e a intercambialidade da informação entre os diversos agentes intervenientes no processo construtivo.

### 6.1 A FRAGMENTAÇÃO DA CADEIA PRODUTIVA

A indústria da construção civil é conhecida pelo seu alto grau de fragmentação. De acordo com Zegarra et al. (1999), fragmentação na indústria significa dizer que nenhuma empresa inserida nela exerce força suficiente para influenciar o mercado, sendo composta normalmente por numerosas empresas de pequeno e médio portes. Conseqüência disso é a existência de muitos concorrentes com baixo poder de barganha, tornando a rentabilidade das empresas dessa indústria marginal. Esta fragmentação, continua o autor, se alastra para o interior das organizações: “Numa empresa construtora, por exemplo, pode-se perceber a existência de uma grande desarticulação interna. Seus diferentes departamentos, ou áreas, normalmente atuam de formas independentes umas das outras.” Em virtude disso, os fluxos de informações e dados muitas vezes úteis para diferentes departamentos acontecem de forma pouco eficiente e a transferência e o intercâmbio é muito pobre, justamente pela falta de integração entre os departamentos internos.

A fragmentação ocorre também entre os diversos participantes e agentes da cadeia produtiva. Aouad et al. (2000) defendem esta idéia, apontando como principais fatores que interferem para a integração de tecnologias na indústria da construção a fragmentação da cadeia produtiva, além da falta de padronização para troca de informações entre sistemas e baixa qualidade do gerenciamento nas indústrias, empresas e projetos. O *construbusiness*, como é também conhecida a cadeia produtiva da indústria da construção, é composta por diversas empresas de diferentes ramos, como por exemplo fornecedoras de materiais, mão-de-obra, serviços, projetos. Cada ramo engloba empresas com estruturas distintas, mas com o objetivo comum de entregar algum produto ou serviço que seja necessário para o processo de construção como um todo (JACOSKI; LAMBERTS, 2002).

Jacoski e Lamberts (2002) reforçam esta idéia, apontando que a cadeia produtiva da construção apresenta sérias dificuldades de agregação da informação de todo o setor, em virtude da dispersão dos dados e a heterogeneidade dos agentes participantes. Conforme ainda os autores, este problema não é detectado somente em relação à cadeia produtiva, sendo um reflexo do que ocorre internamente dentro de cada empresa: “O fluxo de informações entre departamentos, entre projetos, e setores, acontece de forma dispersa e muitas vezes sem controle”.

Na indústria da construção civil, cada empreendimento possui características próprias, o que lhe confere um grau de unicidade. Também há uma grande quantidade de dados gerados durante o seu ciclo de vida e, como citado anteriormente, há um considerável número de participantes envolvidos no seu processo de desenvolvimento. Este ambiente fragmentado torna difícil que os vários intervenientes compartilhem informações (ZEGARRA et al., 1999).

Conforme Ulrich e Sacomano (1999), a estrutura convencional da construção civil, na qual predomina a divisão do trabalho e a falta de interação entre os agentes envolvidos, torna o desenvolvimento de um trabalho em conjunto uma tarefa bastante complexa de ser realizada. Segundo Austin (1994 apud BORDIN, 2005), é fundamental que para a fim de garantir o correto e harmonioso progresso do processo construtivo, haja uma gestão adequada e uma abordagem sistêmica de todo o processo de projeto. Pode-se citar as seguintes características que dificultam o processo construtivo:

- a) o envolvimento de um grande número de pessoas que tomam decisões;
- b) a comunicação e transferência de informações entre os diversos profissionais, freqüentemente informais e não documentada.

Quanto ao número de pessoas envolvidas no processo, pode-se dizer que, devido à crescente complexidade dos empreendimentos, esta quantidade é cada vez maior. Além disso, temos profissionais cada vez mais especializados. Uma equipe de projeto, por exemplo, é composta por intervenientes das mais diferentes especialidades: arquitetura, sistemas estruturais, instalações elétricas, entre outros. Cada um destes intervenientes, de diferentes formações, possui distintas maneiras de abordar o trabalho. Para o cumprimento das várias fases de desenvolvimento do projeto, os membros da equipe interagem, ou pelo menos deveriam interagir intensamente, o que permite concluir que o relacionamento entre os intervenientes tem grande importância sobre o processo (BORDIN, 2005).

Todavia, em função de suas diferentes formações, a linguagem utilizada pelos diferentes intervenientes também é diferenciada. Esta segmentação constitui-se em um dos fatores que ocasiona problemas de comunicação e de compreensão dos requisitos de projeto por parte dos diferentes projetistas. Cabe salientar, também, outro fator importante, que consiste no fato de que os projetistas pertencem a organizações distintas, trabalham separadamente e, na maior parte dos casos, fisicamente distantes. Estes fatores incrementam a fragmentação entre os agentes envolvidos, fato que pode ocasionar o aumento da possibilidade de ocorrerem incompatibilidades entre os projetos das diferentes especialidades (TZORTZOPOULOS, 1999).

