Leonardo Manzione

**Proposição de uma Estrutura Conceitual de
Gestão do Processo de Projeto Colaborativo
com o uso do BIM**

Tese apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de
Doutor em Engenharia

São Paulo, 2013

Leonardo Manzione

**Proposição de uma Estrutura Conceitual de
Gestão do Processo de Projeto Colaborativo
com o uso do BIM**

Tese apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de
Doutor em Engenharia

Área de concentração: Engenharia de
Construção Civil

Orientador: Professor Livre-docente
Silvio Burrattino Melhado

São Paulo, 2013

Este exemplar foi revisado e corrigido em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, de agosto de 2013.

Assinatura do autor _____

Assinatura do orientador _____

FICHA CATALOGRÁFICA

Manzione, Leonardo

Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM / L. Manzione. -- versão corr. -- São Paulo, 2013.

325 p.

Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

**1. Gestão da informação (Projeto) 2. Processo (Projeto)
3. Coordenação (Projeto) I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil
II. t.**

Dedicatória

Dedico esta Tese às pessoas mais importantes e amadas de minha vida: minha esposa Sonia, meus filhos Flora e Raul e aos meus pais, Idaracy e Enzo (*in memoriam*).

Agradecimentos

Há dez anos eu não pensava que um dia me tornaria um pesquisador. Lembro-me de frequentar as aulas do Prof. Silvio, ainda como ouvinte e numa delas ele mencionou “no dia que o Leonardo se tornar doutor...”, aquilo soou estranho no primeiro momento.

Mas as palavras do Prof. Silvio foram incentivadoras e me conduziram primeiro para o Mestrado e em seguida para o Doutorado.

Quero agradecer a ele antes de tudo pela sua ética profissional na condução do trabalho.

A paciência é outra qualidade do Prof. Silvio que esperou sempre o meu amadurecimento não pressionando ou precipitando situações para “apressar” o processo. Ele respeitou e me orientou em todas as fases do trabalho e principalmente nas situações mais críticas soube conservar a sua calma e gentileza.

A escolha do tema foi um desafio para ambos, o orientador e o orientado. Trata-se de um tema novo e pesquisas que integrem conhecimentos entre gestão e BIM ainda são muito poucas. Agradeço a ele pela liberdade concedida na escolha de um tema complexo e confiar em minha capacidade para levar a empreitada adiante. O crescimento e troca com certeza foram recíprocos.

Agradeço também ao Prof. Rafael Sacks que percebeu rapidamente o que eu estava buscando e não tardou a passar a ser um grande colaborador trocando ideias e compartilhando artigos. No Prof. Sacks tive a oportunidade de conhecer um pesquisador de envergadura internacional e o seu espírito colaborativo foi admirável e fortalecedor do núcleo desse trabalho.

Agradeço aos meus filhos e desculpo-me pelos momentos em que estive ausente e em especial a minha esposa Sonia que sempre buscou me incentivar em todos os momentos e acabou participando das viagens de pesquisa organizadas pelo CIB.

Agradeço a minha mãe pela minha formação e constante encorajamento para o meu crescimento.

Resumo

A crescente difusão do uso da tecnologia BIM mostra que um novo paradigma para o trabalho colaborativo em projeto precisa ser criado. Em diferentes países e cenários, percebem-se muitas barreiras a serem transpostas para o aproveitamento pleno dos benefícios do BIM. Faltam conhecimentos sobre a integração da nova tecnologia para a melhoria do processo de projeto. Falta também uma compreensão abrangente e uma visão geral de fatores não tecnológicos, caso das relações e interdependências na intersecção entre a gestão do processo de projeto e o BIM. Nesse contexto, a escassez de teorias que busquem a integração entre o domínio da gestão do processo do projeto e a tecnologia BIM motivou o desenvolvimento do presente trabalho.

O objetivo geral desta tese é desenvolver uma estrutura conceitual para a gestão do processo de projeto com o uso do BIM.

Com uma profunda revisão bibliográfica, mostra-se a difusão fragmentada de conceitos e a tendência na produção de aplicações práticas para a implementação do BIM sem, contudo, estarem elas respaldadas por suficientes reflexões conceituais.

Como principal contribuição, a estrutura conceitual desenvolvida procura sustentar o conjunto de metodologias aplicáveis à nova tecnologia e demonstra como relacionar os domínios da gestão do processo de projeto e da tecnologia da informação. São propostos também indicadores de desempenho para medir tanto o nível de desenvolvimento do projeto quanto controlar a qualidade do modelo.

Outra contribuição relevante do trabalho é a reformulação do conceito de LOD (nível de desenvolvimento ou de detalhe) para o de Nível de Maturidade, composto pela gestão dos requisitos do programa de necessidades, gestão do nível de desenvolvimento do modelo, medição do nível de interferências físicas e a proposição de um sistema de planejamento e controle do processo de projeto adequado para o BIM.

Finalmente, foram feitos testes práticos em dois modelos BIM de edifícios, que possibilitaram a demonstração dos indicadores de desempenho e a sua aplicabilidade prática.

Com a estrutura conceitual proposta, entendemos ter contribuído com um novo olhar sobre como deve evoluir a gestão do processo de projeto no contexto da tecnologia BIM.

Palavras-chave: gestão do processo de projeto, BIM, processo de gestão integrada.

Abstract

The increasingly widespread use of BIM technology shows that a new paradigm for design collaborative work needs to be created. In different countries and settings, many barriers to be transposed are perceived to fully exploit the benefits of BIM. There is a lack of knowledge about the integration of new technology to improve the design process. Also lacking are comprehensive understanding and an overview of non-technological factors, besides the relationships and interdependencies in the intersection between design management and BIM design process. In this context, the small number of theories that seek integration between the design management process and BIM motivated the development of this work.

The overall objective of this thesis is to develop a conceptual framework for managing the design process by using BIM.

The literature review shows a diffusion of fragmented concepts and trends in the production of applications for the implementation of BIM; however, they are not sufficiently supported by conceptual reflections.

As the main contribution, the conceptual framework developed seeks to support the set of methodologies applicable to new technologies and shows how to relate the fields of design management process and information technology. Key performance indicators to both measure the project development level and monitor the quality of the model are also proposed.

Another important contribution of the thesis was the reformulation of the LOD (level of detail or development) concept to Maturity Level, comprising the management requirements of the program requirements, managing the model development level, level measurement physical interference and proposed a system of planning and control of the design process suitable for BIM.

Finally, tests were conducted on two practical BIM models of buildings, which enabled the demonstration of performance indicators and their applicability.

With the proposed conceptual framework, we believe to have contributed to a new perspective on how to evolve the management of the design process in the BIM context.

Key-words: design management process, BIM, integrated design process

Lista de Figuras

Figura 1 – Integração de processos, tecnologia da informação (TI) e colaboração.....	2
Figura 2: Delimitação da pesquisa	12
Figura 3 - Conceito de conversão	19
Figura 4: Conceito de Geração de Valor	20
Figura 5 - Conceito de Fluxo de Informações	21
Figura 6 - Problemas relacionados com a gestão do fluxo de informações.	23
Figura 7: Passos da metodologia ADePT	25
Figura 8: Ciclo de Vida total de um Empreendimento	29
Figura 9: Um empreendimento com a perspectiva dos agentes da AEC.....	30
Figura 10: Esquema de relações entre os diferentes níveis de abstração do BIM....	38
Figura 11: BIM e o ciclo de vida do edifício	40
Figura 12: Os três conceitos da tecnologia da buildingSMART	43
Figura 13: Visão geral do esquema IFC, versão 2x4.....	47
Figura 14: Entidade “parede” e entidade “espaço” no modelo IFC e suas relações	50
Figura 15: Imagens do projeto Mango Hill/North Lakes Police Station.....	53
Figura 16: Diagrama de instância	55
Figura 17: Conjunto de propriedades para tipos	55
Figura 18: Conjunto de propriedades para desempenho.....	56
Figura 19: Conjunto de propriedades para quantidades	57
Figura 20: Arquitetura da IDM.....	62
Figura 21: Componentes principais de um mapa de processo para IDM	64
Figura 22: Mapa de processo para IDM de concreto pré-moldado	65
Figura 23: Exemplo de tabela de especificação de modelo de troca.....	68
Figura 24: Códigos utilizados na tabela dos Modelos de Troca	69
Figura 25: O IFD consegue capturar o que um dicionário comum não consegue	70

Figura 26: Classificação OmniClass	73
Figura 27: A natureza variável do Processo de Projeto	78
Figura 28: Conceito de modelo compartilhado	81
Figura 29: Coordenação entre disciplinas	111
Figura 30: Diferentes visões e diferentes modelos	112
Figura 31: Interferência física forte	115
Figura 32: Interferências que bloqueiam acessos.....	115
Figura 33: Interferência com a acessibilidade a um ambiente	116
Figura 34: Inter-relação entre a gestão do processo de projeto e a gestão da modelagem da informação	117
Figura 35: Conceito de transferência por troca física de arquivos.....	128
Figura 36: Conceito de Modelo Federado	128
Figura 37: Esquema do servidor de modelos <i>Revit Server</i> Autodesk.....	135
Figura 38: Esquema de funcionamento de uma rede WAN com o BIMServer	136
Figura 39: Processo tradicional - sequencial.....	142
Figura 40: Processo BIM+IPD - simultâneo	143
Figura 41: Curva MacLeamy	144
Figura 42: Estágios de evolução do BIM	146
Figura 43: Macroestrutura do Projeto InPro	165
Figura 44: Triangulação dos dados quantitativos e qualitativos e paralelismo da revisão da literatura	172
Figura 45: Esquema das fases de desenvolvimento da pesquisa.....	173
Figura 46: Formas de Representação dos Problemas Relacionados à Gestão	181
Figura 47: Pontos-chave da gestão do processo de projeto	187
Figura 48: Pontos-chave da modelagem da informação.....	188
Figura 49: Hierarquia entre processos	189
Figura 50: Estrutura Conceitual.....	192

Figura 51: Nível de maturidade	195
Figura 52: Elaboração do programa de necessidades	196
Figura 53: Combinação de requisitos e restrições para a definição do produto	197
Figura 54: Mudanças e descolamento do objetivo inicial.....	198
Figura 55: Ajuste das soluções de projeto.....	199
Figura 56: Ajuste dos requisitos	199
Figura 57: Controle, análise crítica e tomada de decisão	200
Figura 58: Usos do BIM, propriedades geométricas e não geométricas	204
Figura 59: Exemplo de preenchimento da tabela de elementos do modelo	207
Figura 60: Estrutura da matriz de elementos e objetos do Veterans Affairs.....	208
Figura 61: Conceito de conjunto de propriedades.....	209
Figura 62: Nível de desenvolvimento e conjuntos de propriedades	210
Figura 63: Mapeamento das categorias Unifomat <i>versus</i> o desenvolvimento de tipos de propriedades.....	211
Figura 64: Conjunto de propriedades para requisitos de desempenho de vedações	214
Figura 65: Conjunto de propriedades para requisitos de incêndio	218
Figura 66: Contagem de objetos através do Solibri	225
Figura 67: Exemplo de relatório analítico dos objetos e propriedades	226
Figura 68: Planilha de cálculo do ND	227
Figura 69: Planilha com exemplo de cálculo numérico do ND	229
Figura 70: Cálculo do ND para o projeto como um todo	230
Figura 71: Compatibilidade geométrica.....	234
Figura 72: Componentes duplicados: paredes	238
Figura 73: Interferências entre componentes diferentes sobrepostos: pilar x parede	239

Figura 74: Interferências entre componentes diferentes sobrepostos: viga x parede cortina	239
Figura 75: Interferência crítica: parede dentro de outra	242
Figura 76: Interferência moderada: laje x beiral	243
Figura 77: Interferência moderada: escada x estrutura	243
Figura 78: Interferência de grau baixo	244
Figura 79: Relacionamento entre a gestão do projeto e a gestão do modelo	245
Figura 80: Estrutura analítica integrada: EAP + EAM	246
Figura 81: EAP do projeto exemplo	247
Figura 82: Estrutura analítica do modelo (EAM)	248
Figura 83: Edifício exemplo	249
Figura 84: Macro-fluxo do processo de projeto e modelagem	250
Figura 85: Fontes de informação da DSM	251
Figura 86: Fase de concepção	252
Figura 87: Fase de definição	253
Figura 88: Fase de desenvolvimento	254
Figura 89: Fase de documentação e projetos para produção	255
Figura 90: DSM	256
Figura 91: Cronograma geral	257
Figura 92: Relação entre a DSM e o cronograma	258
Figura 93: Relacionamento entre as atividades e os objetos	260
Figura 94: Mapeamento de propriedades aplicáveis aos objetos	261
Figura 95: Programação semanal incluindo as definições de propriedades	262
Figura 96: Ciclos de planejamento e controle de médio e curto prazo	265
Figura 97: Vistas em Perspectiva do Empreendimento analisado	267
Figura 98: Tabela com datas de entregas dos projetos	268

Figura 99: Evolução do ND	271
Figura 100: Variação do ND <i>versus</i> número de objetos.....	272
Figura 101: ND em função das categorias e números de objetos.....	273
Figura 102: Distribuição dos tipos de objetos	273
Figura 103: S1 - Gráfico das DI's obtidas (dados sem normalização).....	282
Figura 104: S2 - Gráfico das DI's obtidas (<i>dados sem normalização</i>).....	282
Figura 105: Comparação da variação da DI crítica entre S1 e S2	283
Figura 106: S1 - Gráfico das DI's críticas obtidas (<i>dados normalizados</i>)	284
Figura 107: S2 - Gráfico das DI's críticas obtidas (<i>dados normalizados</i>)	284
Figura 108: S1 - Gráfico de Pareto com a classificação dos tipos de problemas encontrados	285
Figura 109: S2 - Gráfico de Pareto com a classificação dos tipos de problemas encontrados	286
Figura 110: Variação da DI <i>versus</i> o número de objetos	287
Figura 111: Perspectiva do empreendimento	288
Figura 112: Imagens dos pavimentos.....	289
Figura 113: Problemas de falta de organização no grupo E-1090	292
Figura 114: Revestimento modelado como "parede"	294
Figura 115: Modelagem da alvenaria	295

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Obstáculos Inerentes à Gestão do Processo de Projeto	3
Tabela 2 – Modelos de Colaboração	4
Tabela 3 - Comparação entre os conceitos de Conversão, Fluxo e Geração de Valor	18
Tabela 4: Usos do BIM	41
Tabela 5: Modelo para requisitos de troca	66
Tabela 6: Exemplo de Tabela de requisitos	67
Tabela 7: Relação de tabelas da OmniClass	72
Tabela 8: Classificação Unifomat para elementos do edifício	75
Tabela 9: Níveis de Desenvolvimento do Modelo BIM	86
Tabela 10 – Evolução do Nível de Desenvolvimento (LOD) do Modelo BIM	87
Tabela 11: Nível de Desenvolvimento (LOD) e Autor do Elemento do Modelo (AEM)	90
Tabela 12: Classificação dos Tipos de Informações disponíveis na Planilha Mestra	95
Tabela 13: Planilha Mestra com os Tipos de Grupos de Informação x LOD	98
Tabela 14: Propriedades para o elemento ‘Parede’ em função do LOD e do grupo de Tipos de Propriedades	101
Tabela 15: Suporte dos softwares de modelagem para os itens de informação	110
Tabela 16: Diferentes mecanismos e formatos de troca de informações em BIM...	125
Tabela 17: Requisitos de uma Plataforma Aberta de Colaboração	130
Tabela 18: Funcionalidades e requisitos técnicos de um Servidor de Modelos	132
Tabela 19: Quadro comparativo entre os diferentes Métodos de compartilhamento de Modelos.....	137
Tabela 20 - Guias de implementação de BIM	148
Tabela 21: Tipos de propriedades da estrutura conceitual	219

Tabela 22: Conjunto de propriedades para espaço.....	220
Tabela 23: Categorização das interferências	240
Tabela 24: Cálculo do ND	270
Tabela 25: S1 - Classificação das interferências críticas pelo tipo de objeto envolvido	277
Tabela 26: S2 - Classificação das interferências críticas pelo tipo de objeto envolvido	278
Tabela 27: S1 - Dados dos testes de interferências e cálculo da DI	280
Tabela 28: S2 - Dados dos testes de interferências e cálculo da DI	281
Tabela 29: Trecho da planilha com as propriedades	290
Tabela 30: Resultados do cálculo do ND	291
Tabela 31: Análise dos elementos não classificados	292
Tabela 32: Cálculo das interferências	293

Lista de Abreviaturas e Siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ADePT	<i>Analytical Design Planning Technique</i>
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
AGESC	Associação de Gestores e Coordenadores de Projeto
AIA	<i>American Institute of Architects</i>
API	<i>Application Program Interface</i>
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
BPMN	<i>Business Process Model and Notation</i>
CAD	<i>Computer-Aided Design</i>
CIB	<i>International Council for Research and Innovation in Building and Construction</i>
CIS/2	<i>CIM Steel Integration Standards</i>
CMM	<i>Capability Maturity Model</i>
COBIE	<i>Construction Operations Building Information Exchange</i>
CRC	<i>Cooperative Research Centre</i>
CSCW	<i>Computer Supported Cooperative Work</i>
CSCW	<i>Construction Specifications Canada</i>
CSI	<i>Construction Specifications Institute</i>
DePlan	Metodologia que incorpora o last planner
DI	Densidade de interferências
DSM	<i>Design Structure Matrix</i>
DXF	<i>Data eXchange Format</i>
EAP	Estrutura analítica de projeto
EPIC	<i>Electronic Product Information Cooperation</i>
GARM	<i>General AEC Reference Model</i>
gbXML	<i>Green Building XML</i>
GSA	<i>General Services Administration</i>
GUID	<i>Global Unique Identifier</i>
IAI	<i>International Alliance for Interoperability</i>
ICD	Indicador chave de desempenho

IDDS	<i>Integrated Design and Delivery Solutions</i>
IDEF0	<i>Icam DEFinition for Function Modeling</i>
IDM	<i>Information Delivery Manual</i>
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
IFD	<i>International Framework for Dictionaries</i>
InPro	<i>Open Information Environment for Knowledge-based Collaborative Processes throughout the Lifecycle of a Building</i>
IPD	<i>Integrated Project Delivery</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LAN	<i>Local Area Network</i>
LOD	<i>Level of Development</i>
MVD	<i>Model View Definition</i>
NBIMS	<i>National Building Information Modeling Standard</i>
NIBS	<i>National Institute of Building Sciences</i>
NIST	<i>National Institute of Standards and Technology</i>
OIP	<i>Open ICT Platform</i>
POO	Programação Orientada a Objetos
PPC	<i>Plan Percent Complete</i>
QFD	<i>Quality Function Deployment</i>
SBPQ	Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído
SDAI	<i>Standard Data Access Interface</i>
SOA	<i>Service Oriented Architecture</i>
STEP	<i>Standard for the Exchange of Product Data</i>
TI	Tecnologia da Informação
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação
UNICLASS	<i>Unified Classification for the Construction Industry</i>
WAN	<i>Wide Area Network</i>
XML	<i>Extensible Markup Language</i>
XML	<i>eXtensible Markup Language</i>

Sumário

<i>Resumo</i>	III
<i>Abstract</i>	IV
<i>Lista de Figuras</i>	V
<i>Lista de Tabelas</i>	X
<i>Lista de Abreviaturas e Siglas</i>	XII
1 Introdução	1
1.1 Justificativas	1
1.1.1 Aspectos do trabalho cooperativo suportado por computador	4
1.1.2 Obstáculos à implantação do BIM em um contexto colaborativo	7
1.1.3 A implantação do BIM na perspectiva apontada pela IDDS	8
1.1.4 Questões da pesquisa	11
1.1.5 Delimitação da pesquisa.....	12
1.1.6 Objetivos	12
1.1.7 Guia de leitura da tese.....	13
2 Revisão bibliográfica	15
2.1 Visões fundamentais do processo de projeto	17
2.2 Revisão da metodologia de planejamento do processo de projeto	24
2.3 O processo de projeto no contexto do empreendimento imobiliário	28
2.4 Diversidade de agentes, gestão das interfaces e mudanças	30
2.5 Modelagem e modelo de dados	33
2.6 Building Information Modeling (BIM).....	35
2.6.1 Definições	36
2.6.2 Objetos paramétricos	38
2.6.3 Principais usos e benefícios do BIM	39
2.6.4 Conceitos básicos sobre IFC, IDM, MVD e IFD	43
2.6.5 IFC	44
2.6.6 IDM e MVD	60
2.6.7 IFD	69
2.6.8 Sistemas de classificação da informação do edifício.....	71
2.6.9 Modelagem, coordenação e nível de desenvolvimento do modelo (LOD).....	78
2.6.10 Conceitos básicos do processo de modelagem.....	80
2.6.11 Modelagem de requisitos, funções e atividades	82
2.6.12 A complexidade envolvida na modelagem de espaços.....	83

2.6.13	Nível de desenvolvimento do modelo (LOD)	84
2.6.14	Gestão e coordenação do processo de projeto em BIM	111
2.6.15	Análise crítica e controle de qualidade de projetos em BIM	113
2.6.16	A coordenação de projetos e o surgimento de novos agentes	117
2.6.17	Compartilhamento e troca de modelos BIM	125
2.6.18	Fases do processo de projeto em BIM e o IPD	141
2.6.19	Adoção do BIM	144
2.6.20	Estágios de adoção segundo Succar	145
2.6.21	Manuais e guias de implementação BIM	148
2.6.22	Considerações sobre a Revisão Bibliográfica	167
3	<i>Metodologia</i>.....	170
3.1	Métodos.....	170
3.2	Processo da pesquisa.....	173
4	<i>Estrutura conceitual da gestão do processo de projeto em BIM</i>	180
4.1	Representações utilizadas na solução de problemas de Gestão	180
4.2	Formulação da Estrutura Conceitual.....	186
4.3	Proposição da Estrutura Conceitual.....	191
4.3.1	Nível de maturidade do projeto	193
4.3.2	Objetivos do empreendimento e requisitos programáticos	195
4.3.3	Nível de desenvolvimento - propriedades geométricas e não geométricas	203
4.3.4	Compatibilidade geométrica	234
4.3.5	Planejamento e controle do processo de projeto	245
5	<i>Simulações</i>	266
4.1	Caso 1.....	266
4.2	Caso 2.....	288
6	<i>Conclusões</i>	296
6.1	Conclusões gerais	296
6.2	Atendimento aos objetivos da pesquisa	303
6.3	Comentários sobre as simulações	305
6.3.1	Limitações das simulações estudadas	305
6.3.2	Lições aprendidas das simulações	306
6.4	Sugestões e recomendações para trabalhos futuros	306
6.4.1	Proposições relativas ao desenvolvimento e melhorias da estrutura conceitual	306
6.4.2	Proposições relacionadas à formação do coordenador de projetos	308
6.5	Considerações finais	309
	<i>Referências</i>.....	310

1 Introdução

1.1 Justificativas

Os edifícios são estruturas complexas resultantes de um longo processo de projeto, planejamento e construção. As equipes de projeto multidisciplinares envolvem a participação de variados agentes, em uma associação temporária, com diferentes habilidades, estruturas de trabalho e necessidades de informação diversas.

Melhado (1994) aponta para a complexidade crescente das edificações, fator que vem exigindo um número cada vez maior de projetistas e consultores, ficando claro que a evolução do setor de construção de edifícios deve produzir novas situações sócias técnicas que possibilitem o trabalho colaborativo, pois as práticas convencionais de trabalho, pouco colaborativas, não conseguem responder adequadamente às demandas do mercado.

Trabalhar de forma colaborativa levaria profissionais e empresas a obter melhores resultados, interna e externamente ao ambiente das empresas. Entretanto, ainda é um desafio para todos obter a efetiva colaboração, conforme Akintoye e McIntosh (2000).

As empresas investem recursos implantando novas tecnologias, sem necessariamente compreender as mudanças que elas trarão na sua adoção. Conforme Owen (2009), as tecnologias existem para sustentar os processos, os quais sustentarão à criação e manutenção de informações coerentes e relevantes, e estas, por sua vez, sustentarão à colaboração das pessoas envolvidas em um mesmo projeto; ver ilustração desse ciclo na Figura 1.

Figura 1 – Integração de processos, tecnologia da informação (TI) e colaboração.

Fonte: Adaptado dos conceitos de Owen (2009).

A colaboração é um dos temas centrais no estudo da melhoria do processo de projeto; porém, é importante identificar com maior precisão o significado desse conceito. Kvan (2000); Vreede e Briggs (2005) comparam os conceitos de cooperação, do latim *cooperare* (trabalhar com outros), e de colaboração, do latim *colaborare* (trabalhar de comum acordo), e entendem que a principal distinção entre essas palavras é que na colaboração o aspecto criativo e holístico do trabalho é uma demanda difícil de ser estabelecida e mantida, e requer mais do que simplesmente trabalhar de maneira cooperativa, como fazem as formigas e abelhas.

O termo “cooperação” foi inicialmente utilizado por economistas na primeira metade do século XIX, e Karl Marx (1890) formalizou o seu conceito como “múltiplos indivíduos trabalhando juntos de forma planejada ou no mesmo processo de produção ou em processos de produção conectados [...]”.

A colaboração requer maior comprometimento que a cooperação para o alcance de um objetivo comum, pois implica aumento de riscos, exigindo um nível maior de confiança entre os participantes dos grupos envolvidos. Kalay (1998) define colaboração como um acordo entre os agentes envolvidos para compartilhar suas habilidades em um processo em particular e atingir os objetivos do projeto como um todo.

Segundo Leicht (2009), existem três elementos que definem colaboração:

1. A colaboração é um processo;

2. A colaboração envolve a interação de duas ou mais pessoas;
3. As pessoas precisam trabalhar juntas em direção a um objetivo comum.

O processo de projeto já foi bem estudado por diversos pesquisadores nacionais e estrangeiros: Austin e Baldwin (1996); Fabrício (2002); Melhado (1994) e Ulrich e Eppinger (1999). Assim como em outros países, no Brasil são identificadas necessidades de ampla reformulação. A tecnologia do *Building Information Modeling* (BIM) e o trabalho colaborativo têm sido considerados o estágio superior a ser alcançado nessa linha de evolução. Porém, é necessário estudar o trabalho colaborativo levando em consideração quatro recursos-chave: pessoas, processos, tecnologia e dados.

Para uma definição precisa dos problemas a serem resolvidos, devemos começar pela compreensão dos gargalos ainda não solucionados no processo de projeto, que devem ser superados por meio de novas tecnologias ou processos de gestão e da avaliação do impacto relacionado a problemas causados pelo fator humano, constantemente presente no processo.

O autor desta tese, com base em observações participantes como Coordenador de Projetos e também apoiado nas conclusões de sua Dissertação de Mestrado, Manzione (2006), relacionou, conforme a Tabela 1, alguns itens detectados como obstáculos relacionados à gestão dos projetos particularmente oriundos dos profissionais de projeto:

Tabela 1 – Obstáculos Inerentes à Gestão do Processo de Projeto

Obstáculos		
Processo fragmentado e sequencial	Pouca integração entre os agentes envolvidos	A coordenação de projetos é confundida com a compatibilização dos projetos
Planejamento com método inadequado: controle de entregas e não de processos	Falta de comunicação	Diferentes objetivos e valores para cada um dos agentes envolvidos
Resistência ao trabalho colaborativo	Resistência ao planejamento	Processo desestruturado de trabalho
Heterogeneidade dos conflitos envolvendo a equipe de projetos	Resistência ao uso de TI	TI vista como um custo, não como investimento.
Pouca relevância ao desempenho da construção	Falta de controle de qualidade do processo	Falhas na gestão da empresa de projetos

Fonte: Autor

1.1.1 Aspectos do trabalho cooperativo suportado por computador

O “trabalho cooperativo suportado por computador”, mais conhecido por seu acrônimo em inglês: *Computer Supported Cooperative Work* (CSCW), foi o termo criado em 1988 por Greif (1988) como forma abreviada de se referir a uma linha de pesquisa sobre como suportar múltiplos agentes trabalhando em conjunto em sistemas computacionais.

As pesquisas sobre o tema se desenvolvem a partir de dois pontos de vista: o primeiro centrado em tecnologia, que procura desenvolver tecnologias para melhor suportar as pessoas trabalhando juntas; o segundo centrado no trabalho, com ênfase no entendimento dos processos de trabalho e, a partir deles, na melhoria dos desenhos de sistemas segundo Mills (2003).

Encontram-se referências nas linhas de pesquisa centradas no processo de trabalho em Anumba et al. (2002); que descrevem maneiras de colaboração baseadas em uma classificação de espaço e tempo na Tabela 2.

Tabela 2 – Modelos de Colaboração

	Ao mesmo tempo	Em tempos diferentes
No mesmo local	Colaboração “face a face”	Colaboração assíncrona
Em locais diferentes	Colaboração síncrona distribuída	Colaboração assíncrona distribuída

Fonte: Anumba et al. (2002).

Em trabalhos semiestruturados, como é o caso do projeto, as tarefas contemplam também a incerteza e a interatividade, tornando difícil o seu planejamento, conforme Manzione (2006) e Melhado (1994), transformando o processo de coordenação num esforço contínuo de negociações e renegociações entre os agentes envolvidos.

A complexidade e o processo criativo envolvidos na elaboração de um projeto vão de encontro à visão comumente aceita em muitas organizações burocráticas tradicionais, nas quais as pessoas executam suas atividades de acordo com um conjunto de “procedimentos” bem especificados e desenvolvidos pela administração central como meios eficientes e

eficazes para atingir determinados fins.

Nesse modelo tradicional, arraigado na Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), muitas suposições são feitas sobre uma base racional para a ação, visando atender aos objetivos comuns dos funcionários e da organização. De acordo com essa visão, o organograma tradicional indica as linhas de autoridade real e especifica o padrão “correto” do fluxo de informação e comunicação, segundo Bannon e Schmidt (1989).

Sistemas computacionais que procuram atender rigidamente a esses padrões tendem a falhar por não levar em conta a informalidade e as relações sociais que se estabelecem dentro das empresas e que são invisíveis à luz do organograma formal. As interações informais que ocorrem no ambiente das empresas têm uma função vital na condução do trabalho rotineiro e na condução dos processos, e a importância disso precisa ser mais bem considerada no estudo da melhoria dos processos colaborativos.

Uma evidência disso é que, quando as pessoas trabalham somente “dentro das regras” – ou dentro do que, no Brasil, é comumente chamado de “operação padrão” –, os resultados são medíocres e a lentidão impera.

O que isso implica no desenvolvimento de sistemas?

Sistemas cujo objetivo é apenas a organização de um fluxo de trabalho – como é o caso de sistemas de fluxos de trabalho, que negligenciam a coordenação necessária para tornar esse fluxo de trabalho possível – podem simplesmente falhar, conforme Bannon e Schmidt (1989) e Mills (2003).

O desenvolvimento de um espaço de informação compartilhada, outro problema central do CSCW, é fortemente influenciado pela intensidade das relações de trabalho colaborativo, pois pode requerer a interação de pessoas com objetivos e estruturas conceituais de decisão diversos, dando origem a problemas de controle de situações simultâneas em aplicações que envolvam múltiplos usuários.

Por esse motivo, um espaço de informação e decisão compartilhada precisa ser transparente, o que implica a necessidade de pesquisas mais aprofundadas sobre autoria, propriedade, identificação da origem e das estratégias adotadas na produção das informações nele contidas, bem como sobre a responsabilidade envolvida em sua disseminação.

De acordo com Ciborra (1985), a noção de que as organizações devam ser entidades monolíticas, podendo ser unificadas simplesmente através de um modelo de dados, é um tanto

ingênua, do mesmo modo que a ideia de um banco de dados transparente não parece ser totalmente realista quando se consideram os fatores de natureza humana.

Ao invés disso, e em contraposição com a visão cartesiana tradicional, parece mais realista acreditar que uma organização seja uma mistura dinâmica de colaboração e conflito, de transparência e ocultamento contínuos. As informações geradas e processadas nas empresas estão sujeitas a deturpação, porque podem ter sido geradas e comunicadas em um contexto de incongruência de objetivos e desacordo de motivos e interesses.

Por outro lado, a necessidade de transparência é amplificada por essa contradição; logo, a transparência precisa ser mais bem delimitada.

Um funcionário engajado num processo de decisão cooperativa precisa ser hábil para controlar a disseminação da informação pertinente ao seu trabalho: o que é para ser revelado, quando, para quem e de que forma deve ser revelado.

Essas realidades da vida organizacional, de acordo com Bannon e Schmidt (1989), precisam ser seriamente investigadas; e ignorar essa realidade de diferenciação de estratégias e de incongruência de estruturas conceituais reduz o problema apenas à natureza técnica dos sistemas multiusuários, ou seja, apenas a uma abordagem orientada pela tecnologia para o problema, com suas concomitantes aproximações e limitações.

Outro ponto central do CSCW é a adaptação recíproca entre a tecnologia e a organização. Compreender as complexas interações que ocorrem entre os subsistemas técnicos e a organização do trabalho requer uma abordagem sociotécnica como parte do estudo da superação de barreiras necessárias para a implantação e melhoria de sistemas de trabalho colaborativos. Bannon e Schmidt (1989) levantam alguns pontos de referência a serem considerados nessa análise:

1. Os privilégios e prejuízos na alocação das tarefas;
2. As formas institucionais de expressar e regular os conflitos de interesses;
3. As formas de controle social no ambiente de trabalho;
4. O impacto da função da empresa no sistema socioeconômico.

Outro ponto de referência também considerado necessário é o estudo do impacto dos processos e sua relação com outros processos encadeados junto aos demais agentes da cadeia produtiva em que a empresa se insere.

1.1.2 Obstáculos à implantação do BIM em um contexto colaborativo

Apesar dos benefícios do BIM em termos de melhoria na eficiência da gestão do fluxo das informações, capacidades de simulação que possibilitam antever problemas de custos e desperdícios e melhoria geral da colaboração e da coordenação dos projetos a adoção do BIM têm sido lentas na prática.

Em uma indústria como a AEC, cuja maioria dos seus projetos é baseada em associações temporárias de equipes multiorganizacionais, a falta de clareza das responsabilidades e dos benefícios do uso do BIM também constitui um importante fator inibidor.

Muitos fatores foram identificados nessa baixa taxa de adoção, tais como: falta de treinamento, segundo Khemlani (2007a); falta de incentivos nos negócios, segundo Holzer (2007); percepção de lucros baixos, segundo London e Bavinton (2006); deficiências na interoperabilidade; fragmentação da indústria; baixo entendimento do potencial da TI para a melhoria dos processos; problemas contratuais e resistências à mudança dos processos atuais de trabalho, segundo Johnson e Laepple (2003).

Owen et al. (2010), a partir de sua observação de pesquisas, afirmam que a tendência corrente de muitos é utilizar o BIM mais como uma tecnologia, o que denominam “simples BIM” (*sBim*), e menos como um processo integrado ou inteligente (*iBIM*), embora nessa segunda forma existam mais vantagens financeiras, especialmente se estiver ligada aos processos de construção enxuta e a novos processos de colaboração, como o *Integrated Project Delivery* (IPD).

Diversos pontos de vista têm mostrado a necessidade de se aprofundarem as pesquisas sobre a melhoria das práticas de gestão.

Em vista da tendência observada entre os usuários em utilizar o BIM apenas como uma tecnologia de projetos, os autores também já reconhecem uma nova propensão entre os usuários avançados e os líderes da indústria em buscar um novo conceito.

Rekola, Kojima e Makelainen (2010) constataram que desenvolver melhorias nas práticas interorganizacionais para um uso eficiente do BIM requer não só mudanças na tecnologia, mas também que as empresas coordenem e desenvolvam a interoperabilidade entre seus processos de negócios, para aproveitar todos os benefícios da tecnologia BIM.

O *American Institute of Architects* (AIA), segundo Fallon e Hagan (2006), identificou como obstáculo número um para a utilização da interoperabilidade a falta de entendimento de parte

dos participantes da indústria sobre a maneira de obter a integração dos fluxos de trabalho através de uma tecnologia integrada.

1.1.3 A implantação do BIM na perspectiva apontada pela IDDS

Recentemente foi definido um conjunto de temas prioritários para o *International Council for Research and Innovation in Building and Construction (CIB)*, organizados na chamada *Integrated Design and Delivery Solutions (IDDS)*, com o objetivo de definir a agenda de pesquisa dos temas relacionados a esses problemas.