A interdependência entre os agentes participantes e a característica multidisciplinar do processo construtivo fazem com que as relações existentes se desenvolvam de forma muito complexa (ZEGARRA et al., 1999). De acordo com Oliveira (2005): “[...] a estruturação convencional da construção civil, na qual prevalece a divisão do trabalho e a falta de interação entre os agentes envolvidos, faz com que a possibilidade de desenvolver um trabalho em conjunto seja um tanto difícil de ser alcançado.” Já em 1993, Fruet e Formoso afirmavam que a difusão da informação é um dos itens que precisavam ser melhorados nas empresas, dado que a falta de integração, e mesmo de comunicação, entre os envolvidos em determinado projeto, era umas das principais causas de seu insucesso. Ainda, de acordo com Oliveira (2005), “A falta de padrões e procedimentos para a circulação das informações pode ser considerada como uma das razões de projetos deficientes, mesmo quando estes são desenvolvidos por profissionais de alta capacidade técnica”.

## 6.2 A INTERCAMBIALIDADE DA INFORMAÇÃO

A indústria da construção civil, em especial o subsetor de edificações, é extremamente dependente de dados e informações numa grande diversidade de formatos, abrangendo desenhos detalhados, fotos, orçamentos diversos, análises de custos e especificações. Uma quantidade bastante grande de informações é produzida e trocada durante o ciclo de vida de um projeto, mesmo sendo este de porte pequeno. Se for trazida esta realidade para projetos mais complexos, cada vez mais comuns na rotina dos profissionais atuantes nesta indústria, a quantidade de informações intercambiadas aumenta exponencialmente.

De acordo com Dawood et al. (2002, p.558), dois terços dos problemas na construção civil são causados pela coordenação inadequada e comunicação ineficiente. Tudo o que acontece durante o desenvolvimento de um empreendimento, desde a sua concepção até a sua finalização e entrega do produto final, está baseado em informações.

É fundamental que as informações tenham consistência, conteúdo, velocidade e, conseqüentemente, qualidade para que se alcance o êxito do empreendimento (SANTOS, 1999, p.52). Assim, a informação está sendo vista como o principal combustível do processo, já que a principal atividade em qualquer empreendimento é avaliar e processar informações e, então, comunicar a todos os envolvidos.

De acordo com Costa e Abrantes (1996, p. 829-830), uma importante parte do nível de qualidade obtido numa edificação é derivada das decisões realizadas durante o processo de projeto. Romano et al. (2001) salientam que muitos problemas relacionados com a falta de qualidade em edificações têm como causa principal a falta de qualidade no processo de projeto. De acordo com os autores, a prática de projeto da maior parte das empresas construtoras e incorporadoras brasileiras é desenvolvida de forma não planejada, segmentada e seqüencial e com evidente carência de interação e comunicação entre os diversos agentes envolvidos. Desta forma, segundo os mesmos autores, para se alcançar um gerenciamento eficaz de um empreendimento se deve considerar que uma parte essencial da qualidade total da edificação será decidida na etapa de projeto. Além disso, deve-se assegurar que os membros da equipe estejam cientes que os diferentes aspectos influenciados por suas decisões irão contribuir decisivamente sobre o resultado final.

Deng et al. (p. 239, 2001), afirmam que o sucesso de um projeto de construção é diretamente dependente da comunicação entre os participantes do processo. Conforme Oliveira (2005): “[...] isso sugere que o processo de comunicação entre os profissionais de projeto deve ser bastante integrado, de modo a se obter uma melhor compatibilização entre os projetos específicos”. Assim, torna-se possível também a obtenção de um melhor resultado no aproveitamento das diversas soluções propostas pela equipe de projeto.

No processo de gestão de projetos é importante que todos os colaboradores tenham acesso às informações a respeito de solicitação de alteração, aprovação, status do projeto, etapas de trabalho, processo de elaboração de projetos indicando o fluxo das atividades e responsáveis, cronogramas, escopo, prazos, custos, qualidade, recursos humanos, metas e riscos

(QUINTÃO, 2003). Gus (1996) salienta que o processo de projeto depende de uma intensa e contínua troca de informações entre os diversos intervenientes que desenvolvem, simultaneamente, suas opções e decisões de projeto e, portanto, o gerenciamento das interfaces estabelecidas exige um grande cuidado com o fluxo de informações.

Conforme Schmitt (1998), umas das razões mais importantes da comunicação é para a transmissão das informações de projeto para todas as pessoas envolvidas, tornando inevitável a integração das informações. A autora destaca ainda que uma melhor comunicação e integração na construção revertem em potencial para reduzir custos, diminuir atrasos nos projetos e aumentar a qualidade do produto. Segundo Jacques e Formoso (2000), a eficácia desta comunicação depende de atividades como definição, organização e transmissão da informação, as quais ocorrem em geral de maneira fragmentada e informal ao longo das diversas fases do processo.

A falta de padronização da informação tem sido um dos maiores problemas ligados a transmissão da mesma. Conforme Stouffs e Drishnamurti (2000 apud JACOSKI, 2003a), a padronização se torna um processo difícil devido à necessidade de ser aceito por toda a indústria em todas as suas diferentes composições. Comumente a natureza fragmentada da indústria da construção é citada como uma das causas primárias do fracasso nas tentativas de conseguir uma padronização para dados de projetos.

Ao diagnosticar-se o atual estágio da construção civil, é possível levantar-se alguns possíveis benefícios que a padronização da informação é capaz gerar. Jacoski e Lamberts (2002) identificam alguns destes benefícios:

- a) redução de tempo e custo através da eliminação de retrabalho durante as fases de projeto e construção. Dados similares podem ser elaborados uma vez só e acessados em muitas etapas por quem fizer a utilização em diferentes aplicações no projeto. Isto reduz, também, a possibilidade de conflito de informações entre diferentes usuários;
- b) melhoria na integração e comunicação interna, proporcionando acréscimo de produtividade;
- c) maior eficiência e rapidez na elaboração de projetos;
- d) trabalho eficiente de projetos desenvolvidos por equipes virtuais permitindo simplificação na comunicação;

- e) redução no custo de desenvolvimento de softwares, com os programadores usando o padrão definido;
- f) qualidade no processo de decisão, e aprimoramento do aprendizado organizacional através da reutilização do conhecimento;
- g) grande potencial para automação de tarefas;
- h) grande flexibilidade operacional e considerável aumento de facilidades para associação de tarefas.

Conforme Ingirige (2000 apud JACOSKI; LAMBERTS, 2002), em pesquisa realizada com seis empresas no Reino Unido, foram identificados os seguintes benefícios oriundos da adoção da padronização da informação:

- a) redução do tempo de discussões;
- b) simplificação da implementação de projeto;
- c) facilidade do fluxo de informação entre parceiros fornecedores;
- d) melhoria na qualidade da produção da informação disponível para a equipe de trabalho;
- e) redução de esforços;
- f) aumento na velocidade de distribuição dos dados;
- g) possibilidade de utilização de única plataforma para transferência de informação na indústria da construção.

Embora muitos projetos sejam desenvolvidos por profissionais de alta capacidade, a falta de padrões e procedimentos para a circulação das informações acaba por comprometer muitas vezes o sucesso dos mesmos. Esta falta de padronização é apontada como uma das principais razões de projetos deficientes. Os fluxos de informações estão diretamente relacionados a tomada de decisão e esta é prejudicada quando a comunicação entre os projetistas é pobre. O fato de não haver um efetivo intercâmbio de informações entre os projetistas pode gerar incompatibilidades e indefinições de projeto (COSTA; ABRANTES, 1996).

Outro problema comumente encontrado no processo de projeto que acaba por se refletir no restante do processo é a falta de clareza na comunicação. Uma diretriz básica para a melhoria do processo de projeto seria garantir uma efetiva comunicação entre os profissionais envolvidos (ULRICH; SACOMANO, 1999). As várias especializações da construção civil

que fazem parte da equipe de projeto precisam que a comunicação seja eficiente durante o processo, porque um especialista depende da informação do outro para conduzir sua análise (TANG et al., 2001).

No processo de projeto, a tomada de decisão está implícita em todas as tarefas, fazendo da informação o seu principal insumo. Por isso o fluxo de informações, ou a comunicação, é rápido e está em constante mudança. O fluxo de dados e informações no subsetor de edificações se dá de maneira muito pobre, gerando como consequência duplicidade e perda de informação, não se consolidando um sistema eficiente de informações capaz de prover o embasamento necessário para a tomada de decisões. Em seu contexto de integração do todo, destaca-se a necessidade de uma comunicação mais intensa em todo o processo produtivo, pois as soluções previstas nos projetos parciais devem atingir um grau de precisão satisfatório na execução da obra. A informação, contudo, só faz sentido quando aplicada de maneira integrada no processo de execução do objeto, uma vez que a qualidade da informação é medida pela utilidade que possui no desempenho de uma tarefa (JACQUES, 2000).

Outro problema que freqüentemente ocorre fruto da falta de clareza na transmissão da informação, é a questão do retrabalho. De acordo com Oliveira (2005):

Problemas de retrabalho podem ocorrer devido a informações conflitantes ou não recebidas no momento adequado pelas partes envolvidas. A causa principal para isto é a lacuna no fluxo de informações entre as diferentes partes envolvidas num projeto. Freqüentemente arquitetos, clientes ou demais participantes do processo fazem alterações no projeto e não comunicam os demais envolvidos a tempo destes efetuarem as devidas alterações, resultando em retrabalhos que poderiam muito bem ser evitados se houvesse clareza na comunicação da informação.

Bordin (2005) reforça esta idéia, ao afirmar que, devido ao fato de o fluxo de informações não ser explicitado, é gerada dificuldade no planejamento do processo, ocasionando diversas perdas como, por exemplo, retrabalho no projeto e, muitas vezes, durante a execução da obra. De acordo com Aouad et al. (1995), a coordenação entre os diversos projetos está diretamente vinculada à integração entre os profissionais participantes do processo e ao fluxo de informações contínuo e organizado entre todos os envolvidos no empreendimento.