O CIB define IDDS como:

a utilização de processos de trabalho colaborativos e competências reforçadas, com dados integrados, informação e gestão do conhecimento para minimizar as ineficiências estruturais de processos e para aumentar o valor agregado durante as fases de projeto, construção e operação através dos empreendimentos. Owen et al. (2010)

A IDDS tem como objetivo integrar os temas de pesquisa prioritários do CIB e auxiliar a definir o foco da maioria das comissões e grupos de tarefas através do desenvolvimento de diretrizes de pesquisas destinadas a orientar entre quatro mil e cinco mil pesquisadores do CIB por meio de um processo interativo na condução da agenda de investigação.

Owen et al. (2010) comentam que inovações como o BIM e o IPD, AIA (2007), vêm sendo desenvolvidas de maneira isolada e sem a devida consideração das relações globais entre pessoas, processos e tecnologia. Os autores identificaram os quatro maiores aspectos que precisam ser resolvidos:

1. Processos colaborativos através de todas as fases de projeto;
2. Habilidades das equipes;
3. Integração da informação e automatização dos sistemas;
4. Gestão do conhecimento.

Para exemplificar as mudanças a serem feitas, os autores comentam que, com a difusão do BIM, a sua implantação, em diversos casos, vem acontecendo de forma análoga ao que ocorreu com a implantação da tecnologia *Computer-Aided Design (CAD)*, na medida em que se reproduz um processo corrente de forma praticamente inalterada.

Para maximizar o potencial da tecnologia BIM são necessárias uma análise e uma reengenharia dos processos afetados e uma reavaliação do papel dos profissionais em cada um

desses processos. Essa mesma conclusão é também compartilhada por Kiviniemi et al. (2008) e Taylor e Bernstein (2009).

Esses pesquisadores entendem que o aspecto cultural a ser modificado constitui um desafio, especialmente se considerarmos o desenvolvimento de confiança dentro de um setor desconfiado e propagador de riscos como a AEC.

Em geral, prevalecem na AEC a cultura e a mentalidade de “silos de conhecimento”, e as trocas baseadas apenas em documentos entre os profissionais e a cadeia produtiva se dão de forma descoordenada e com baixa inteligência. As decisões são frequentemente tomadas de maneira autônoma e sem participação multidisciplinar, e com a ausência de uma acurada compreensão holística.

Fabício (2002), ao comentar em sua tese as mudanças necessárias no setor da AEC para a implantação da prática do Projeto Simultâneo, observa que são necessárias algumas mudanças profundas na filosofia e nas práticas de trabalho das empresas, como:

1. Transformações na cultura dos agentes envolvidos, de forma a substituir a integração contratual vigente por relações de parceria que sejam pautadas pela confiança recíproca entre os agentes do processo de projeto.
2. Mobilização dos agentes desde o início do processo de projeto do empreendimento, com o serviço se estendendo até a entrega da obra, e mesmo depois dela, na fase de uso, de operação e de manutenção, de forma a garantir que as decisões e criações do projeto ocorreram de maneira integrada.
3. Apropriação de novas tecnologias de informática e telecomunicações como ferramentas que facilitam a comunicação virtual à distância e permitem novo ambiente cognitivo e tecnológico para o processo de projeto.
4. Coordenação entre as diferentes disciplinas de Arquitetura e das Engenharias, assumida pelo agente promotor desde o início do processo de projeto, de modo a garantir que as soluções projetuais sejam globalmente eficientes.

Portanto, segundo Prins e Owen (2010), o uso de um processo de projeto interativo e desenvolvido a partir das necessidades do cliente é virtualmente impossível ou difícil de ser obtido dentro das estruturas correntes.

Levando em consideração o fator humano, Prins e Owen (2010) comentam que a interoperabilidade entre as plataformas e os parceiros das equipes é frequentemente lembrada

para o uso efetivo da tecnologia BIM.

No entanto, para utilizar todo o potencial dessas novas tecnologias, os parceiros da equipe devem ser capazes de usar a tecnologia para se adaptar às formas de colaboração e de trabalho integrado, e isso só será eficaz quando essa habilidade for incorporada em uma organização, no contexto institucional de cada participante, sendo absolutamente necessário que os participantes da equipe estejam aproximadamente no mesmo nível de maturidade.

Prins e Owen (2010) concluem fazendo a ressalva, ou crítica, de que o foco atual das pesquisas se mostra forte apenas nas Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), e não na descoberta de novas formas de produzir, colaborar e compartilhar o conhecimento, enfatizando, além disso, que as ferramentas de tecnologia da informação terão de fornecer maior capacidade de compartilhamento de conhecimentos, em vez de se limitarem à simples troca, agregação e armazenamento de informações.

A ineficácia do processo de projeto de edificações aponta para a necessidade da evolução da gestão do processo de projeto. O BIM surge como uma solução, mas também é preciso avaliar se não estamos avançando para um novo patamar sem resolver problemas existentes na configuração atual da gestão de projetos.

A tecnologia de uso dos softwares CAD para projetos poderia ter aumentado significativamente a qualidade e a eficiência dos processos de projeto; porém, a tecnologia isolada não tem o poder de resolver todos os problemas de gestão, e o uso do BIM poderá resultar nos mesmos gargalos.

Para definir os problemas a serem resolvidos, devem-se compreender os gargalos no processo de projeto, além de avaliar o impacto relacionado a problemas causados pelo fator humano constantemente presente. A fragmentação do setor da construção civil, em decorrência das muitas pequenas empresas envolvidas, também constitui um aspecto limitante.

1.1.4 Questões da pesquisa

Muito se estudou a respeito do processo de projeto convencionalmente utilizado no Brasil e são conhecidas as suas limitações impostas pelo uso inadequado da TIC e por modelos de gestão ineficazes.

O surgimento dos sistemas em BIM mostra que um novo paradigma para o trabalho colaborativo precisa ser criado. Porém, em um estágio inicial, observado ainda no Brasil, percebe-se que as equipes de projeto continuam a trabalhar de maneira individual e com trocas de informação somente nos momentos de eventos-chave de compatibilização. Na prática continua-se trabalhando de forma convencional, sem o aproveitamento dos benefícios possíveis da tecnologia BIM.

Eventuais justificativas para essa situação poderiam ser baseadas em argumentos dos profissionais que talvez argumentem que sejam obrigados a adotar métodos de trabalho particulares em virtude das limitações dos processos implantados em seus escritórios, concebidos para funcionar sem o apoio efetivo da TIC e do Processo Colaborativo, justificando com isso a manutenção de velhos hábitos não colaborativos, fortemente arraigados na cultura da AEC.

Consequentemente, a colaboração imaginada para o processo em BIM será muito difícil de ser conseguida com a utilização das metodologias de trabalho atualmente utilizadas. Dessa maneira, muitas empresas falharão em alcançar a eficiência e os benefícios que o BIM pode trazer para o trabalho colaborativo entre elas e seus clientes.

Partindo-se então das premissas de que a baixa produtividade e qualidade do Processo de Projeto é resultado da desorganização e da falta de uso de métodos adequados de gestão e de que o desenvolvimento de métodos de gestão e ferramentas de tecnologia da informação tem ocorrido de maneira dissociada, limitando o exercício das práticas de colaboração, foram formuladas as seguintes questões para esta pesquisa:

1. Como desenvolver uma estrutura de conceitos que possibilite o desenvolvimento de metodologias de gestão que possam dar suporte ao trabalho colaborativo?
2. Como criar um processo de trabalho simultâneo e interativo com metas claras e definidas?
3. Como planejar, controlar e avaliar o desempenho desse processo?
4. Como organizar o fluxo de trabalho e de informações através da gestão de um modelo central em BIM?

1.1.5 Delimitação da pesquisa

A temática do presente estudo aborda um inter-relacionamento entre Gestão de Processo de Projeto e Ferramentas de Tecnologia da Informação.

O presente estudo concentrar-se-á na região de conhecimento situado na intersecção entre as disciplinas Gestão e Tecnologia da Informação, conforme ilustrado na Figura 2.

Dentro do domínio da Gestão do Processo de Projeto, esta pesquisa tratará de Projetos de Edifícios, não incluindo nesse escopo de trabalho os Projetos de Engenharia de Infraestrutura e Construção Pesada.

Figura 2: Delimitação da pesquisa

Fonte: Autor

1.1.6 Objetivos

Objetivo geral

Formulou-se como objetivo geral da presente pesquisa o:

1. Desenvolvimento de uma Estrutura Conceitual de Gestão para o Processo de Projeto Colaborativo mediante o uso do BIM.

Objetivos específicos

Para se chegar ao objetivo principal, os seguintes objetivos específicos precisarão ser atingidos:

1. Definir e propor uma Estrutura Conceitual para o Processo de Projeto Colaborativo;
2. Definir a metodologia para o Planejamento e Controle do Processo e estabelecer Indicadores Chave de Desempenho para medir a sua eficiência.
3. Validar esses indicadores através de simulações em modelos BIM

1.1.7 Guia de leitura da tese

O presente trabalho está estruturado em seis capítulos, que serão apresentados a seguir:

Capítulo 1 - Introdução

Nesse capítulo são levantadas as justificativas da pesquisa com a dissertação sobre os aspectos do trabalho colaborativo e os obstáculos existentes para a implantação do BIM em um contexto colaborativo. São definidas as questões que nortearam a pesquisa sendo delimitado o escopo do trabalho e definidos os objetivos principal e específicos.

Capítulo 2 - Revisão bibliográfica

A revisão bibliográfica foi intensiva e buscou mapear o conhecimento a respeito do tema sob vários pontos de vista, tanto os de natureza tecnológica quanto os gerenciais. Foram revistos os conceitos básicos sobre BIM e IFC, IDM, MVD, IFD, siglas que contém o conhecimento necessário para o domínio mínimo do tema. Os sistemas de classificação da informação foram revistos e constatada sua importância para a estruturação do trabalho.

Os principais manuais e guias de implementação de BIM foram estudados com o objetivo de conhecer as diferentes abordagens sobre o tema e as eventuais lacunas de conhecimento.

Um ponto fundamental da revisão bibliográfica foi o estudo em profundidade das propriedades não geométricas do BIM o que possibilitou a estrutura de conceitos necessária para o desenvolvimento do trabalho.

Capítulo 3 - Metodologia

Esse capítulo descreve a metodologia utilizada na pesquisa. Inicialmente são discutidos os métodos necessários a serem adotados para sustentar o estudo de um problema com uma

natureza sócio técnica e ao mesmo tempo interativa na medida em que novas descobertas vão levando a novos problemas e a necessidade constante de apoio da bibliografia. As diferentes fases de evolução da pesquisa e seus métodos foram descritos.

Capítulo 4 - Estrutura conceitual da gestão do processo de projeto em BIM

Esse é o capítulo fundamental da tese. Nele é feita a proposição da estrutura conceitual da gestão do processo de projeto em BIM. Diversos conceitos básicos são discutidos e a proposta surge como uma base para o desenvolvimento organizado de novas metodologias integradoras entre a gestão e o BIM.

Capítulo 5 - Simulações

O capítulo cinco é experimental. Nele os indicadores de desempenho criados na estrutura conceitual são aplicados em dois modelos BIM de edifícios e os seus resultados são comparados e referenciados à estrutura conceitual.

Capítulo 6 - Conclusões

As conclusões da pesquisa são apresentadas no capítulo seis juntamente com reflexões a respeito do desenvolvimento do tema além de serem sugeridos trabalhos futuros que possam dar continuidade aos conhecimentos desenvolvidos na pesquisa.

Cada abertura de capítulo ou tópico importante é precedida de um preâmbulo, que prepara o leitor para o tema a ser discutido e ao final são feitas considerações sobre o tópico quando as mesmas foram necessárias para a conclusão do texto.

A formatação do trabalho obedece aos padrões recomendados pela Universidade de São Paulo e pela Escola Politécnica.

2 Revisão bibliográfica

A proposição desta tese, de desenvolver uma estrutura conceitual para a Gestão do Processo de Projeto em BIM, levou à necessidade da revisão de diversos conceitos, alguns de forma básica e outros de maneira mais aprofundada, e assim abranger o assunto o mais amplamente possível, para constituir um referencial de base para a pesquisa.

Inicialmente são revistos os conceitos básicos do processo de projeto e sua contextualização no objeto do estudo – no caso, os edifícios da indústria imobiliária. As diferentes visões do processo de projeto são introduzidas, sendo feita também uma revisão dos principais conceitos do planejamento do processo de projeto, objeto anterior, da Dissertação de Mestrado do autor, que, revisitados, mostraram a necessidade de atualização e visualização dos seus limites práticos com vistas à sua aplicabilidade no processo de projeto em BIM.

Por se tratar de um tema com raízes tanto na tecnologia da informação quanto na gestão de processos foi necessária uma revisão de conceitos básicos relacionados à programação orientada a objetos e à modelagem da informação por serem introdutórios aos conceitos de BIM. Percebeu-se na ampla revisão da literatura que muitas publicações ainda possuem um “cunho messiânico” ao tratar do assunto BIM, colocando-o muitas vezes como uma “tábua de salvação” para todos os problemas das empresas. Essas referências, algumas conhecidas, foram desprezadas em virtude de sua parcialidade em lidar com o tema. A publicação fundamental sobre o tema, *The BIM Handbook*, Eastman et al. (2008), serviu, em linhas gerais, como um guia mestre ao apontar caminhos e referências para o aprofundamento dos assuntos correlatos.

Houve a necessidade de um aprofundamento mínimo, mas capaz de levar à compreensão do *Industry Foundation Classes* (IFC), assunto que, embora árido para os não iniciados na área, é de capital importância para a compreensão do mecanismo de seu esquema, e sua base em relações foi fundamental para o desenvolvimento do raciocínio subsequente. O aprofundamento do estudo do IFC foi até o ponto considerado necessário para sua compreensão básica, pois foge do escopo desta tese descer a um detalhamento de “linguagem de máquina” para a discussão de sistemas de gestão. Porém, hoje, é inócuo discutir gestão

sem base em TI, e cabe às pesquisas na área um conhecimento básico para equacionar os problemas que surgem no decorrer das pesquisas. De fundamental importância foi a revisão dos sistemas de classificação da informação dos edifícios, assunto oportuno, uma vez que no momento está sendo objeto de desenvolvimento de norma brasileira, o que permitirá organizar efetivamente o caos hoje existente na classificação de sistemas e na nomenclatura vigentes. Entendemos que, sem essa abordagem, a organização de processos em BIM mostra-se simplesmente inviável em um nível sistêmico.

Em relação aos usos e benefícios do BIM, procuramos abordar o tema de maneira parcimoniosa, uma vez que o aprofundamento em cada uma das inúmeras possibilidades de uso do BIM requererá, com certeza, outras teses e dissertações. E muitas das aplicações do BIM ainda estão no estágio experimental, sem fundamento bibliográfico que comprove seus reais benefícios, além dos normalmente alardeados pelos autores.

Com relação aos conceitos de modelagem envolvidos no BIM, buscamos enfatizar os tópicos mais relevantes e talvez mais sutis do assunto, já que o tema em si remete ao domínio dos manuais de uso e operação dos softwares de modelagem, que não são objeto deste estudo. Contudo, foram bastante aprofundadas as questões relacionadas à evolução do projeto, denominada *Level of Development* (LOD), que entendemos poder ser mais bem interpretada como nível de desenvolvimento. Essa leitura mostrou a possibilidade de se descer a um nível de granularidade bastante fino do BIM, o que serviu de base para que sejam repensadas as fases e as responsabilidades envolvidas no processo de projeto, principalmente com relação ao que se conhece como “entregáveis” (*deliverables*). A revisão caminhou para os processos de gestão e coordenação do BIM, mostrando a crescente necessidade de integração dos domínios da tecnologia da informação com os da gestão, pois se percebeu ainda na literatura a predominância de uma visão mecanicista com relação à gestão do processo, contrariamente à visão holística que o BIM por definição nos remete. A integração de funções do coordenador de projetos e do gerente de BIM também é uma questão em discussão, mostrando que a AEC ainda procura caminhos para aperfeiçoar e viabilizar a sua gestão.

A seguir, foram estudados os principais mecanismos que possibilitam a troca de dados entre os agentes, ficando clara a importância do desenvolvimento dos Servidores de Modelo. Percebeu-se, porém, uma nítida divisão entre as linhas de pensamento que defendem os servidores de modelo e as que defendem o uso de modelos federados.

Finalmente, foi estudada a adoção do BIM sob um ponto de vista teórico, mas bastante consistente e referenciado na literatura, demonstrando que o BIM terá uma implantação em

estágios evolutivos. Uma leitura ampla da maioria das normas e manuais de procedimento e guias de implantação do BIM foi feita com o objetivo de apreender dessa literatura os pontos principais, destacados na implementação do BIM. Em virtude da grande heterogeneidade e diversidade constatada nos manuais pesquisados, achamos por bem selecionar aqueles que entendemos mais relevantes para o desenvolvimento desta tese.

2.1 Visões fundamentais do processo de projeto

A gestão do processo de projeto vem sendo objeto de estudos de alguns autores, como Ballard e Koskela (1998); Formoso et al. (1998), indicando que nas práticas correntes o planejamento e o controle do processo de projeto são substituídos pelo caos e pela improvisação, causando problemas de comunicação, falhas na geração da documentação, falta de informações, alocação insuficiente de recursos, ausência de coordenação entre as diferentes disciplinas e erros nas tomadas de decisão.

Mesmo que alguns desses problemas sejam justificados pela natureza complexa do processo de projeto, que envolve incerteza, complexidade e interatividade, essa realidade constatada nas pesquisas não pode ser entendida como satisfatória, segundo a opinião de Tzortzopoulos e Formoso (1999).

As ações para a melhoria do processo de projeto estão fortemente influenciadas pela maneira como ele é conceituado e praticado. Nesse sentido, organizar o conhecimento existente sobre ele é o ponto de partida fundamental para a sua melhoria.

Huovila e Koskela (1997) propõem uma estrutura conceitual que analisa o processo de projeto sob três diferentes visões: conversão; fluxo; e geração de valor, resumidos na Tabela 3.