Muito embora isso seja de grande importância para os custos, qualidade e desenvolvimento do empreendimento, os projetos de edificações brasileiras são, geralmente, desenvolvidos por escritórios que não pertencem ao organograma da empresa construtora, ou seja, são empresas

subcontratadas para prestarem serviços à construtora. Assim sendo, muitas vezes, o projeto é contratado de acordo com o custo do serviço, não sendo levada em consideração questões como a qualidade e a integração entre os diversos projetos, e entre projetos e o sistema de produção da empresa. Na verdade, o projeto é considerado ainda por muitas empresas como um custo, quando, na verdade, devia ser compreendido como um investimento cujos retornos se darão na maior eficiência de sua produção e na melhor qualidade dos produtos gerados (BORDIN, 2005).

De acordo com Tzortzopoulos (1999), um dos problemas associados à comunicação e à integração da informação ao longo do processo é que, muitas vezes, as informações necessárias ao desenvolvimento das atividades não são disponibilizadas no momento adequado. Segundo ainda a autora, isto ocorre devido ao fato de que ao longo do desenvolvimento dos trabalhos não se verifica a existência de uma definição clara de quais são as informações de entrada necessárias a cada interveniente para a execução das suas tarefas no projeto. Ramos (2002) acrescenta que quanto mais cedo a equipe de trabalho se integrar, maiores serão as chances de aumentar a qualidade do projeto. Para Bordin (2005), a integração das informações de projeto deve ocorrer já na fase mais importante, que é a de a concepção preliminar e progressivamente nas fases posteriores.

Jacoski e Lamberts (2002) relevam que a integração da informação na construção como estratégia, pode se configurar como um mecanismo essencial para:

- a) diminuição de erros;
- b) aumento do trabalho em equipe;
- c) ganho de eficiência e rapidez;
- d) melhoria da qualidade e produtividade.

Outro problema que surge ligado à informação na construção é a falta de interoperabilidade. Segundo Thorne (2000), interoperabilidade consiste na habilidade para comunicar dados através de diferentes atividades produtivas. Esta habilidade vem se tornando essencial para a produtividade e competitividade de muitas indústrias devido à eficiência requerida pelos projetos e a produção, onde o processo conta com uma representação digital do produto e com a participação de diferentes agentes.

A interoperabilidade, continua o autor, vem sendo um elemento de discussão, representando uma preocupação para as corporações que buscam resolver o problema de falta de relacionamento entre os registros, ou softwares, que executam diferentes funções. Por exemplo, no uso de CAD (*Computer Aided Design*), cálculo estrutural, de orçamento, existem casos de incompatibilidade na transferência eletrônica de arquivos. A falta de interoperabilidade na construção, se constitui em uma das grandes responsáveis pela perda da informação, pois ao migrar-se de um software para outro (CAD para orçamento, por exemplo), pode ocorrer perda de informações. Conforme Jacoski (2003a), diversos softwares são utilizados em projetos e no gerenciamento da construção, com análises e operações manuseadas individualmente, sem poder ter seus dados distribuídos aos agentes participantes do projeto. Esta falta de interoperabilidade, prossegue o autor, resulta em repetição, confusão, erros e atrasos, sendo esta um dos motivos para que o tempo de projeto e seus custos sejam muitas vezes superiores aos necessários.

Conforme Rego (2001), a representação gráfica é a base para todo o processo projetual, constituindo-se como documentação do objeto projetado. A interface gráfica, continua a autora, se constitui em um dos principais elementos de uma ferramenta computacional, visto ser o meio de interação intuitivo entre o usuário e os recursos disponíveis na mesma. Segundo Sperling (2002), no processo convencional, tanto no uso do CAD bidimensional ou no uso do papel vegetal, é criada uma série de desenhos técnicos, sem conexões explícitas entre si, cuja leitura em conjunto permite a compreensão da totalidade da informação do projeto. O conjunto de desenhos pode, subseqüentemente, dar origem a uma maquete virtual: um modelo tridimensional que permite melhor visualização das informações, mas que pouco influencia o processo de projeto em si e a qualidade final do produto.

De acordo ainda com o mesmo autor, mesmo no sistema CAD geométrico tridimensional, os desenhos têm pouca ou nenhuma correspondência automática, exigindo ao projetista maior tempo para alterações e atualizações do projeto. Geralmente os desenhos são completamente independentes entre si, mesmo se referindo à mesma informação. O projeto arquitetônico em CAD 2D somado ao distanciamento normalmente existente entre os processos de projeto e de produção fazem perdurar a fragmentação e a falta de domínio do processo, sendo comuns acertos realizados em obra, fruto de interpretações errôneas geradas pela falta de informação suficiente neste tipo convencional de representação.

## 7 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo, são primeiramente relacionados os problemas levantados anteriormente. Em seguida, para cada problema verifica-se a possibilidade deste ser resolvido ou ter seus efeitos amenizados através da utilização da Modelagem de Informações para Construção.

### 7.1 PROBLEMAS DIAGNOSTICADOS

Através da revisão bibliográfica realizada, foi possível levantar alguns dos principais problemas ligados à informação na indústria da construção civil, um dos objetivos deste trabalho. O quadro 1 apresenta estas deficiências.

<b>Diagnóstico de problemas ligados à informação na construção civil</b>
1 - Fragmentação da cadeia produtiva
2 - Comunicação ineficiente
3 - Falta de integração das informações
4 - Padronização insuficiente das informações
5 - Falta de interoperabilidade
6 - Representações gráficas deficientes

Quadro 1: diagnóstico dos problemas levantados

A seguir, discuti-se o sistema BIM como solução a estes problemas diagnosticados.

### 7.2 SISTEMA BIM COMO SOLUÇÃO

Conforme visto anteriormente, a indústria da construção civil é marcada pelo seu alto nível de fragmentação. Resolver a questão da fragmentação consiste em algo bastante complexo, justamente pelo fato de ser uma característica própria da indústria. Diante da heterogeneidade da cadeia, composta por desde pequenas lojas de materiais de construção até grandes empresas construtoras com atuação em diversos países, o poder de alcance das soluções

propostas pelo sistema BIM parecem ser limitadas. Ao traçar um paralelo com a indústria automobilística, se constata que esta também possui um grau de fragmentação, sendo composta por grandes empresas e outras pequenas empresas de terceirização. É bem verdade que esta indústria se beneficia do fato ter todos seus fornecedores situados geograficamente juntos, constituindo verdadeiros complexos industriais. Já a indústria da construção civil, mais especificamente o subsetor de edificações, possui uma organização bastante diferente, dependendo muitas vezes de serviços ou produtos de outras regiões. Entretanto, a indústria automobilística consegue atuar de forma bastante integrada, não sendo através da utilização de um software único a fonte desta unicidade. O BIM representa apenas uma forma de modelagem dos processos e produtos da construção, não se encontrando apenas na utilização deste sistema a resposta para esta questão.

O uso de BIM, associado a outras tecnologias abordadas como IFC e XML, é capaz de propiciar total interoperabilidade, possibilitando a distribuição de dados automaticamente, sem levar em consideração o tipo de software ou onde os dados foram gerados. O BIM age como um modelo central, onde diversos outros aplicativos podem acessá-lo, armazenando ou fazendo uso das informações ali contidas. Este sistema pode solucionar a falta de interoperabilidade entre os diferentes sistemas existentes. A utilização de BIM-IFC eliminaria a perda de informação quando ocorrer migração de um software para outro.

O advento das tecnologias IFC e XML, por serem extensões públicas e abertas para implementação e uso, tornou possível que softwares BIM de diferentes fabricantes fossem interoperáveis. Estas tecnologias permitem a definição de um elemento de construção (projeto), transferível entre aplicativos que operem com estes tipos de extensão. A adoção de uma linguagem única pode solucionar o problema da incompatibilidade na transferência eletrônica de arquivos. Por estes serem padrões neutros, é possível até que se tornem futuramente um padrão da indústria da AEC, facilitando a interoperabilidade entre os sistemas e usuários.

A representação gráfica convencional é geralmente marcada pela falta de informações suficientes para a correta leitura do projeto, gerando interpretações errôneas por parte dos executores da obra. A falta de automatização durante a execução do projeto, faz com que a atenção do projetista fique mais voltada para a realização de desenhos técnicos do que para soluções projetuais propriamente ditas.

Em um sistema BIM, são utilizados elementos na geração da planta que posteriormente serão visualizados tridimensionalmente. A cada visualização que o projetista necessita, a informação é apenas reorganizada e apresentada de uma nova maneira, ao invés de ser recriada. Além disso, modificações realizadas em uma determinada vista geram atualizações automáticas nas outras. Essa facilidade faz com que o projetista possa voltar sua atenção muito mais para questões projetuais do que técnicas. A visualização tridimensional do modelo associado as informações permitem verificar as inadequações e incompatibilidades instantaneamente, auxiliando nos processos de decisão de maneira intuitiva, em todas as etapas do projeto, aumentando a qualidade do projeto e diminuindo a probabilidade da ocorrência de erros no momento de execução da obra.

Através da utilização de BIM, abre-se a possibilidade de parametrização como recurso de interação durante o desenvolvimento do projeto, permitindo simulações dimensionais que se refletem em diversos aspectos da proposta e auxiliam a tomada de decisão. Do ponto de vista da percepção do espaço proposto, as ferramentas BIM apresentam possibilidades mais adequadas que as técnicas tradicionais de representação, fundamentalmente pelos recursos de visualizações simultâneas diversas. Essa melhor percepção do espaço proporciona, por consequência, uma melhor interação do cliente durante a fase de projeto e contribui também para a execução de uma proposta mais satisfatória.

A possibilidade de associar ao modelo informações não gráficas e atributos físicos, de forma a permitir a realização de simulações construtivas, faz com que o processo passe a ter presente aspectos e variáveis que antes eram difíceis de mensurar e analisar, mas que são essenciais na resolução adequada do processo de projeto. O BIM permite, assim, uma representação gráfica mais acurada. A possibilidade de se explorar sob múltiplos enfoques e de forma mais aprofundada os aspectos e variáveis do projeto, permite dizer que esta é uma das principais contribuições desta ferramenta para o aumento da qualidade do projeto.

O subsetor de edificações faz uso intensivo de informações, já que um projeto produz inúmeros documentos, sendo boa parte representada graficamente, o que lhes adiciona mais informação ainda. A participação de muitos intervenientes no processo implica várias interfaces entre projetos e decisões e exige um elevado e bem organizado intercâmbio de informações.