Tabela 3 - Comparação entre os conceitos de Conversão, Fluxo e Geração de Valor

Item	Conceito de Conversão	Conceito de Fluxo	Conceito de Geração de Valor
Conceituação de projeto	Processo que converte requisitos em projeto de produto	Fluxo de informação composto de conversão, inspeção, movimento e espera	Processo no qual o valor para o cliente é criado através do cumprimento dos seus requisitos
Princípios fundamentais	Decomposição hierárquica, controle e decomposição das atividades decompostas.	Eliminação do desperdício (atividades desnecessárias), redução do tempo, rapidez na redução da incerteza	Eliminação da perda de valor
Métodos e práticas	Estrutura analítica de projeto (EAP), método do caminho crítico, organograma e matriz de responsabilidades	<i>Design Structure Matrix</i> , abordagem de equipe, integração entre ferramentas, parceria	<i>Quality Function Deployment</i> (QFD), análise e gestão sistematizada e rigorosa do fluxo de requisitos, otimização
Contribuição prática	Atentar para o que tem que ser feito	Atentar para que o desnecessário seja minimamente feito	Atentar para que os requisitos do cliente sejam atendidos da melhor forma possível
Nome sugerido para essa visão	Gestão de tarefas.	Gestão do fluxo.	Gestão do valor.

Fonte: Huovila e Koskela (1997)

Conceito de conversão

Segundo Ballard e Koskela (1998), esse conceito é o mais clássico e largamente praticado no mercado. Ele se fundamenta no princípio de que o trabalho a ser executado pode ser feito pela subdivisão do todo em partes. O conceito de “conversão” está ilustrado na Figura 3.

Figura 3 - Conceito de conversão

Fonte: Extraído de Manzione (2006)

Esse modelo tradicional de trabalho é, segundo os autores, fator limitante para o aperfeiçoamento do processo de projeto, por introduzir diversas deficiências.

Koskela, Huovila e Leinonen (2002) entendem que essa visão é um ponto efetivo a ser considerado pela gestão, na medida em que revela as tarefas necessárias para o desenvolvimento de um projeto. Ressaltam, todavia, que, utilizada isoladamente, essa visão não garante a otimização dos recursos, e a melhoria do processo não se mostra suficiente para garantir o pleno atendimento dos requisitos do cliente.

Ballard e Koskela (1998) relacionam alguns pontos problemáticos do uso dessa visão:

1. O trabalho de projeto é sequencial, rigidamente segmentado e sua administração se concentra apenas nos cumprimentos dos contratos individuais dos projetistas.
2. Fragmentação (é mais importante, na visão convencional, concluir a tarefa isoladamente do que promover a interação entre as diferentes tarefas).
3. O entendimento da gestão do projeto apenas como gestão isolada de suas tarefas, não conseguindo capturar conceitualmente a geração de valor e trazendo resultados pobres para o cliente.
4. Não existe trabalho colaborativo para a solução conjunta de problemas na equipe de projetos.
5. A natureza cíclica e interativa do projeto é pouco percebida no processo, o que gera uma elevada carga de retrabalho.
6. Os requisitos do cliente vão sendo esquecidos ou negligenciados nas longas sequências de trabalho decorrentes dessa visão.

Codinhoto (2003) e Tzortzopoulos (1999) comentam os fatores limitantes nessa visão, que a torna insuficiente para o entendimento ou melhoria do processo, uma vez que ela não explicita as atividades que não agregam valor ao longo do processo, como as verificações, a transferência e a espera pelas informações.

Koskela, Huovila e Lautanala (1994) observam que essas características são amplificadas dentro de uma organização, influenciando seus controles e suas estruturas de comunicação e impedindo a solução dos pontos problemáticos, mesmo que sejam percebidos pelas pessoas individualmente. A persistência desses pontos problemáticos traz as seguintes consequências:

1. Baixa percepção de requisitos no início do processo;
2. Detecção de erros de projeto somente em fases adiantadas;
3. Interações escassas entre os membros das equipes;
4. Desperdício de tempo em atividades de espera e troca de informações;
5. Baixa qualidade final.

Conceito de projeto como geração de valor

Esse conceito enfatiza o atendimento aos requisitos do cliente. A melhoria do processo é obtida por meio da redução das perdas de valor que surgem quando nem todos esses requisitos são obtidos e transmitidos ao longo do processo, conforme podemos ver na Figura 4.

Figura 4: Conceito de Geração de Valor

Fonte: Extraído de Manzione (2006)

Segundo Koskela, Huovila e Lautanala (1994), a geração de valor consiste em obter os requisitos de desempenho do produto com ausência de falhas. Nessa visão, a eficácia do projeto dependerá do máximo valor que poderá ser agregado a ele. As perdas de valor,

ocorridas pela ineficácia da identificação dos requisitos e necessidades dos clientes – tanto na etapa inicial quanto durante o desenvolvimento do projeto – e pela baixa otimização das soluções, devem ser combatidas.

Para prevenir a perda de valor, é necessária uma gestão sistemática desses requisitos em estreita cooperação com todos os clientes do processo, através de rápidas interações entre os agentes e a consideração de todas as etapas do ciclo de vida do produto logo nas fases iniciais do projeto.

Conceito de projeto como fluxo de informações

Essa visão se concentra em estudar dentro do processo de projeto as formas como a informação circula, entendendo que a otimização do projeto deva ocorrer principalmente pela redução do desperdício de tempo gasto na gestão da informação, conforme mostra a Figura 5.

É uma visão desenvolvida a partir dos conceitos da “produção enxuta” e tem como objetivo reduzir o desperdício de tempo em diferentes fases do processo:

1. Tempo de **espera** pela informação;
2. Tempo de **conferência**, para garantir a coerência da informação com seus requisitos prévios;
3. Tempo gasto **retrabalhando** a informação para que ela fique de acordo com os requisitos;
4. Tempo gasto para que a **informação circule** pela equipe do projeto.

Figura 5 - Conceito de Fluxo de Informações

Fonte: Extraído de Manzione (2006)

As pesquisas desenvolvidas a partir dessa visão entendem que a melhoria da eficiência na gestão desse fluxo possibilitará resultados mais eficazes. Nesse sentido, são incentivadas a redução do retrabalho mediante redução do número de interações entre os agentes, a colaboração em equipe e a transferência da informação em pequenos lotes.

De acordo com Ballard e Koskela (1998), esse conceito pode ser adotado para o processo de projeto, quando se levam em conta as diferenças entre a produção física e o projeto. Esses autores entendem que visualizar o processo como um fluxo de informações permite flexibilidade e coordenação de diferentes fluxos de informação e a integração do processo de projeto com o processo de suprimentos e de execução da obra.

O combustível do projeto são as informações. Os projetistas usam e produzem informações na forma de ideias, princípios, regras e habilidades, aplicados para gerar uma descrição abstrata (um modelo BIM ou um conjunto de desenhos em CAD) que define como um edifício deve ser construído, segundo Sacks e Tribelski (2010).

Essa característica do projeto, que é ser movido por informações, implica, para o seu sucesso, que o fluxo dessas informações precisa ocorrer continuamente entre os projetistas, sendo sua gestão um fator crítico para a eficiência e a eficácia do projeto, segundo Eckert, Clarkson e Stacery (2001).

Sacks e Tribelsky (2007) observam que o fluxo das informações nas equipes de projeto não é bem compreendido, e com frequência ocorrem problemas de gerenciamento devido à falta de compreensão teórica do problema e de medidas objetivas do fluxo.

Austin e Hassam (1999) afirmam que entender o processo pelo qual a informação flui entre os participantes do projeto é essencial para a melhoria da gestão. Emmitt (2007) ressalta que mapear e entender o fluxo das informações é um pré-requisito para as empresas de projeto, chamando a atenção para o entendimento dos desperdícios que ocorrem em todo o processo de trabalho.

Eckert, Clarkson e Stacery (2001) pesquisaram os principais problemas relacionados com a gestão do fluxo das informações, classificando-os em quatro categorias, conforme a Figura 6.

Figura 6 - Problemas relacionados com a gestão do fluxo de informações.

Fonte: Adaptado de Eckert, Clarkson e Stacery (2001)

Sacks e Tribelski (2010) identificaram que os problemas que caracterizam um fluxo pobre em sistemas de produção genéricos, como grandes tamanhos de lotes, longos tempos de ciclo, gargalos no fluxo, grandes inventários de trabalho em processo, podem ser medidos e identificados na etapa de projetos executivos.

De acordo com esses autores, os fluxos de informações decorrentes de processos ineficientes resultam em problemas e geram diversas formas de desperdício: retrabalho gerado por uso de bases de desenho desatualizadas; longos tempos de espera pela informação, que obrigam os projetistas a mudar seu foco de atenção para outros projetos, levando um tempo maior para se familiarizarem com as mudanças quando as novas informações chegam; aumento de custos e de prazos globais do projeto, causado pelo retrabalho gerado.

As três visões isoladas do processo de projeto – conversão, fluxo e geração de valor – foram apresentadas e criticadas, cada uma com sua própria metodologia de gestão.

Entretanto, não se tratam de teorias que se conflitam, mas que se complementam. Huovila e Koskela (1997) sugerem que na gestão do processo de projeto os três pontos de vista desenvolvidos neste tópico devam ser integrados, alinhados e balanceados, entendendo que a complexidade do processo irá demandar uma visão conjunta desses três aspectos.

2.2 Revisão da metodologia de planejamento do processo de projeto

Tradicionalmente, conforme Hughes, W. (2003), o processo de projeto é planejado da mesma forma que a construção da obra, com forte ênfase no resultado de cada atividade e pouco esforço na gestão necessária para alcançar o resultado desejado.

Observa-se na rotina de trabalho que as práticas correntes de gestão e planejamento de projetos se restringem, na maioria das vezes, ao mero controle de contratos e entregas de desenhos.

As ferramentas de planejamento usuais – diagramas de barra – são recursos limitados, pois representam apenas graficamente as etapas desses contratos, não dando conta de mostrar a complexidade do projeto: o seu processo de grande interatividade e com intensa troca de informações.

O modelo convencionalmente utilizado no planejamento e controle do processo de projeto é o de controle de entregas de desenho. Esse modelo, largamente utilizado pela indústria da AEC por não levar em consideração a gestão do fluxo das informações, gera muitas vezes projetos desintegrados e com tempo de desenvolvimento prolongado.

A gestão do fluxo de informações e das atividades de um projeto irá requerer uma estrutura metodológica que possibilite racionalizar e organizar tanto a sequência quanto o conteúdo das informações que irão ser requeridas ao longo do processo.

A natureza interativa do processo de projeto foi observada empiricamente por Smith e Tjandra (1998) e modelada usando a *Design Structure Matrix* (DSM), desenvolvida por Steward (1981), a qual foi base de diversas pesquisas voltadas para a otimização do processo de projeto, como as feitas por Eppinger et al. (1994); Pektas e Pultar (2006) e Smith e Eppinger (1997).

Austin (1999) observa que as práticas atuais do planejamento do processo de projeto levam pouco em conta a interdisciplinaridade e a natureza interativa do processo de projeto, acarretando um processo de projeto com ciclos de retrabalho que aumentam o tempo de projeto e seus custos, atrasando a execução das obras.

A metodologia *Analytical Design Planning Technique* (ADePT) foi proposta por Austin (1999) como uma solução para a racionalização do processo de projeto, tendo como objetivo principal criar uma rede de tarefas do projeto baseada na precedência das informações, e não na produção de desenhos.

Essa metodologia tem como fundamentos a modelagem precisa do processo de projeto, seus agentes e a racionalização da troca de informações que irão ocorrer entre eles.

A metodologia é constituída por quatro passos, conforme a Figura 7.

Figura 7: Passos da metodologia ADePT

Fonte: Adaptado de Austin (1999)

Em síntese, o processo de elaboração de uma rede de planejamento com a metodologia ADePT ocorre como descrito a seguir:

Os passos 1 e 2 acontecem de forma concomitante.

O passo 1 é construir a estrutura analítica do projeto utilizando uma versão da metodologia *Icam DEFinition for Function Modeling* (IDEF0¹). Essa estrutura representa as atividades de projeto e suas dependências de informação. O processo de projeto é dividido nas disciplinas (Arquitetura, Estrutura, Instalações, etc.); depois em elementos ou sistemas construtivos; e finalmente em atividades de projeto.

No passo 2 é construída uma tabela que relaciona as informações necessárias para cada atividade e a sua fonte, quer seja um agente, quer seja outra informação que a preceda.

O passo 3 é a ordenação das atividades do projeto tendo com base suas necessidades de informação representadas com o uso da DSM. A DSM é construída com base em algoritmos

¹ IDEF0 disponível em: <<http://www.idef.com/IDEF0.htm>>. Acesso em: 16/11/2012.

que particionam a matriz, agrupando as atividades cíclicas, identificando grupos de tarefas que irão requerer um gerenciamento crítico e gerando a sequência otimizada das tarefas do projeto.

A matriz particionada pode ser exportada para ferramentas de planejamento para gerar o cronograma do projeto. Para organizar o cronograma é necessário definir as datas de início e término das atividades, suas durações e os recursos necessários. As precedências das atividades são extraídas da DSM. Entretanto, os blocos de atividades inter-relacionadas requerem atenção especial, pois o sequenciamento desses blocos não é baseado apenas em dependências, exigindo decisões estratégicas.

Assim, o estágio final da metodologia ADePT produz o cronograma mestre que define todo o planejamento estratégico do projeto, baseado na lógica das dependências de informações do processo de projeto, que também deve ser integrado com o cronograma da obra.

A abordagem da ADePT deixa claro que as informações do projeto são disponibilizadas e comunicadas, formal ou informalmente, para a equipe de projeto, através das revisões dos desenhos, com o objetivo de obter a informação certa, da pessoa certa, no momento certo. Mas frequentemente a experiência tem demonstrado que isso não acontece como foi planejado, requerendo esforços adicionais do Coordenador de Projetos para isso.

Limitações da metodologia ADePT e os avanços recentes

Um bom planejamento do processo de projeto é o primeiro passo para melhorar sua gestão. Entretanto, se o planejamento não for cuidadosamente controlado as equipes de projeto podem ser tentadas a voltar para os métodos mais tradicionais de gestão, levando a ineficiências significativas devido a fluxos de informações pobres e alocação inadequada de recursos.

A metodologia ADePT apresenta limitações, pois, embora possibilite a construção estruturada da rede de planejamento, não oferece instrumentos metodológicos para as etapas de controle e replanejamento.

Diversos autores conceituam planejamento relacionando-o com controle, de forma a constituir um sistema.

Formoso et al. (1999) definem planejamento como um processo gerencial que envolve o estabelecimento de objetivos e a determinação dos procedimentos necessários para atingi-los,

e o planejamento somente é eficaz quando realizado em conjunto com o controle. Afirmam os autores que não existe a função controle sem planejamento e que o planejamento é praticamente inócuo se não existe controle.

Assumpção (1996) comenta que a essência do processo de planejamento consiste na construção de modelos que representam as relações entre as variáveis ou atividades que se desenvolvem no ambiente da empresa e seus empreendimentos, aliados a sistemas que permitam operar com esses modelos e gerar informações, ora na forma de expectativas de comportamento do modelo (programação), ora avaliando o comportamento das ações já empreendidas (controle).

Laufer e Tucker (1987) consideram o controle indispensável e estabelecem que ele se desenvolva em três estágios: medição, avaliação de desempenho e tomada de ações corretivas em relação às ações ou a equívocos dos planos. O controle inclui o monitoramento do que aconteceu na realidade, a comparação com o que fora planejado e as ações para providenciar as mudanças necessárias de realinhamento do plano.

Com relação à avaliação do desempenho do processo, que na metodologia ADepT é fundamentada no fluxo de informações, Sacks e Tribelski (2010) observam que a falta de um planejamento e de controle mais detalhado na fase de projetos executivos pode decorrer, em parte, da ausência de ferramentas adequadas para avaliar a evolução do projeto, tendo com base as medidas do seu fluxo de informações.

Choo et al. (2004) apresentam a metodologia DePlan como complemento às limitações da ADePT. A metodologia DePlan incorpora a metodologia do *last planner*, que, de acordo com Ballard (1997), é uma filosofia de gerenciamento da produção com foco na aplicação dos princípios *lean* na organização e no gerenciamento de operações de empreendimentos.

A metodologia do *last planner* é baseada na redução da quantidade de incertezas dentro do processo de projeto gerindo a variabilidade que ele contém. A técnica do *last planner* ajuda a equipe de projeto a criar de maneira sistemática planos de *lookaheads* (de médio prazo), nos quais são identificadas as restrições inerentes às tarefas, de modo a eliminá-las antecipadamente.

São também criados planos semanais de trabalho para planejar o curto prazo semanal e acompanhar os resultados do trabalho produzido por intermédio de um indicador de desempenho denominado *Plan Percent Complete* (PPC), que mede a porcentagem das tarefas

semanais 100% concluídas, em contraposição ao número de tarefas originalmente previstas para aquele período.

Outro avanço voltado para o controle e medição do fluxo das informações no processo de projeto é relatado no trabalho de Sacks e Tribelski (2010), no qual foram estudados 14 projetos desenvolvidos em CAD e armazenados em uma extranet comum, com o objetivo de analisar a natureza dos problemas relacionados com o fluxo de informações; verificar de que forma interferem no processo de projeto; e estabelecer uma medida do seu fluxo por meio do cálculo de indicadores de desempenho.

Através da leitura dos arquivos de acesso dos usuários à extranet, os autores mapearam as ações de *download* e *upload* de arquivos e analisaram o conteúdo dos desenhos.

Nesse estudo, foram verificadas as ocorrências dos seguintes fenômenos: gargalos no fluxo de informações, retrabalhos, grandes lotes de informações, grande nível de trabalho em progresso e falha no atendimento das necessidades do cliente.

A partir dos resultados, os autores definiram sete indicadores de desempenho do fluxo de informações e estabeleceram correlações com os resultados obtidos no projeto: nível de ação; maturidade do pacote de informações; volume de trabalho em processo; tamanho do lote de informações transferidas pelos projetistas; velocidade de desenvolvimento do projeto; gargalos; e retrabalho.

Os autores concluíram serem adequadas as medidas de fluxo desenvolvidas para a fase de projetos executivos, que é de natureza técnica e requer maior estruturação se comparada às fases iniciais do projeto. Para essas fases, porém, por sua natureza mais interativa e pelas muitas alternativas sendo estudadas em paralelo, os autores recomendam o desenvolvimento de mais pesquisas e de indicadores-chave de desempenho específico para essas fases iniciais.

2.3 O processo de projeto no contexto do empreendimento imobiliário

Nobre, Santos e Barros Neto (2004) comentam que o processo de desenvolvimento do produto imobiliário na AEC é bastante diferente do das demais indústrias em razão das características peculiares do “produto edifício”.

Citam como características importantes a complexidade do mercado imobiliário, o longo tempo do ciclo do processo do negócio, a longa duração da vida útil do produto, o impacto

ambiental gerado, destacando que o produto imobiliário, por ser único, não seriado e com localização fixa, dificulta a compreensão dos aspectos que envolvem sua produção, ocorrendo distanciamento entre projetistas e construtores, o que leva à fragmentação do processo e gera perda de informações.

Navarro (2007) acrescenta a esses fatores o elevado potencial de risco de um empreendimento imobiliário e apresenta, na Figura 8, a relação entre a exposição ao risco e o nível de investimento durante o ciclo de vida de um empreendimento. A autora comenta a importância da fase de planejamento do empreendimento, em que os principais riscos são assumidos, e destaca que, por serem muitas vezes elevados e baseados em cenários de grandes incertezas, caso se concretizem, esses riscos irão prejudicar o cumprimento das metas e dos prazos e afetarão a rentabilidade do empreendimento.

Figura 8: Ciclo de Vida total de um Empreendimento

Fonte: Wideman (1992) *apud* Navarro (2007)

Georgakopoulos e Tsalgatidou (1998) definem processo de negócios como um conjunto de uma ou mais atividades relacionadas entre si que realizam um objetivo de negócio ou objetivo político, como o cumprimento de um contrato de negócio ou a satisfação de uma necessidade específica de um cliente.

Olofsson et al. (2010) destacam a importância de o processo de projeto estar alinhado com o processo do negócio e indicam que as fases iniciais do processo de projeto são de fundamental importância para a obtenção de bons resultados. A Figura 9 foi desenvolvida pelos autores

para mostrar a necessidade do alinhamento entre o empreendedor com os processos específicos de projeto e a produção da AEC.

Figura 9: Um empreendimento com a perspectiva dos agentes da AEC

Fonte: Adaptado de Olofsson et al. (2010)

Fontenelle (2002) destaca o papel estratégico do projeto para o desempenho competitivo das empresas do subsetor de empreendimentos imobiliários, uma vez que ele é o principal instrumento para a materialização das estratégias competitivas das empresas, tais como a diferenciação e a liderança no custo.

Melhado (1994) descreve o projeto como um “serviço” na construção, destacando duas de suas dimensões: projeto como processo estratégico, visando atender às necessidades e exigências do empreendedor, voltado, portanto, para a definição de características do produto final e projeto como processo operacional, visando à eficiência e à confiabilidade dos processos que geram os mesmos produtos.

2.4 Diversidade de agentes, gestão das interfaces e mudanças

Melhado (1994) estudou os fatores que influenciam na qualidade de um projeto e classificou os agentes envolvidos no processo do empreendimento, em suas diversas fases, em quatro categorias de participantes principais, com diferentes interesses e capacidades em influir no processo do negócio:

1. **Empreendedor:** responsável pela geração do produto; avalia a qualidade do

projeto a partir do alcance de seus objetivos empresariais, que envolvem tanto o sucesso quanto a penetração do produto no mercado; responsável pela formação de uma imagem junto aos compradores, pelo retorno que o projeto venha a proporcionar a seus investimentos ou, pelo menos, pela manutenção dos custos previstos para o empreendimento;

2. **Projetista:** atua na formalização do produto;
3. **Construtor:** viabiliza a fabricação do produto; avalia a qualidade do projeto com base na clareza da apresentação, importante para facilitar o trabalho de planejamento da execução, em que o conteúdo, a precisão e a abrangência das informações possam reduzir a margem de dúvida ou necessidade de correções durante a execução; analisar a potencial economia de materiais e de mão de obra, capazes de proporcionar redução de desperdícios;
4. **Usuário:** assume a utilização do produto; avalia a qualidade do projeto na medida da satisfação de suas intenções de “consumo”, envolvendo conforto, bem-estar, segurança e funcionalidade, somando-se a estas baixos custos de operação e de manutenção; ressalte-se que esse é o cliente externo.

No entanto, completa o autor, o peso da satisfação de cada cliente no conjunto dessas relações pode vir a ser diferenciado, na medida em que cabe ao empreendedor, entre outras atribuições, intervir, por exemplo, como contratante do projetista. E, dependendo do caso, construtor e projetista constituirão partes da mesma empresa – os clientes internos, em cada caso, podem ter importâncias diferentes.

Dentro desse raciocínio, o autor coloca a necessidade de uma gestão mais eficiente do processo e ressalta que ela deve se concentrar na melhoria da gestão do fluxo da informação, tanto no que diz respeito à informação utilizada (dados de entrada) quanto à decisão (dados de saída).

De acordo com Brandon (2009), a gestão é uma intervenção que procura melhorar a eficiência e a eficácia das atividades que precisam ser executadas para se alcançar um objetivo, o que inevitavelmente inclui intervenção na maneira como os vários participantes colaboram para atingir o objetivo desejado. Contudo, uma das metas deve ser minimizar a quantidade de gerenciamento requerido, sem comprometer a eficiência e a eficácia, pois o gerenciamento é uma despesa administrativa (*overhead*) e, como tal, precisa ser minimizada.

Muitas das dificuldades encontradas residem não só na forma como as pessoas colaboram, mas também, e cada vez mais, no modo como elas se relacionam e produzem seus trabalhos com a tecnologia da informação.

Benning et al. (2010a) estudaram os diferentes pontos de vista dos agentes envolvidos em um empreendimento em busca de definir critérios para a criação de uma estrutura analítica de projeto. Esse estudo mostra que a multiplicidade de agentes e de pontos de vista diversos demandará não só os esforços de gestão como também a estruturação analítica de uma ampla base de informações em TI, para atender às necessidades de todos os agentes durante o empreendimento.

Ao estudar a gestão das interfaces, Brandon (2009) questiona se o problema da colaboração é apenas de ordem tecnológica ou se tem origem na interface entre as pessoas; afirma que o problema central da função da gestão reside nas interfaces entre as pessoas, organizações, cadeias de suprimentos, tecnologias e o que mais for necessário no envolvimento de duas ou mais pessoas trabalhando com algum nível de interdependência.

O autor entende que, ao longo de um processo em cadeia colaborativa, o conhecimento sofre perdas e ganhos; argumenta que em cada uma das interfaces pode existir um contrato ou alguma regulamentação a ser cumprida e acrescenta que, muito frequentemente, uma negociação ou decisão pode ser feita com informações incompletas. Para Brandon (2009), a gestão, por si só, não tem condições efetivas de resolver problemas quando sua raiz é causada pelas próprias interfaces e com o modelo de trabalho utilizado por cada um dos agentes da organização.

Argumenta o autor que podem ocorrer falhas advindas das relações potencialmente adversas entre os agentes, falhas dos sistemas de TI utilizados, que tendem a seguir as práticas manuais e manter o mesmo desenho das interfaces, e falhas na inovação, porque os sistemas são fossilizados pela estrutura de interfaces e pelo desempenho dos profissionais envolvidos.

Conclui que, paradoxalmente, ao ampliar desmesuradamente a gestão com o objetivo de resolver problemas, muito frequentemente, quanto mais se gerencia tanto mais o processo se torna complexo, requerendo mais gestão para resolvê-lo.

Algumas reflexões dos autores sobre esse tópico indicam que as formas convencionais de trabalho necessitam mudanças de paradigma, e não somente mais investimentos em TI e gestão. O mesmo paradoxo citado por Brandon pode ocorrer no caso do advento da TI para a

melhoria de processos, já que, quanto mais TI for investida, se os processos não forem mudados, mais TI deverá ser investida, num ciclo ininterrupto.

Fica clara a necessidade de ambientes colaborativos, o que na prática irá se traduzir na redução das interfaces e no estabelecimento de processos, protocolos de comunicação e linguagens comuns aos agentes, por mais heterogêneos que possam ser os seus interesses dentro dos empreendimentos.

O momento atual é de mudanças nos paradigmas da AEC, uma indústria conservadora e tradicionalmente avessa a mudanças. Nesse sentido, os principais agentes e os clientes precisam ser motivados a partir da perspectiva do aumento das vantagens competitivas que advirão das mudanças.

Porém, não existem milagres nessa área e, para complementar o assunto, citamos Phillip Bernstein², que, em resposta à questão “Quando finalmente teremos a interoperabilidade entre os processos?”, afirmou:

Estamos em um período de explosão da inovação tecnológica e de processos e recomendamos às pessoas paciência, selecionando entre as soluções que funcionam e as que não funcionam. Acho que a tecnologia que as pessoas desejam acabará vindo à tona, embora acho que exista uma expectativa irrealista que o problema seja resolvido através da “força bruta” pelos fornecedores de software em uma solução “de cima para baixo”. A tecnologia somente irá funcionar quando as pessoas descobrirem o que e como querem realizar seus processos de negócio e, em seguida, encontrar formas de interconectá-los. McGrawHill (2007), p. 27

Phillip Bernstein finaliza dizendo que em um momento de inovação é assim que as coisas funcionam.

2.5 Modelagem e modelo de dados

De acordo com Booch, Maksimchuk e Engle (2007), a modelagem de dados é um processo no qual os dados são estruturados e organizados. Uma vez estruturados, os dados podem ser tratados no chamado Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados. A principal ideia por trás desses sistemas é gerenciar uma quantidade grande de dados estruturados e não estruturados.

² Phillip Bernstein, Vice-Presidente da Autodesk em 2007.

Modelos de dados são os **resultados** do processo de modelagem de dados. São modelos abstratos cujo objetivo é descrever como os dados são utilizados e representados de forma eficaz. O termo “modelo de dados” é, no entanto, utilizado de duas formas. A primeira trata da descrição formal de como os dados devem ser usados e estruturados. A segunda trata da aplicação desses dados através de um exemplo concreto.

Conforme Khemlani (2004), um modelo de dados, em qualquer domínio de conhecimento, descreve os atributos de suas entidades dentro do domínio do conhecimento a que se refere. Como todos os programas de computador tratam com algum tipo de dados, eles precisam ter internamente um modelo de dados subjacente. As aplicações tradicionais em CAD 2D e 3D representam os dados, internamente em suas estruturas, por meio de formas primitivas geométricas, como pontos, linhas, polígonos elementares, planos, etc. Segundo Khemlani (2004), embora essa forma permita a representação geométrica de um edifício no domínio de diversas disciplinas, ela não permite incluir as informações específicas de cada uma delas.

Para esse autor, o modelo de dados de um edifício precisa ser constituído com base nos seus elementos e relações. A geometria é apenas uma de suas propriedades, já que um modelo é rico em informações sobre o edifício, e essas informações podem ser extraídas e utilizadas para vários propósitos: documentação, visualização e análise, entre outros.

Na modelagem conceitual, explica Björk (1995), existe uma distinção básica entre os fenômenos do mundo real que estamos interessados – em nosso caso, os edifícios – e os conceitos que utilizamos para descrevê-los nos sistemas de processamento de informações.

Segundo Bo-Christer (1992), um modelo conceitual especifica as categorias de informação utilizadas em um domínio específico. Em um modelo conceitual apenas a informação em si – semântica – é modelada e não o formato exato em que ela é armazenada ou apresentada – sintaxe.

O mundo real é percebido consistindo em objetos ou entidades. Os objetos têm propriedades que podem estar inter-relacionadas e os objetos com algum grau de propriedades similares podem ser agrupados em classes ou categorias.

Björk (1995) enumerou cinco principais requisitos para modelos de dados de edifício: capacidade de modelar qualquer tipo de informação; cobertura das necessidades de informação de diferentes fases e disciplinas; estruturas de informação não redundantes; capacidade de suportar formatos de apresentação alternativos; e independência das restrições dos softwares de aplicação.

2.6 Building Information Modeling (BIM)

Ao longo da história da Arquitetura, a representação essencial dos edifícios tem sido feita através de desenhos. A leitura de muitos livros mostra como os desenhos e os croquis são parte integrante do pensamento e do trabalho criativo do Arquiteto. [...] A substituição de desenhos por uma nova base de representação para o projeto, comunicação e construção dos edifícios é uma mudança revolucionária e que marca época, tanto na Arquitetura como na Indústria da Construção em geral. Estas mudanças alteram as ferramentas, os meios de comunicação, e os processos de trabalho. Eastman (2006) p. 2

Estamos nos estágios iniciais de uma transformação na AEC que irá modificar profundamente a forma como o ser humano percebe e interage com o meio ambiente construído. Essa mudança, que está sendo impulsionada pelo advento crescente do BIM, segundo Underwood e Isikdag (2010), permitirá que as pessoas experimentem o edifício virtualmente antes de sua execução, possibilitando que o imóvel seja otimizado no uso de seus materiais e de energia, de modo a diminuir os impactos negativos ao meio ambiente.

O BIM tornou-se objeto de estudos ante a importância crescente, nos últimos anos, das pesquisas na área de inovação do uso da TI na AEC.

Inicialmente restrito aos pesquisadores específicos, com o passar dos anos muitos esforços de pesquisa têm sido feitos no âmbito dos impactos dessa tecnologia; na proposição de novas formas de gestão do trabalho colaborativo; e no desenvolvimento de novas tecnologias da informação e comunicação para dar suporte a toda a transformação que será necessária para o uso pleno do BIM.

Em palestra realizada na Universidade de Tecnologia de Tallinn, na Estônia, em 4 de dezembro de 2010, Sacks (2012) defende que o BIM é um exercício social e não necessariamente um exercício técnico; e, como exercício social, seu foco principal é a colaboração e a cooperação entre as pessoas. Segundo o autor, só podemos ter edifícios inteligentes se tivermos profissionais inteligentes. Ele enfatiza que não é a tecnologia do BIM que irá tomar as decisões. Quem deverá tomá-las são os profissionais através do uso que fazem dessa tecnologia.

A principal mensagem transmitida por Sacks nessa palestra é que

A tecnologia é interessante, excitante e possui muitas capacidades, mas seu objetivo principal é criar situações em que os profissionais passam colaborar uns com os outros da melhor forma possível. E, se isso não for alcançado, teremos feito muito pouco. Sacks (2012)

2.6.1 Definições

A Modelagem da Informação do Edifício, conhecida como *Building Information Modeling* (BIM), é, de acordo com Underwood e Isikdag (2010), um processo baseado em modelos digitais, compartilhados, integrados e interoperáveis denominados *Building Information Models*.

Assim, o *Building Information Modeling* pode ser definido como um processo que permite a gestão da informação, enquanto o *Building Information Model* é o conjunto de modelos compartilhados, digitais, tridimensionais e semanticamente ricos, que formam a espinha dorsal do processo do *Building Information Modeling*.

Underwood e Isikdag (2010) definem as características dos *Building Information Models* como:

1. **Orientados a objetos;**
2. **Ricos em dados e abrangentes:** os modelos são ricos em dados e abrangentes enquanto cobrem e mantêm as características físicas e funcionais e os estados dos elementos do edifício;
3. **Tridimensionais:** os modelos representam a geometria do edifício em três dimensões;
4. **Espacialmente relacionados:** as relações espaciais entre os elementos do edifício são mantidas nos modelos de maneira hierárquica;
5. **Semanticamente ricos:** os modelos mantêm uma grande quantidade de informação semântica sobre os elementos do edifício;
6. **Modelos capazes de suportar vistas:** as vistas do modelo são subconjuntos ou instantâneos do modelo que podem ser gerados com base no modelo principal. Essas vistas podem ser automaticamente geradas resguardando as necessidades do usuário.

A *General Services Administration*, General_Services_Administration (2007) define *Building Information Modeling* como o processo de desenvolvimento e o uso de softwares modeladores de dados não apenas para documentar os projetos, mas para simular a construção e a operação de um novo edifício ou de sua recuperação. O modelo resultante é um *Building Information Model*, rico em dados, baseado em objetos, inteligente e com representação digital paramétrica, com vistas apropriadas para diferentes usuários, que podem extrair e analisar as informações e fornecer retroalimentação para a melhoria do edifício.

Eastman et al. (2008) definem BIM como uma tecnologia de modelagem e um conjunto de processos associados para produzir, comunicar e analisar modelos de edifícios.

Os modelos de edifícios são caracterizados pelos autores como componentes representados digitalmente através de objetos que “sabem” o que são e que podem ser associados através da computação gráfica, possuindo propriedades, atributos e regras paramétricas.

Os componentes incluem dados que descrevem como eles devem se comportar: de forma coordenada, consistente e não redundante.

Para Nederveen, Beheshti e Gielingh (2010), BIM é um modelo de informação sobre um edifício – ou o projeto de um edifício – que compreende informação completa e suficiente para dar suporte aos processos do ciclo de vida do edifício, e que pode ser interpretado diretamente por aplicativos de computador. O BIM compreende informações sobre o edifício e seus componentes e contém informações sobre propriedades como funções, forma, materiais e processos.

NIBS (2008) adota um esquema de abstração do BIM em três níveis: como um produto, como uma ferramenta e como um processo. Como um produto, o BIM refere-se a um modelo da edificação; como ferramenta, refere-se às aplicações que interpretam o modelo da edificação e a ele agregam informações e representações; e, como um processo, o BIM é formado pelas atividades desenvolvidas durante todo o ciclo de vida da edificação.

Ayres (2009) propõe uma classificação do BIM em quatro níveis de abstração: no primeiro nível, metamodelagem, são discutidas as questões sobre modelos conceituais, interoperabilidade de aplicações e os impactos da tecnologia sobre a indústria; no segundo nível, modelagem, são abordadas questões relacionadas à criação de modelos e interfaces das aplicações CAD que realizam a modelagem do produto; no terceiro nível, do modelo, são enfocadas as relações semânticas entre os diferentes objetos que o compõe; e no quarto nível, dos objetos, são abordadas as questões sobre a funcionalidade das partes componentes do

modelo, como comportamento, propriedades e atributos, entre outros. A Figura 10 ilustra esse esquema de relações propostas.