A adoção de um sistema BIM-IFC é capaz de fazer com que a circulação de informações internas à empresa se dê de maneira mais rápida, possibilitando a realização de trabalhos integrados com projetos, quantitativos e orçamentos. O uso de BIM como instrumento de integração da informação pode propiciar a melhoria do fluxo de dados e informação entre os participantes, com redução de erros, melhoria da coordenação, integridade dos dados, melhorando assim a qualidade dos projetos.

O fato de todos os agentes envolvidos trabalharem sobre uma base única de dados propiciada pelo uso do BIM, aumenta a integração entre os mesmos. A comunicação fica mais clara e eficiente entre todos os agentes intervenientes. Não há mais falta de clareza nas informações, nem dispersão da mesma, pois toda ela encontra-se em um único lugar. A informalidade na transmissão da informação tende a diminuir, diante da possibilidade de se verificar as eventuais alterações realizadas por qualquer interveniente imediatamente após a execução da mesma. Um dos maiores benefícios da Modelagem de Informações de Construção consiste em permitir uma visão sistêmica do processo, possibilitando que qualquer faceta do trabalho seja vista e analisada em relação ao todo. Desta forma, todas as atividades envolvidas podem ser mais facilmente controladas e relatadas enquanto uma estratégia coerente pode ser mantida através de todo o processo.

A existência de um modelo facilita a implementação de melhorias em função da possibilidade de análise e planejamento, pois possibilita que todos os intervenientes tenham uma visão global do processo. Os papéis e responsabilidades de cada participante ficam definidos de forma clara e sistêmica, o que tende a facilitar o intercâmbio de informações entre os mesmos, uma vez que são estabelecidas formalmente as informações relativas ao desenvolvimento de cada atividade, bem como os responsáveis por estas e as informações que devem advir das mesmas. Torna-se possível, também, reduzir o tempo de desenvolvimento dos projetos, a partir da definição clara das atividades e de suas relações de precedência, possibilitando a criação de vantagem competitiva.

Entretanto, para que um sistema BIM possa efetivamente solucionar os problemas conseqüentes da falta de padronização e integração da informação ao longo da cadeia produtiva, o sistema deveria ser adotado por todos os agentes intervenientes. Para tal, seriam necessários investimentos não apenas na aquisição do software, mas bem como na ampliação da capacidade de informática das empresas. Não obstante, para a utilização do BIM pela

cadeia como um todo, seria fundamental o investimento em treinamento dos profissionais intervenientes. Conforme experiência da empresa brasileira Contier Arquitetura, os custos com implementação e o tempo despendido são elevados, sendo necessários consideráveis recursos financeiros para a implementação do sistema além de diversas horas de treinamento e esforço para que haja compreensão total do processo. Dessa forma, e diante da configuração do setor, a penetração do BIM na construção civil brasileira deve ser um processo lento, sendo conduzido pelos grandes escritórios e pelas grandes construtoras.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os benefícios que a Tecnologia da Informação vem oferecendo para o subsetor de edificações da indústria da construção civil tem facilitado a automação dos processos. Com a evolução tecnológica, a vantagem competitiva das empresas pode estar principalmente na capacidade de administrar a informação. A obtenção, utilização e manuseio de bancos de dados como são os sistemas BIM serão de fundamental importância para determinar esta vantagem competitiva. O uso de BIM como instrumento de integração é capaz de gerar esforços para propiciar a melhoria do fluxo de dados e informações entre os participantes, com redução de erros, melhoria de coordenação, integridade dos dados e, por conseguinte, melhorando também a qualidade dos projetos.

Muitas informações de projeto são eventualmente perdidas. Algumas são geradas em contradição com outras ou são desnecessariamente duplicadas. Softwares são utilizados em projetos, com análises e operações manuseadas individualmente, sem que haja a devida distribuição dos dados aos agentes participantes do projeto. Isso resulta em omissão, repetição, erros, atrasos e conseqüente falta de eficiência e qualidade.

O problema da falta de interoperabilidade de dados de projetos gerado por CAD tem origem em sua concepção. Devido ao aspecto histórico da indústria de CAD, muitos produtos foram desenvolvidos sobre plataformas proprietárias, usando linguagens e códigos que não se relacionam entre si. A solução para este problema pode estar na utilização do BIM, que independente da empresa desenvolvedora, é capaz de utilizar arquivos com formatos neutros, como IFC e XML. Um BIM, mais do que facilitar a criação de imagens de melhor qualidade que os sistemas CAD convencionais, viabiliza a criação de modelos, atribuindo às imagens um conjunto de características e propriedades dos objetos reais, aonde é possível simular todo e qualquer tipo de intervenção e assim analisar os resultados sem a necessidade de manipular os sistemas reais. Assim, o potencial de uso de um BIM é grande e promissor para o subsetor de edificações da indústria da construção civil, que, com a rápida evolução da TI e seu possível barateamento, deve aos poucos chegar a um número maior de empresas.