Figura 10: Esquema de relações entre os diferentes níveis de abstração do BIM

Fonte: Extraído de Ayres (2009)

2.6.2 Objetos paramétricos

Segundo Autodesk (2007), a essência do projeto de um edifício são as relações que podem ser incorporadas no modelo da construção. A criação e a manipulação dessas relações se constituem no ato de projetar. Os parâmetros fornecem aos projetistas acessos diretos a esses relacionamentos e são um jeito natural e intuitivo de pensar sobre os edifícios utilizando um computador assim como uma planilha eletrônica é uma ferramenta para pensar sobre números e um processador de texto é um instrumento para pensar sobre as palavras.

O autor define parâmetros como números ou características utilizados para determinar o comportamento de um objeto e definir relacionamentos entre os componentes do modelo.

Ayres (2009) afirma que há dois tipos básicos de parâmetros: os que armazenam informação sobre a forma dos elementos – como posição, dimensões ou transformações geométricas – e os que armazenam características funcionais dos elementos, como material, especificações, requisitos legais, procedimento de montagem, preço, fabricante, entre outros.

Os objetos paramétricos em BIM têm as seguintes características, de acordo com Eastman et al. (2008):

1. Consistem em definições geométricas, associadas a regras e dados;
2. A sua geometria é integrada e não redundante;

3. As regras paramétricas para os objetos modificam automaticamente a geometria associada quando inseridas no modelo do edifício ou quando modificações são feitas nos objetos associados;
4. Os objetos podem ser definidos por diferentes níveis de agregação, o que permite definir uma parede, bem como os componentes a ela relacionados;
5. Os objetos têm a habilidade de ligar ou receber uma ampla variedade ou conjuntos de propriedades e atributos;
6. O usuário tem a possibilidade de desenvolver os seus próprios objetos paramétricos por meio da criação de bibliotecas de classes de objetos.

2.6.3 Principais usos e benefícios do BIM

Diversos autores estudaram as aplicações do BIM, associando-as a seus usos, benefícios e potenciais para melhoria de processos. Eastman et al. (2008) categorizam os usos e benefícios por fases do ciclo de vida.

1. **Fase de concepção de projeto:** estudos preliminares de conceitos e viabilidade;
2. **Projeto:** visualização mais precisa e em estágios mais recentes do projeto; correções automáticas dos elementos no modelo quando são efetuadas mudanças no projeto; geração automática de desenhos 2D em qualquer estágio do projeto; facilidade de colaboração mais cedo do trabalho multidisciplinar; facilidade de verificação do projeto contra os requisitos do programa; extração automática de quantitativos durante o processo de projeto; melhorias no processo de análise energética e de sustentabilidade.
3. **Execução:** sincronização do planejamento da obra com os objetos do modelo; descoberta de interferências físicas entre elementos do edifício ou omissões antes da execução da obra; rapidez no processo de mudanças do projeto; possibilidade de usar o modelo de projeto como base para a pré-fabricação; melhor implementação da metodologia da construção enxuta; sincronização das fases de aquisição, projeto e construção;
4. **Operação:** melhor gerenciamento da operação dos sistemas e ativos do edifício

A Figura 11 ilustra os conceitos.

Figura 11: BIM e o ciclo de vida do edifício

Fonte: Autor

Dependendo do ambiente em que forem utilizados, os modelos BIM podem ter, de acordo com Underwood e Isikdag (2010), diferentes funções, como:

1. **Vinculador de espaços:** liga micro e macro espaços urbanos;
2. **Facilitador da interoperabilidade:** possibilita o compartilhamento de informações entre os diversos agentes e suas ferramentas de software;
3. **Repositório de dados:** armazena a informação do edifício por todo o seu ciclo de vida;
4. **Facilitador do processo de aquisições:** disponibiliza e facilita diversas atividades de aquisições no ciclo de vida do edifício;
5. **Suporte da colaboração:** é viabilizado através da gestão e do uso das informações compartilhadas do edifício em tempo real;
6. **Simulador de processos:** facilita a simulação do processo de construção e dos sistemas construtivos do edifício;
7. **Serviço de informação do edifício:** pode oferecer informações do edifício sob demanda e em tempo real pela internet;
8. **Facilitador da construção sustentável:** permite análises avançadas para o suporte do projeto e da construção sustentável energeticamente econômica.

É apresentada na Tabela 4 a classificação de Succar (2009) para os usos do BIM na fase de projeto, construção e operação.

Tabela 4: Usos do BIM

Projeto	Visualização	Projetos com visualização em 3D Controle de ciclos de revisões Documentação e detalhamento Escaneamento de edifícios com raio <i>laser</i> Fotogrametria Representação realística Realidade virtual Realidade aumentada
	Análise	Verificações de requisitos de normas Estimativas de custo Análises estruturais por elementos finitos Simulação de fogo e fumaça Análises de luminotecnica Levantamentos quantitativos Análises de implantação no terreno Estudos de radiação solar Coordenação espacial e análise de interferências Análise estrutural Análises de sustentabilidade Análises energéticas Análises térmicas Estudos do impacto do vento
Construção	Execução	Construtibilidade Construção virtual Segurança do trabalho Especificações da construção Projeto de sistemas construtivos Tecnologias móveis para uso no canteiro Planejamento e controle da produção Licitações e contratações

	Pré-fabricação	Estruturas metálicas Estruturas em concreto pré-moldado
	Aquisição	Coordenação dos suprimentos preparação de pacotes de compras
	Operação	Gerenciamento Rastreamento dos ativos Manutenção dos ativos Monitoramento de ativos por GPS Gerenciamento dos espaços Gerenciamento de reformas
	Simulação	Gestão dos sistemas Planejamento para situações de emergência Análises do consumo energético Rastreamento da ocupação
	Otimização de processos	<i>Lean construction</i> Gestão da cadeia de suprimentos Gestão do conhecimento Análises de valor Melhoria do processo de comunicação

Fonte: Adaptado de Succar (2009)

2.6.4 Conceitos básicos sobre IFC, IDM, MVD e IFD

Para que o setor da construção possa usufruir dos benefícios do BIM, as necessidades de troca de informações entre os diferentes agentes devem ser plenamente atendidas. Os esforços nesse sentido datam de 1994, quando foi criada a *Industry Alliance for Interoperability* a partir de um consórcio de 12 companhias³ norte-americanas lideradas pela Autodesk, com o objetivo de auxiliar no desenvolvimento de um conjunto de classes em C++ para sustentar o desenvolvimento de aplicações integradas.

Em 1995 foi aberto o ingresso para outros membros da indústria e em 1997 a *Industry Alliance for Interoperability* foi renomeada para *International Alliance for Interoperability* (IAI), uma organização sem fins lucrativos com o objetivo de promover o *Industry Foundation Class* (IFC) como um produto neutro para dar suporte ao ciclo de vida do edifício.

Em 2005, a IAI foi renomeada como *buildingSMART*, especializando-se no uso do BIM e do IFC como propulsores de formas mais inteligentes de trabalho. Hoje conta com capítulos regionais na Europa, na América do Norte, na Austrália, na Ásia e no Oriente Médio

A buildingSMART desenvolve e mantém padrões para o trabalho em BIM de maneira aberta, denominados *open BIM*, combinados em três grandes conceitos que suportam a sua tecnologia. A Figura 12 ilustra esses três conceitos que serão desenvolvidos nos próximos tópicos.

Figura 12: Os três conceitos da tecnologia da buildingSMART

Fonte: Adaptado de buildingSMART (2012a)

³ Os outros membros fundadores foram as empresas: AT&T; ARCHIBUS; Carrier Corporation; Hellmuth, Obata & Kassabaum (HOK); Honeywell; Jaros Baum & Bolles; Lawrence Berkeley Laboratory; Primavera Systems; Softdesk; Timberline Software Corp; e Tishman Research Corp.

1. **Industry Foundation Classes** (IFC), ISO 16739 – modelo de dados que define como trocar ou compartilhar informações de um edifício.
2. **International Framework for Dictionaries** (IFD), ISO-12006-3 (2007) – dicionário de dados que define qual informação do edifício será trocada e compartilhada.
3. **Information Delivery Manual / Model View Definition** (IDM/MVD), ISO-29481-1 (2010) – manual de informação que trata das definições dos processos de troca, especificando quando e quais informações serão trocadas ou compartilhadas.

Conforme Khemlani (2004) muito embora o estudo do IFC esteja bem documentado para os desenvolvedores de software, existem lacunas de conhecimento para o usuário normal da AEC que necessita trabalhar com ele.

Por esse motivo, o objetivo desse tópico é dar uma visão geral dos conceitos e do desenvolvimento desses três padrões e de sua importância para o desenvolvimento do BIM.

2.6.5 IFC

O desenvolvimento de um modelo de dados de edifícios é relativamente novo, de acordo com Khemlani (2004). A primeira aplicação concebida com esse conceito – pela companhia húngara Graphisoft – foi o *ArchiCAD*. A mais recente é o *Revit*, cuja companhia responsável pelo seu desenvolvimento, a Revit Technology Corporation, foi comprada pela Autodesk em 2002.

Existem também outras aplicações, como, por exemplo, *Bentley Architecture* e *Autodesk Architectural Desktop*, que desenvolveram seus modelos de dados de Edifícios sobre suas plataformas originais em CAD: *MicroStation* e *Auto CAD*, respectivamente.

Todas essas aplicações possuem suas estruturas internas de dados no “formato proprietário”, isto é, elas não podem compartilhar suas informações entre si, a menos que exista um tradutor para isso.

Eastman et al. (2008) explicam que o IFC foi desenvolvido para criar um grande conjunto de dados consistentes para representar um modelo de dados de um edifício, com o objetivo de permitir a troca de informações entre diferentes fabricantes de software na AEC.

O IFC surge nesse contexto como um modelo de dados de tradução, em formato “não proprietário”, disponível livremente para a definição de objetos na AEC. Porém, ele não padroniza as estruturas de dados em aplicações de software, restringindo-se apenas à padronização das informações compartilhadas.

A *buildingSMART* (2012d) define o IFC como um esquema de dados que torna possível conter dados e trocar informações entre diferentes aplicativos para BIM. O esquema IFC é extensível e compreende informações cobrindo as muitas disciplinas que contribuem para um edifício durante seu ciclo de vida: desde a concepção, o projeto, a construção até a reforma ou demolição.

O IFC está registrado pela *International Organization for Standardization* (ISO) como ISO-PAS-16739 (2005) e encontra-se em processo de se tornar uma norma oficial. Cada implementação de troca em IFC precisa seguir o que se entende por “requisitos de troca” (*exchange requirements*). Esses requisitos especificam a informação que precisa estar presente em uma troca de dados em determinado estágio de um projeto, prevenindo incertezas.

Por intermédio do IFC é possível também a criação de “vistas de informação”, ou subconjuntos de dados, apenas com os dados necessários para determinado domínio, através do processo de *Model View Definitions* (MVD).

A General Services Administration (2007) define o IFC como um esquema de especificações que fornece maneiras de definir e conhecer as informações, as relações e as propriedades específicas de objetos de um edifício contidas em um modelo BIM.

De acordo com Jim Steel, Drogemuller e Toth (2012), o IFC foi definido, do ponto de vista técnico, usando as especificações da norma ISO 10303 11 (1994) para modelagem e troca de dados, também conhecida como *Standard for the Exchange of Product Data* (STEP).

O STEP teve seu desenvolvimento iniciado em 1984 pela ISO, com o objetivo de definir normas para a representação e troca de informações de maneira geral, e é utilizado em vários domínios, como a engenharia mecânica e a indústria de *design*. As pessoas inicialmente envolvidas no esforço da STEP criaram a IAI para o desenvolvimento de padrões específicos para a AEC. Por essa razão, o IFC utiliza recursos baseados no STEP e usa a mesma linguagem de modelagem, denominada EXPRESS.

O STEP consiste em uma gama de especificações, tendo mais notavelmente uma linguagem para especificação do esquema de dados, STEP/EXPRESS, ISO 10303 11 (2004), na qual a

linguagem IFC é definida; um mapeamento, ISO 10303 21 (2002), para arquivos de texto que representam os modelos segundo o esquema de dados; um mapeamento, StepXML, ISO 10303 28 (2007), para arquivos no formato *Extensible Markup Language* (XML⁴); e um mapeamento para *Application Program Interface* (API⁵), ISO 10303 22 (1998), para acessar os modelos para programação, conhecido como *Standard Data Access Interface* (SDAI).

De todas essas tecnologias de mapeamento, a mais significativa em termos de interoperabilidade, de acordo com Jim Steel, Drogemuller e Toth (2012), é a ISO 10303 21 (2002), que define efetivamente o formato do arquivo IFC.

O desenvolvimento atual do modelo IFC está sob a responsabilidade do *Model Support Group*, coordenado pela *buildingSMART* (2012b). O IFC vem sendo desenvolvido desde 1997, quando foi lançada a versão 1.0, e após sucessivas e regulares atualizações encontra-se hoje na versão 2x4 *Release Candidate* (RC4), lançada no princípio de 2012. As versões vão sofrendo modificações e incrementos para poder representar cada vez mais entidades e relações no edifício e no seu ciclo de vida.

Por ser um formato de dados neutro e aberto, ele está disponível para as empresas de software desenvolverem exportações de dados em IFC. Para isso, a aplicação precisa ser “IFC compatível”, um processo de certificação fornecido pela *buildingSMART*. Atualmente existem aproximadamente 150 softwares certificados como “IFC compatíveis”.

Visão geral da arquitetura do IFC

Para o entendimento do IFC como um todo utilizaremos o esquema conceitual da Figura 13. Para a descrição simplificada dessa estrutura foram revistos e resumidos os conceitos de Eastman et al. (2008), Khemlani (2004) e o *site* de referência do IFC da *buildingSMART* (2012b).

⁴ XML é uma abreviação de *Extensible Markup Language*, uma linguagem criada para armazenar e transportar dados, definindo um conjunto de regras para a codificação de documentos que seja legível tanto para um homem quanto para um computador.

⁵ API é a abreviação de *Application Program Interface*, que é um conjunto de rotinas, protocolos e ferramentas para o desenvolvimento de softwares.

Figura 13: Visão geral do esquema IFC, versão 2x4

Fonte: Adaptado de buildingSMART (2012b)

Nessa estrutura estão representadas quatro camadas que serão descritas em uma leitura na sequência de baixo para cima: Camada dos Recursos → Camada do Núcleo → Camada de Interoperabilidade: Elementos Compartilhados → Camada dos Domínios.

Camada dos recursos

Essa camada é a base composta por entidades comumente utilizadas nos objetos da AEC, como geometria, topologia, materiais, medidas, agentes responsáveis, representação, custos, etc. De acordo com Eastman et al. (2008), como os dados em IFC são extensíveis, essas entidades que estão na base podem ser especializadas e serem criadas novas subentidades.

Camada do núcleo

Todas as entidades dessa camada derivam da raiz do IFC e contêm entidades abstratas que são referenciadas pelas camadas mais altas da hierarquia.

A camada do núcleo é subdividida e em quatro subcamadas de extensão: Controle, Produto, Processo e Núcleo⁶.

A subcamada núcleo (representada por um triângulo amarelo) fornece a estrutura de base, que são as relações e os conceitos fundamentais comuns para todas as especializações adicionais em modelos específicos e nos quais são definidos conceitos fundamentais como grupo, processo, produto, relacionamentos.

O esquema de extensão do produto (representado por um retângulo de cor laranja no centro) define componentes de construção abstratos, como espaço, local, construção, elemento.

O esquema de extensão de processo (representado por um retângulo de cor laranja do lado direito) capta ideias sobre o mapeamento de processos em uma sequência lógica do planejamento e programação de trabalho e das tarefas necessárias para a sua conclusão.

O esquema de extensão de controle (representado por um retângulo de cor laranja do lado esquerdo) trabalha com os conceitos relacionados ao controle do processo.

Camada de elementos compartilhados ou de interoperabilidade

Essa camada compreende as categorias de entidades que representam os elementos físicos de um edifício. É utilizada para compartilhamento de especialidades e de aplicações de manutenção e contém os elementos físicos de um edifício.

Ela possui definições de entidades como vigas, colunas, paredes, portas e outros elementos físicos de um edifício, assim como propriedades para controle de fluxos, fluidos, propriedades acústicas, entre outras.

⁶ O esquema IFC dá o nome Núcleo ao conjunto dessas quatro camadas, mas uma dessas camadas é também chamada de Núcleo.

Camada dos domínios

Essa é a camada de nível mais alto e lida com entidades de disciplinas específicas, como Arquitetura, Estrutura, Instalações, entre outras.

Como as entidades são definidas?

Para a demonstração desse conceito será utilizado um exemplo apresentado em um artigo de Khemlani (2004). Nesse exemplo serão utilizadas duas entidades básicas, uma “parede” e um “espaço”, e será visto como cada uma delas é representada individualmente e como a relação entre ambas é representada, conforme a Figura 14.

Na Figura 14, os retângulos representam as definições das entidades, mostrando alguns de seus atributos: os círculos pequenos representam as instâncias das entidades “parede” e “espaço”, e os losangos representam o relacionamento entre as entidades.

Figura 14: Entidade “parede” e entidade “espaço” no modelo IFC e suas relações

Fonte: Adaptado de Khemlani (2004)

Um entidade “parede” e outras entidades físicas, como lajes, vigas, pilares, etc., são definidas por uma hierarquia de entidades. Na prática, isso significa que a entidade “parede” (*IfcWall*) é definida como um subtipo da entidade “elementos do edifício” (*IfcBuildingElement*), que por sua vez é um subtipo da entidade “elemento” (*IfcElement*) e assim por diante, até a entidade “raiz” (*IfcRoot*).

Os atributos são associados com cada tipo de entidade e a entidade “parede” herda os atributos de todas as entidades acima, ou “entidades pai”, conhecidas como “supertipos”. Todas as entidades no nível superior nesse caso são abstratas, o que significa não ser possível criar uma instância de uma entidade desse tipo, motivo pelo qual essas entidades estão localizadas na camada do núcleo.

A entidade “parede”, no entanto, não é abstrata, significando que ela pode ser instanciada para criar os objetos “parede” que existem no modelo do edifício. Os atributos de uma parede, como seu tipo, forma, localização, quantidade, conexões, aberturas, etc., são, em sua maioria, primariamente definidos pelos seus “supertipos”.

Passando para a definição da entidade “espaço” (*ifcSpace*), definida como um subtipo de “elemento de estrutura espacial” (*ifcSpatialStructureElement*), esta, por sua vez, é um subtipo da entidade “produto” (*ifcProduct*), que também existe na hierarquia da entidade “parede”.

No caso da entidade “espaço”, todas as suas entidades supertipos são abstratas, e a entidade “espaço” herda todas as propriedades dos seus supertipos. Entretanto, da mesma forma que a entidade “parede” a entidade “espaço” não é abstrata e pode ser instanciada para criar os diferentes espaços do edifício.

Diferentes tipos de relações podem ser associadas às entidades usadas nesse exemplo. Uma relação de “agregação” pode ser aplicada para as instâncias da entidade “espaço”, para agrupá-las em um pavimento do edifício, e uma relação de “encapsulamento” pode ser aplicada para uma entidade “móvel”, para localizá-la dentro de um determinado espaço.

Se a entidade “parede” precisar ser associada à entidade “espaço”, uma relação de encapsulamento (*ifcRelContainedInSpatialStructure*) será aplicada. Como mostrado na Figura 16, o relacionamento ocorre nos níveis de *ifcElement* e *ifcSpatialStructureElement*, o que significa que qualquer outro elemento – parede, viga, coluna, porta, etc. – pode ser associado a uma estrutura espacial – um terreno, um edifício, um pavimento, um espaço.

Enquanto o formato Ifc permite criar todos esses tipos de relacionamento, a responsabilidade de garantir que essas relações sejam feitas de maneira adequada é do autor do aplicativo, que deverá exportar o modelo no formato Ifc.

Pelo fato de o Ifc ser flexível e não impor uma única forma de associação, uma parede deve ser associada a um espaço, mas pode também ser associada a um pavimento.

Ao mesmo tempo, uma aplicação que necessite encontrar uma parede que esteja associada a um espaço, se essa associação não tiver sido feita de maneira explícita, a aplicação provavelmente não a encontrará. Assim, é muito importante a forma como um arquivo IFC é criado para exportação por um aplicativo, constituindo um fator crítico do sucesso da interoperabilidade entre aplicações usando o Ifc.

Complexidade da linguagem IFC

A linguagem Ifc é muito extensa e complexa, conforme Jim Steel, Drogemuller e Toth (2012). A versão atual, 2x4 RC4, *buildingSMART* (2012d), inclui 126 tipos definidos, 206 tipos de enumeração, 59 tipos para seleção, 764 definições de entidades, 43 funções, 408 conjuntos de propriedades, 91 conjunto de quantidades e 1.691 propriedades individuais.

A complexidade da linguagem é exacerbada pela possibilidade de existirem formas alternativas de modelagem para um mesmo objeto: por exemplo, um bloco estrutural pode ser tanto modelado por uma representação limitada por quatro planos quanto pela extrusão de uma superfície e um vetor. Cada um desses objetos tem diferentes significados semânticos e, embora possam ter a mesma aparência na vista em 3D, eles terão tratamentos diferentes na ferramenta de análise estrutural.

Para casos em que o Ifc não tem um objeto em particular, a linguagem inclui um mecanismo de modelagem denominado *IfcProxy*⁷, que serve como mecanismo para sua extensão. Além da complexidade da linguagem, os modelos IFC tendem a ter tamanhos de arquivos bastante grandes, o que irá fazer com que a troca entre especialidades exija um servidor de modelos, assunto a ser explicado nos próximos tópicos.

A Figura 15 mostra o exemplo de um edifício com os modelos separados das especialidades de Arquitetura, Estrutura e Instalações e o modelo combinando as especialidades. Segundo os autores Jim Steel, Drogemuller e Toth (2012), a Figura 15 representa um piso de um edifício de 19 pavimentos, cujo modelo completo tem aproximadamente 360 megabytes de tamanho.

⁷ O *IfcProxy* se destina a ser um tipo de recipiente para encapsular objetos que se encontram definidos por propriedades associadas, as quais podem ou não ter uma representação geométrica e posição no espaço. Um *proxy* pode ter um significado semântico, definido pelo atributo Nome, e definições de propriedade, ligadas através da relação de atribuição de propriedade, cuja definição pode estar fora daquelas dadas pela versão atual do IFC.

Figura 15: Imagens do projeto Mango Hill/North Lakes Police Station

Fonte: Extraído de Jim Steel, Drogemuller e Toth (2012)

Conjunto de propriedades (*property sets*)

Para atender aos objetivos e ao escopo desta tese, os conjuntos de propriedades, ou *Property Sets*, serão abordados em maior profundidade do que as outras entidades IFC. Além disso, segundo Eastman et al. (2008) o tópico tem relevância, pois trata-se de um dos pontos em que o IFC coloca bastante ênfase.

Os conjuntos de propriedades sofrem atualizações ou complementações a cada nova versão do IFC. Por não ser o foco específico desta tese e visando também manter sua atualidade, dispensamos a elaboração de um anexo descrevendo cada um dos 408 conjuntos de propriedades, e entendemos ser melhor a consulta direta no *site* da *buildingSMART* – *buildingSMART* (2012d) –, que mantém um banco de dados atualizado para esse fim.

Segundo a definição da *buildingSMART*, os conjuntos de propriedades são uma entidade denominada (*IfcPropertySet*), que define dinamicamente propriedades extensíveis. O conjunto

de propriedades é uma classe que contém propriedades dentro de uma estrutura em árvore, sendo interpretadas de acordo com o seu atributo de nome.

Os conjuntos de propriedades definem um tipo particular de objeto e podem ser atribuídos aos objetos por meio de uma entidade de relacionamento denominada *IfcRelDefinedByProperties*. Se, contudo, o mesmo conjunto de propriedades é aplicado para mais de um objeto, ele pode ser atribuído por uma simples instância da entidade *IfcRelDefinedByProperties* para um conjunto de objetos relacionados. Nesse caso, esses conjuntos de propriedades são denominados “conjunto de propriedades compartilhadas”.

PropertySets são o conjunto de propriedades usadas em conjunto para definir materiais, desempenho e propriedades contextuais como vento, dados climáticos e geológicos. Existem *propertySets* para muitos tipos de objetos de um edifício, como telhados, paredes, janelas, fachadas em pele de vidro, vigas, reforços estruturais, etc. Além disso, muitas propriedades são associadas pelos seus diferentes comportamentos materiais, como propriedades térmicas, produtos de combustão, propriedades mecânicas e outras. O IFC inclui também propriedades para custo, tempo, levantamento de quantidades, espaços, segurança contra incêndio, utilização do edifício, entre outras.

De acordo com o glossário de definições constante no *site* da buildingSMART (2012d) , qualquer especialização de um objeto pode estar relacionada a múltiplas ocorrências de conjuntos de propriedades. Um conjunto de propriedades contém múltiplas ocorrências de propriedades, os tipos de dados da ocorrência de propriedades podem ser valores simples, valores enumerados, valores limitados, valores em uma tabela, valores referenciados, lista de valores e combinações dessas ocorrências de propriedades.

A Figura 16 ilustra um diagrama de instância⁸ que mostra o esquema geral para atribuição de conjunto de propriedades.

Figura 16: Diagrama de instância

Fonte: Extraído de buildingSMART (2012d)

Os conjuntos de propriedades se subdividem em três tipos específicos: conjuntos de propriedades para tipos, para desempenho e para quantidades.

1. Conjunto de propriedades para tipos⁹

Para tipos de objetos, os conjuntos de propriedades são definidos diretamente. A Figura 17 ilustra um diagrama de instância para o conjunto de propriedades para tipos.

Figura 17: Conjunto de propriedades para tipos

Fonte: Extraído de buildingSMART (2012b)

⁸ Observar que os termos da figura não estão traduzidos para a língua portuguesa, uma vez que a linguagem IFC como norma é escrita com seus termos no idioma inglês.

⁹ Tipos são constructos básicos de informação derivados de primitivas, enumerações ou seleção de entidades. Definição de buildingSMART (2012d). Essa definição está em conformidade com ISO-10303-11 (2004).

2. Conjunto de propriedades para desempenho

Para o histórico de desempenho, as propriedades estão em forma de série temporal, para permitir a rastreabilidade dos dados no tempo. A Figura 18 ilustra um diagrama de instância para o conjunto de propriedades para desempenho.

Figura 18: Conjunto de propriedades para desempenho

Fonte: Extraído de buildingSMART (2012b)

3. Conjunto de propriedades para Quantidades

Uma especialização de um objeto pode ser relacionada a múltiplas ocorrências de conjuntos de quantidades. Um conjunto de quantidades contém múltiplas ocorrências de quantidades. O tipo de dados da ocorrência de quantidades são contagem, comprimento, área, volume, peso, tempo ou a combinação de todos esses atributos. Cada quantidade é definida pelo seu nome, valor e, opcionalmente, pela fórmula que a caracteriza.

O conjunto de quantidades é expresso por instâncias de *IfcElementQuantity*, em que o nome determina o designador comum do conjunto de quantidade. A especificação contém um número de conjunto de quantidades pré-definidas e um modelo para a definição de cada uma delas. O atributo *MethodOfMeasurement* especifica o método pelo qual os valores das quantidades individuais são calculados. A Figura 19 ilustra um diagrama de instância para o conjunto de propriedades para quantidades.

Figura 19: Conjunto de propriedades para quantidades

Fonte: Extraído de buildingSMART (2012b)

O IFC e a interoperabilidade

A interoperabilidade é crítica para o sucesso do BIM. O desenvolvimento de padrões de dados abertos e o acesso “não-proprietário” para os dados do BIM é uma prioridade urgente para a indústria se quisermos evitar as ineficiências e os problemas recorrentes de reentrada de dados. A interoperabilidade permitirá o reuso de dados de projeto já desenvolvidos e assim garantindo consistência entre cada um dos modelos para as diferentes representações do mesmo edifício. Dados consistentes, acurados e acessíveis por toda a equipe de projeto irão contribuir significativamente para mitigar os atrasos e os custos adicionais. Ian Howell e Bob Batcheler¹⁰ em Howell e Batcheler (2004)

[...] Existe uma tendência para reduzir o problema da Interoperabilidade como apenas colocar cada pedaço de dados em todas as peças dos softwares. Isso é reducionista e útil. Phillip Bernstein, Vice-Presidente da Autodesk em 2007. McGrawHill (2007), p. 27

¹⁰ Ian Howell e Bob Batcheler são, respectivamente, CEO e Vice-Presidente Estratégico da Newforma), empresa australiana de softwares e com longa trajetória na indústria de softwares, tendo Howell participado da IAI e Batcheler da Autodesk.

Com essas afirmações, personalidades renomadas da indústria de softwares expressaram opiniões sobre a importância fundamental da interoperabilidade para o sucesso do BIM e mostraram ser ela não apenas uma questão de natureza técnica, muito embora esteja permeada pela tecnologia. Entendemos, pela afirmação, que a questão remete também ao aspecto da organização dos processos empresariais e da colaboração.

Os autores do relatório da McGrawHill (2007), por sua vez, definem a interoperabilidade em dois contextos, um técnico e um cultural.

No contexto técnico, ela é definida como a habilidade para gerenciar e comunicar produtos eletrônicos e dados de projetos entre empresas e dentro das empresas individuais de projetos, construção, manutenção e sistemas de processos de negócios, sendo que a mesma definição é feita pelo *National Institute of Standards and Technology* (NIST), em um relatório sobre os custos de interoperabilidade na AEC norte-americana, conforme Gallaher et al. (2004).

No contexto cultural, a interoperabilidade é definida como a habilidade em implementar e gerenciar relações colaborativas entre membros de equipes multidisciplinares que possibilitam o desenvolvimento de projetos de edifícios de forma integrada.

O'Brien e Marakas (2005) definem interoperabilidade como a capacidade de realizar aplicações de software utilizando diferentes tipos de sistemas computacionais, sistemas operacionais e softwares de aplicação específica interligados por diferentes tipos de redes locais ou remotas.

Jim Steel, Drogemuller e Toth (2012) consideram a interoperabilidade em quatro níveis:

1. **Interoperabilidade no nível de arquivos:** a habilidade de ferramentas de software em trocar de maneira bem-sucedida os seus arquivos;
2. **Interoperabilidade no nível de sintaxe:** a habilidade de ferramentas de software em analisar os modelos trocados sem a ocorrência de erros;
3. **Interoperabilidade no nível de visualização:** a habilidade de ferramentas de software em visualizar fielmente o modelo que está sendo trocado;
4. **Interoperabilidade semântica:** a habilidade de ferramentas de software em ter um entendimento comum do significado do modelo trocado. A interoperabilidade semântica é também entendida por O'Brien e Marakas (2005) como a capacidade de sistemas de software em interpretar a informação trocada automaticamente para produzir resultados que sejam considerados úteis para os usuários finais de ambos os sistemas.

Custos associados à falta de interoperabilidade

Um estudo bastante conhecido na bibliografia geral sobre o tema é o relatório do NIST, Gallaher et al. (2004).

Esse relatório, já em 2004, estimava um aumento de 15,6 bilhões de dólares nos custos na indústria devido à falta de interoperabilidade. O estudo estima que entre 0,86% e 1,24% dos custos da AEC estão diretamente relacionados à falta de interoperabilidade, estimando também que os proprietários de edifícios arcaram com aproximadamente dois terços desses custos.

Os agentes da AEC norte-americana percebiam, na época, que o problema poderia ser ainda maior do que o estudo do NIST sugeria, pois, através de uma pesquisa feita entre eles, documentada em McGrawHill (2007), foi estimada uma perda de 3% dos custos das construções relacionadas a problemas de falta de interoperabilidade.

Conforme o relatório da McGrawHill (2007), que se baseou no estudo do NIST, a estimativa do mercado da AEC, na época do estudo (2004), era da ordem de 1,2 trilhão de dólares, o que representaria 36 bilhões de dólares gastos anualmente com essa perda.

A McGrawHill (2007) extrapola o valor desses dados para o mercado mundial da AEC da época, estimado, segundo ele, em 4,6 trilhões de dólares e conclui que o desperdício pode extrapolar a cifra de 138 bilhões de dólares anuais.

O estudo da McGrawHill (2007), feito através de ampla pesquisa entre os seguintes agentes da AEC norte-americana: arquitetos, engenheiros, contratantes e proprietários levantou também as causas primárias, segundo a opinião desses agentes, dos custos dos problemas ocasionados pela falta interoperabilidade.

Dos pesquisados, 69% consideram a entrada duplicada de dados entre aplicações, considerando a mão de obra e o tempo gasto nesse esforço; 56% atribuem maior custo ao tempo despendido em softwares, que geram trabalhos redundantes; 46% incluem o tempo perdido na verificação das versões válidas de arquivos; e 41% consideram excessivo e dispendioso o tempo gasto para processar e responder às solicitações de informações dos agentes.

Um dos desafios da AEC, segundo Jim Steel, Drogemuller e Toth (2012), é o uso do BIM não apenas como ferramenta no processo de projeto, mas como interface para a troca de

informações entre os diversos agentes envolvidos durante a fase de projeto e durante todo o ciclo de vida do edifício.

Um projeto típico necessita de colaboração e troca de informações entre diferentes agentes, que tradicionalmente fazem essas trocas a partir de documentos e desenhos em CAD 2D.

Com o advento do BIM, cada um desses agentes irá implementar, dentro de suas organizações, modelos de informação como meio para a troca de informações; contudo esses agentes irão frequentemente utilizar ferramentas de software diferentes oriundas de fabricantes diversos, tornando essa diversidade um desafio e uma barreira para a integração plena dos processos dentro da AEC.

2.6.6 IDM e MVD

Esse tópico, ao descrever a IDM e MVD, tem por objetivo ressaltar a necessidade da transferência de informação estruturada entre os agentes da AEC para que os objetivos potenciais do BIM possam ser alcançados.

Introdução e histórico da IDM

Segundo Sacks et al. (2010), somente o IFC isoladamente não captura as maneiras pelas quais as informações são criadas e trocadas pelos agentes envolvidos no processo de projeto. Além disso, a falta de especificações mais precisas do conteúdo das informações que se processam nessas trocas dificulta a implantação de soluções tanto de softwares quanto de gestão dos processos.

De acordo com Karlshoej (2012), à medida que as classes IFC foram sendo desenvolvidas e implementadas em softwares pela buildingSMART, tornou-se claro que as necessidades específicas de informações para os diferentes tipos de negócios precisariam ser levadas em conta.

Com esse objetivo, um grupo de organizações formou o Projeto BLISS, buildingSMART (2012c), para desenvolver a versão 2 do IFC e criar subconjuntos do modelo de dados do IFC, facilitando a implementação de soluções específicas para diferentes modelos de negócios.

Esses subconjuntos de dados foram chamados de “vistas”, sendo mais tarde descritos como *Model View Definitions* (MVD). Durante o mesmo período foi desenvolvido o *Information Delivery Manual* (IDM).

A IDM se tornou uma norma ISO, ISO-29481-1 (2012) e foi desenvolvida pela *buildingSMART* como uma metodologia para capturar e especificar os processos de negócios durante o ciclo de vida de um produto.

De acordo com Berard e Karlshoej (2011), a IDM pode ser entendida tanto como um produto, para documentar a informação que necessita ser trocada para a execução de uma tarefa em um processo, quanto como uma metodologia, para modelar e estudar a reengenharia de processos. Enquanto produto, a IDM é uma extensão da *Business Process Model and Notation* (BPMN). O conceito aprofundado da BPMN está em Muehlen e Recker (2008) e IDMteam (2007).

Ao contrário de outros métodos de modelagem de linguagem de processos, a IDM não tem foco em produtos de informação, como documentos, mas em uma descrição em profundidade de elementos de informação, como atributos, e a troca desses atributos através de modelos de informação orientados para objetos.

Wix (2007) conceitua a IDM como uma metodologia capaz de estruturar processos de negócios em empreendimentos da construção civil, permitindo o desenvolvimento das especificações detalhadas das informações necessárias para as trocas entre os agentes envolvidos.