## REFERÊNCIAS

- AMORIM, S. R. L.; PEIXOTO, L. A.; DOMINGUES, L. C. S. M.; NUNES, PEREIRA, R. C. Terminologia: buscando a interoperabilidade na construção. In: WORKSHOP NACIONAL DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2001, São Carlos. **Anais...** São Carlos: ANTAC, 2001. Disponível em: <[http://www.lem.ep.usp.br/gpse/es23/anais/TERMINOLOGIA-BUSCANDO\\_A\\_INTEROPERABILIDADE\\_NA\\_CONSTRUCAO.pdf](http://www.lem.ep.usp.br/gpse/es23/anais/TERMINOLOGIA-BUSCANDO_A_INTEROPERABILIDADE_NA_CONSTRUCAO.pdf)>. Acesso em: 15 jun. 2008.
- AOUAD, G.; KIRKHAM, J.; BRANDON, P.; BROWN, F.; CHILD, T.; COOPER, G.; FORD, S.; OXMAN, R.; YOUNG, B. The conceptual modelling of construction management information. **Automation in Construction**. v. 3, p. 267-282, 1995.
- AUTODESK, 2008. **Revit Architecture and BIM**. Disponível em: <<http://www.autodesk.com.br/adsk/servlet/index?siteID=1003425&id=10555122>>. Acesso em: 30 mai. 2008.
- BAZJANAC, V.; CRAWLEY D.B. The implementation of Industry Foundation Classes in simulation tools for the building industry. In: BUILDING SIMULATION, 5., 1997, Prague. **Proceedings...** Prague: IBPSA, 1997. Disponível em: <<http://www.osti.gov/bridge/servlets/purl/833543-jPuvBk/native/833543.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2008.
- BETTS, M. **Strategic Management of IT in Construction**. Londres: Blackwell Science, 1999.
- BORDIN, L. **Caracterização do processo e modelagem de rede de precedências das atividades geradoras de informações no desenvolvimento de projetos de edifícios residenciais multifamiliares**. 2003. 164 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- COSTA, J. M. C.; ABRANTES, V. Design management through quality evaluation. In.: THE ORGANIZATION AND MANAGEMENT OF CONSTRUCTION: SHAPING THEORY AND PRACTICE, 8., 1996, Glasgow. **Proceedings...** Glasgow: International Symposium W65, 1996. Disponível em: <[http://www.fe.up.pt/si/publs\\_pesquisa.FormView?P\\_ID=3120](http://www.fe.up.pt/si/publs_pesquisa.FormView?P_ID=3120)>. Acesso em: 10 jun. 2008.
- CYON RESEARCH CORPORATION. **The Building Information Model**: a look at Graphisoft's Virtual Building Concept. 2003. Disponível em: <[www.cyonresearch.com](http://www.cyonresearch.com)>. Acesso em 15/05/2008.
- CRESPO, C.C.; RUSCHEL, R.C. 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 eletrônicos...** Porto Alegre: ANTAC, 2007. Disponível em: <<http://noriegec.cpgec.ufrgs.br/tic2007/artigos/A1085.pdf>>. Acesso em: 3 jun. 2008.

DAWOOD, N.; AKINSOLA, A.; HOBBS, B. Development of automated communication of system for managing site information using Internet technology. **Automation in Construction**, v. 11, n. 5, p. 557-572, 2002.

DÉCIO, O. C. **Guia de consulta rápida XML**. São Paulo: Novatec, 2000.

DENG, Z. M.; TAM, C.M.; LI, H; SHEN, Q. P.; LOVE, P. E. D. An application of the Internet-based project management system. In: **Automation in construction**, v. 10, p. 239-246, 2001.

FARIA, R. Construção integrada. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini, n. 127, outubro 2007. Disponível em: <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/127/artigo64516-1.asp>>. Acesso em: 17 set. 2008.

FLORIO, W. Contribuições do Building Information Modeling no processo de projeto em Arquitetura. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 3., 2007, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2007. Disponível em: <<http://noriegec.cpgec.ufrgs.br/tic2007/artigos/A1106.pdf>>. Acesso em: 5 jun. 2008.

FRUET, G. M.; FORMOSO, C. T. Diagnóstico das dificuldades enfrentadas por gerentes técnicos de empresas de construção civil de pequeno porte. In. II SEMINÁRIO QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL: GESTÃO E TECNOLOGIA, 2., 1993, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: NORIE/CPGEC/UFRGS, 1993. p.1-51.

GUS, M. **Método para a concepção de sistemas de gerenciamento da etapa de projetos da construção civil**: um estudo de caso. 1996. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

IBRAHIM, M.; KRAWCZYK, R.; SCHIPPOREIT, G. **Two Approaches to BIM**: a comparative study, 2004. Disponível em: < <http://www.iit.edu/~krawczyk/miecad04.pdf> >. Acesso em: 18 ago. 2008.

INTERNATIONAL ALLIANCE FOR INTEROPERABILITY. Disponível em: <<http://www.iai-international.org>>. Acesso em: 1 jun. 2008

JACOSKI, C. A. **Integração e interoperabilidade em projetos de edificações**: uma implementação com IFC/XML. 2003a. 218 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

\_\_\_\_\_. Utilização de arquivos IFC na transferência de dados entre projetos digitais In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMETRIA DESCRITIVA E DESENHO TÉCNICO, 16., 2003b, Santa Cruz do Sul. **Anais...** Santa Cruz do Sul: UNISC, 2003. Disponível em: <[http://www.infohab.org.br/biblioteca\\_resultado.aspx?PAGE=2&UP=True](http://www.infohab.org.br/biblioteca_resultado.aspx?PAGE=2&UP=True)>. Acesso em: 18 ago. 2008.

JACOSKI, C. A.; LAMBERTS, R. Vetores de Virtualização da Indústria da Construção: a integração da informação como elemento fundamental ao uso de TI. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: ANTAC, 2002. Disponível em: <[http://www.labeee.ufsc.br/arquivos/publicacoes/ENTAC2002\\_jacoski.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/arquivos/publicacoes/ENTAC2002_jacoski.pdf)>. Acesso em: 16 jun. 2008.

JACQUES, J.; FORMOSO, C. T. Definições de informações no processo de projeto. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2000, Salvador. **Anais...** Salvador: ANTAC, 2000, 1 CD.

JACQUES, J.J. **Contribuições para gestão da definição e transmissão de informações técnicas no processo de projeto**. 2000. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

LAURINDO, F. J. B. **Estudo sobre o impacto da estruturação da Tecnologia da Informação na organização e administração das empresas**. 1995. 157 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, São Paulo.

MALÓ, P. Interoperability in AEC-FM. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 3., 2007, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre : ANTAC, 2007. Disponível em: <<http://noriegec.cpgec.ufrgs.br/tic2007>>. Acesso em: 16 jul. 2008.

NASCIMENTO, L. A.; SANTOS, E. T. A contribuição da tecnologia da informação ao processo de projeto na construção civil. In: WORKSHOP NACIONAL DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2001, São Carlos. **Anais...** São Carlos: EESC-USP, 2001. 1 CD.

OLIVEIRA, G. G. **Coordenação de projetos de obras de edificação**: proposta de ferramenta computacional para programação e controle do fluxo de informações com uso de sistema colaborativo. 2005. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

QUINTÃO, F.B.M. A gestão de pessoas e a gestão do conhecimento adquirindo papel fundamental no processo de gestão de projetos. In: WORKSHOP NACIONAL DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 3, 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 2003, 1 CD.

RAMOS, A. **Incorporação imobiliária**: roteiro para avaliação de projetos. Brasília: Lettera Editora, 2002.

REGO, R. M. O emprego de ferramentas CAD dedicadas no processo projetual arquitetônico: análises e reflexões. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMETRIA DESCRITIVA E DESENHO TÉCNICO, 15. 2001, São Paulo. **Anais...** Sao Paulo: USP, 2001. 1 CD.

ROMANO, F. V.; BACK, N.; OLIVEIRA, R. A importância da modelagem do processo de projeto para o desenvolvimento integrado de edificações. In: WORKSHOP NACIONAL DE

GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2001, São Carlos. **Anais...** São Carlos: EESC-USP, 2001. 1 CD.

SANTOS, A. R. **Modelagem de um sistema de gerenciamento de tarefas na construção civil com a utilização de PDA's – Assistentes Digitais Pessoais**. 1999. 203 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal Fluminense, Niterói.

SCHMITT, C. M. Integração dos documentos técnicos com o uso de sistema de informações computadorizado para alcançar qualidade nos projetos de obra de edificação. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ANTAC, 1998.

SPERLING, D. M. O projeto arquitetônico, novas tecnologias de informação e o Museu Guggenheim de Bilbao. In: WORKSHOP NACIONAL DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2. 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2002 Disponível em: <[www.infohab.org.br](http://www.infohab.org.br)>. Acesso em: 21 jun. 2008.

TANG, W.; CHANG, P.; LIU, L. Engineering and Construction Collaboration Using Information Technology. In: CIVIL ENGINEERING CONFERENCE IN THE ASIA REGION, 2., 2001, Tokyo. **Proceedings...** Tokyo: ACECC, 2001, 1 CD.

TAVARES, J. W. **Desenvolvimento de um modelo para compatibilização das interfaces entre especialidades do projeto de edificações em empresas construtoras de pequeno porte**. Florianópolis, 2001. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

THORNE, P. Product Data Interoperability. **PLANETCAD**. Project N. M1975, 2000. Disponível em: <<http://www.planetcad.com/COMP/Articles/Interoperability.pdf>>. Acesso em: 15 mai. 2008.

TSE, T. K.; WONG, K. A.; WONG K. F. The utilisation of building information models in nD modelling: a study of data interfacing and adoption barriers. **Electronic Journal of Information Technology in Construction**, v.10, p. 85-110, 2005. Disponível em: <[http://www.itcon.org/data/works/att/2005\\_8.content.05676.pdf](http://www.itcon.org/data/works/att/2005_8.content.05676.pdf)>. Acesso em: 13 jun. 2008.

TZORTZOPOULOS, P. **Contribuições para o desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte**. 1999. 163 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ULRICH, H.; SACOMANO, J. B. O processo de projeto na busca da qualidade e produtividade. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO, 1999, Recife. **Anais...** Recife: ANTAC, 1999, 1 CD.

ZEGARRA, S. L. V.; FRIGIERI, V. Jr.; CARDOSO, F. F. A tecnologia da informação e a indústria da construção de edifícios. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO, 1999, Recife. **Anais...** Recife: ANTAC, 1999. 1 CD.