Segundo Bazjanac (2002), o uso da IDM requer conhecimentos aprofundados nos seguintes pontos: processos de negócios que ocorrerão entre os agentes; ferramentas BIM que poderão ser usadas nos projetos; e capacidades e limitações da IDM em relação à especificação dos seus arquivos em IFC.

A importância da IDM tem crescido na indústria de software e entre pesquisadores, como uma forma de estudar processos e propor a sua reengenharia com vistas a otimizar o fluxo das informações.

A *buildingSMART* (2012e) relaciona 98 IDMs que estão em desenvolvimento, quatro delas aprovadas. Na revisão bibliográfica encontramos exemplos de aplicação da IDM ao concreto pré-moldado, nos trabalhos de Jeong et al. (2009) e Panushev, Sacks e Eastman (2010); sugestões para sua implementação, em Eastman et al. (2010); melhorias, em Sacks et al. (2010) e estudos para o processo de licitação e contratação de obras, em Berard e Karlshoej (2011).

Arquitetura da IDM

De acordo com Wix (2007), a IDM pode ser compreendida como uma metodologia que combina dois domínios: o dos usuários, no qual ela é trabalhada como metodologia, em forma não técnica; e o dos desenvolvedores dos softwares, no qual ela é trabalhada como tecnologia, em forma técnica, através do uso de MVD.

No domínio dos usuários, ela é simples de ser entendida, pois descreve de maneira não técnica os processos que ocorrem na AEC e especifica as informações que precisam ser fornecidas por esses usuários. No domínio dos desenvolvedores de software, conforme Wix (2007), ela identifica e divide o processo de forma funcional e detalhada, descrevendo quais recursos do IFC deverão suportar cada parte do processo em termos de entidades, atributos e conjuntos de propriedades.

A arquitetura básica da IDM está representada na Figura 20 e suas partes serão detalhadas ao longo do próximo trecho.

Figura 20: Arquitetura da IDM

Fonte: Adaptado de Wix (2007)

Mapas de processo (representados por um retângulo azul): descrevem o fluxo das atividades para um processo de negócios em particular e permitem o entendimento da configuração das atividades que compõem o trabalho como um todo; identificam também os agentes envolvidos e a informação requerida, consumida e produzida. Um mapa de processo identifica: o início e o término de um evento no processo; os eventos nos quais as trocas de informações ocorrem; e os momentos de tomada de decisão.

A notação adotada na IDM para mapear os processos é a BPMN, por ser a mais adequada, de acordo com WIX (2007), para representar os diferentes agentes, o processo de negócio em si e a definição da informação.

Requisitos de trocas entre agentes (representados por retângulos roxos): são um conjunto de informações que precisam ser trocadas para suportar um requisito particular de um processo de negócios em determinado estágio de um projeto; os requisitos descrevem as informações em formato “não técnico”, que são baseadas nos conhecimentos dos especialistas da área envolvida.

Partes funcionais (representadas por hexágonos marrons): são uma unidade de informação utilizada pelos desenvolvedores de software para dar suporte a um requisito de troca. Uma parte funcional é um esquema completo, em sua definição, e um subconjunto de um modelo de dados IFC na qual está baseada.

Regras de negócios (representadas por círculos verdes): são as restrições a serem aplicadas ao conjunto de dados dentro de um determinado processo.

Testes de verificação (representados por losangos vermelhos): são os testes realizados entre os softwares para verificar a precisão do seu suporte para os requisitos de troca.

Para atingir os objetivos desta tese, serão aprofundados, a seguir, os conceitos de mapas de processo e requisitos de troca de informações.

Mapas de processo para a IDM

Um mapa de processo tem como propósito descrever o fluxo de atividades de um processo de trabalho com o objetivo de esclarecer e unificar o conhecimento de todos os agentes integrados na forma como o trabalho é desenvolvido.

Os pré-requisitos de um mapa de processo são: objetivo; entradas de informações, originadas de requisitos de troca e de outras fontes de informação; saídas de informações especificamente destinadas a outros requisitos de troca; conjunto de atividades que precisa ser desenvolvido em determinada sequência prévia; e pontos de tomada de decisão.

Um mapa de processo típico apresenta os seguintes componentes, especificados e numerados na legenda da Figura 21.

Figura 21: Componentes principais de um mapa de processo para IDM

Fonte: Adaptado de Wix (2007)

Componentes (identificados nas legendas da Figura 21 com número dentro de retângulos)

1. Cada mapa de processo é desenvolvido em uma única “piscina” (1), cujo objetivo é identificar cada projeto como uma “organização única” e cada agente como um participante dessa organização.
2. As atividades de cada um dos agentes são representadas em “raias” (2) dessa “piscina”; o modelo da informação é tratado como um agente em separado e tem sua própria “raia”.
3. Um requisito de troca (3) é sempre mostrado como um objeto dentro da “raia” do modelo da informação.
4. A solicitação de um requisito de troca de informação é sempre mostrada por um “evento mensagem” (4) dentro da sequência de um fluxo; observar que essa regra vale para as operações de entrada ou de saída de informações do modelo de informação.
5. Um “ponto de coordenação” (5) sempre sucede uma troca de informações com o modelo, pois para esse ponto convergem diversas trocas de informações trazidas para exame, considerações ou ações.

Para exemplificar um caso real, a Figura 22, extraída de Panushev, Sacks e Eastman (2010), mostra trecho de um mapa de processos de uma IDM desenvolvida para projeto de concreto pré-moldado. Esse mapa de processos apresenta também, nos campos definidos por linhas

verticais, a sucessão das diversas etapas do processo ao longo do tempo; no caso, o processo foi dividido nas seguintes fases: aquisição, desenvolvimento do produto, fabricação e montagem.

Figura 22: Mapa de processo para IDM de concreto pré-moldado

Fonte: Extraído de Panushev, Sacks e Eastman (2010)

Requisitos de troca (*Exchange requirements*)

De acordo com Wix (2007), os requisitos de troca são conjunto de informações que precisam ser trocadas entre os agentes e são definidos em forma “não técnica”, basicamente respondendo às seguintes questões propostas pelo autor:

1. **Quem:** designa o requisitante das informações, ou seja, o agente que requisita a informação para dar suporte a um processo ou a uma tomada de decisão;
2. **Por quê:** explicita o que torna a informação importante para uma atividade de projeto;

3. **Quando:** especifica a fase do projeto em que a informação é necessária;
4. **O quê:** define o conjunto de dados em BIM que dá suporte ao requisito;
5. **De quem:** indica os agentes ou grupo de agentes que enviam as informações requisitadas.

O conjunto de requisitos de troca entre os agentes é denominado “modelo de troca”. Eastman et al. (2009) definem os modelos de troca entre os agentes em três níveis:

1. **Descrições do modelo de troca:** descrição em um texto curto, para dar uma visão geral do conteúdo e do propósito do modelo de troca;
2. **Especificações do modelo de troca:** uma especificação completa do modelo de troca, definida nos termos das informações a serem trocadas e apresentadas, juntas com outros modelos de troca que pertencem ao mesmo caso no mapa de processo;
3. **Uma visão composta** de todos os modelos de troca em um gráfico simples, de maneira a permitir que eles sejam comparados e revistos.

Sacks et al. (2010) sugerem iniciar a construção do modelo de troca através de um modelo a ser preenchido em cada caso de troca, conforme a Tabela 5.

Tabela 5: Modelo para requisitos de troca

Fase do projeto	Especifica a fase do projeto, segundo a <i>OmniClass</i> ? ¹¹
Disciplinas envolvidas na troca	Identificar os agentes envolvidos nessa troca Descrever o número e o nome segundo critério da <i>OmniClass</i>
Descrição	Descrição verbal: <ol style="list-style-type: none"> 1. Do propósito da troca; 2. Do conteúdo requerido para a troca; 3. Dos conteúdos opcionais da troca; 4. Citar os softwares envolvidos na troca; 5. Indicar se as trocas são de ida e volta ou numa única direção.
Modelos de troca	Outras trocas que interagem com essa (trocas predecessoras e

¹¹ As *OmniClass* são um sistema de classificação das informações de um edifício e serão detalhadas nos capítulos posteriores desta Tese.

relacionados sucessoras)

Fonte: Extraído de Sacks et al. (2010)

Os mesmos autores apresentam um exemplo real de preenchimento dessa tabela de requisitos, conforme a Tabela 6.

Tabela 6: Exemplo de Tabela de requisitos

Estudos preliminares do Projeto Estrutural	
Fase do projeto	Descrição preliminar do projeto
Disciplinas envolvidas na troca	Arquitetura
	Construção
	Fabricante do produto
Descrição	<ol style="list-style-type: none"> 1. O propósito é definir e rever o projeto estrutural básico em termos de cargas verticais, maiores esforços e apoios das fundações. 2. O conceito do modelo de arquitetura envolve o <i>layout</i> básico do espaço do edifício, incluindo as fachadas e a forma do edifício, podendo identificar lugar com potencial específico para a transferência de cargas verticais. 3. Ele pode envolver a definição dos principais acabamentos de arquitetura, a seleção dos sistemas estruturais, a modulação da estrutura e a análise da implantação no terreno. 4. <i>Revit, Archicad, SDS/2, Tekla.</i> 5. As trocas podem ocorrer tanto em ida e volta como em ida única.
Modelos de troca relacionados	A_EM.1, P_EM.1, S_EM.1 (que são, nesse caso do estudo, outros modelos que estão sendo referenciados no desenho completo)

Fonte: Extraído de Sacks et al. (2010)

A partir do estudo para uma IDM do processo do concreto pré-moldado, Eastman et al. (2009) explicam que as especificações do modelo de troca devem ter descrições detalhadas, que são inicialmente identificadas nos mapas de processo e depois definidas em textos genéricos nas descrições do modelo de troca. Finalmente, as especificações de troca são relacionadas em termos de itens de informação que elas podem conter. Todos os itens de informação

disponíveis para o domínio do estudo (no caso, o concreto pré-moldado) são organizados hierarquicamente em grupos de itens de informação, conjunto de atributos e atributos, definidos a seguir:

1. **Grupos de informação:** são as classes maiores de objetos em um edifício, como o terreno, os edifícios, peças pré-moldadas, aberturas, armaduras, etc.;
2. **Itens de informação:** são exemplos específicos dos membros de cada grupo de informação. Eles são definidos tendo como base que cada item de informação dentro de um grupo de informação possui os mesmos atributos;
3. **Conjunto de atributos:** são grupos de propriedades usadas para descrever um grupo de informação.
4. **Atributos:** são as propriedades necessárias para definir de maneira completa o grupo de informação.

A Figura 23 exemplifica uma especificação para um modelo de troca a partir da pesquisa realizada por Eastman et al. (2009) para uma IDM dos processos do concreto pré-moldado.

Figura 23: Exemplo de tabela de especificação de modelo de troca

Grupo de informação	Itens de informação	Conjunto de atributos	Atributos		P_EM.1	P_EM.2	P_EM.3
Fundações	Eixos da fundação	Forma	Geometria	Exigida?	R	R	R
	Coroamento			Deformações?	A	A	D
	Posição das vigas nos eixos			Função	V	F	E
	Paredes de contenção			Nível de detalhe	L	M	H
	Coroamento das estacas			Acuracidade	P	P	C
	Estacas			Exigida?	O	O	R
		Tipo	Tipo estrutural	Exigida?	R	R	R
		Fornecedor	Fornecedor	Exigida?	O	O	O
		Material	Tipo de material	Exigida?	R	R	R
			Quantidades	Exigida?	O	O	R
		Relações de montagem	Parte de qual sistema estrutural	Exigida?			R
		Relações de inclusão	Contém	Exigida?			O
			Conexões para conter	Exigida?			O
		Relações de conexão	para pré-moldado	Exigida?			O
			para aço	Exigida?			O
		Metadados	autor, versão, data	Exigida?			O
			autor, versão, data	Exigida?			O

Fonte: Traduzido de Eastman et al. (2009)

As respostas são identificadas por uma legenda cujas letras significam a resposta para cada um dos atributos, e foram mantidas as iniciais da língua inglesa descritas na Figura 24.

Para a compreensão dessa tabela verificamos que está sendo estudado o grupo de informações para as fundações. Na coluna em seguida temos os itens que pertencem às fundações, como eixos, estacas, coroamento, etc.; a seguir são relacionados os atributos necessários, como

forma, tipo, fornecedor, etc., e finalmente vêm os atributos que irão constar na troca. Os itens com os nomes P_EM.1, P_EM.2, P_EM.3 são os conjunto de modelos de troca que estão colocados juntos, conforme a metodologia recomendada.

Figura 24: Códigos utilizados na tabela dos Modelos de Troca

	Variáveis	Códigos para os valores		
Grupo de informação ou atributo	Exigido / opcional (<i>R</i> equired/ <i>O</i> ptional)	R	O	
Deformações geométricas	Sem deformação / Deformado (<i>A</i> s Cast / <i>D</i> eformable)	A	D	
Função geométrica	Visível/Referenciável/Editável (<i>V</i> iewable / <i>R</i> eferenceable / <i>E</i> ditable)	V	R	E
Acuracidade da geometria	Plana / Curva (<i>P</i> lanar / <i>C</i> urved)	P	C	
Nível de detalhe da geometria	Nível de detalhe alto/médio/baixo (<i>H</i> igh, <i>M</i> edium, <i>L</i> ow)	H	M	L

Fonte: Adaptado de Eastman et al. (2009)

2.6.7 IFD

Bjorkhaug e Bell (2007) definem *International Framework for Dictionaires* (IFD) como uma estrutura¹² internacional para dicionários. Os autores estendem o conceito de dicionários para uma “estrutura internacional para ontologias”.

A buildingSMART (2011) define o IFD, na sua forma mais simples, como um mecanismo que permite a criação de dicionários em múltiplas línguas ou ontologias.

O IFD está normatizado pela ISO-12006-3 (2007); é um modelo escrito na linguagem EXPRESS. Segundo Bjorkhaug e Bell (2007), o modelo é simples sob a perspectiva dos implementadores, mas, por ser muito flexível, pode resultar em várias implementações diferentes.

Os mesmos autores explicam que o IFD não é um único sistema de classificação uniforme, pois ele pode conter múltiplos sistemas de classificação em sua estrutura. O IFD não é uma alternativa para o IFC, e sim um suplemento.

¹² Adotamos na tradução o termo “estrutura”, em vez de “moldura”, que seria a tradução literal para *framework*.

O IFD como dicionário

De acordo com Bjorkhaug e Bell (2007), o IFD, entendido como dicionário, separa o conceito dos nomes e das linguagens. Ele não é um mapeamento de palavras de uma linguagem para palavras em outra linguagem, mas um mecanismo em que o “conceito” em si é uma coisa separada, conectado apenas com as palavras que o descrevem a partir de relações.

A Figura 25 ilustra melhor esse conceito com um exemplo.

Figura 25: O IFD consegue capturar o que um dicionário comum não consegue

Fonte: Extraído de Bjorkhaug e Bell (2007)

No exemplo, a palavra “*dør*”, em norueguês, seria traduzida em um dicionário comum por “*door*” (“porta” em Inglês). Porém, ao estudar o conceito, os autores observaram que em norueguês o termo “*door*” refere-se à porta e sua moldura, enquanto o mesmo termo em inglês refere-se apenas à folha da porta. Em norueguês o termo “*dør*” deve ser então traduzido, para manter o significado original de “*door set*” (folha da porta e seu conjunto de componentes). No IFD, isso é possível separando o conceito dos nomes e das descrições utilizados para defini-lo.

Apesar dos problemas que advêm do fato de uma palavra poder conter múltiplos significados, muitas trocas de informações são feitas usando etiquetas ou “*name tags*”. Para eliminar esse problema, o IFD oferece um identificador único, conhecido como *Global Unique Identifier* (GUID). A ideia da utilização dos GUIDs é que, em vez de se fazer a troca de informações por palavras, ela seja feita apenas pelo GUID, necessitando para isso que o software que irá receber as informações tenha os dicionários dos GUIDs implementados ou tenha acesso à biblioteca aberta do IFD na internet.

2.6.8 Sistemas de classificação da informação do edifício

Para auxiliar a organização dos processos da AEC e do BIM foram criados diversos sistemas de classificação da informação do edifício. A importância de um sistema de classificação em BIM, em que todos os objetos de um edifício se vinculem de modo a facilitar a interoperabilidade, é destacada por Amorim (2011).

Nesse tópico serão apresentados os principais sistemas de classificação que auxiliam a organizar o BIM¹³: *OmniClass*, *Uniformat*, *MasterFormat*, *Unified Classification for the Construction Industry* (Uniclass) e *Electronic Product Information Cooperation* (EPIC).

Amorim e Silva (2010) organizam esses modelos de acordo com suas características:

1. **Masterformat**: classificação hierárquica
2. **Uniformat**: classificação facetada
3. **Omniclass**: classificação hierárquica + facetada

OmniClass

A *OmniClass* é um sistema de classificação das informações geradas no contexto da AEC. Ela se destina a ser uma base unificada para todo o ciclo de vida de uma edificação, e o objetivo do seu desenvolvimento é ser um meio para organizar, classificar e recuperar as informações em aplicativos baseados em bancos de dados relacionais.

A base da *OmniClass* é a norma ISO-12006-3 (2007) já traduzida para o português, ABNT-NBR-ISO-12006-2 (2010), como “Construção de edificação: Organização de informação da construção – Parte 2: Estrutura para classificação de informação”.

Segundo Amorim e Silva (2010), o sistema *OmniClass* mescla elementos e componentes a sistemas e conjuntos, fornecendo uma estrutura para base de dados que aborda desde a organização de bibliotecas de materiais e produtos até a organização sobre o projeto.

A *OmniClass* é considerada pelos autores uma classificação multifacetada, pois utiliza informações e conceitos de outros sistemas de classificação para compor suas tabelas: o *MasterFormat*, para classificar os resultados do trabalho, o *Uniformat* para classificar os sistemas e componentes de um edifício e o EPIC para os produtos.

¹³ Em virtude do foco desta Tese, serão mais detalhados os sistemas *OmniClass* e *Uniformat*, os demais serão apenas referenciados.

Amorim e Silva (2010) relacionam as seguintes vantagens da *OmniClass* para a AEC: auxilia o gerenciamento do projeto – especialmente custos e suprimentos; facilita a comunicação entre os diversos sistemas do setor construtivo – interoperabilidade; e facilita os comparativos entre as bases conceituais de sistemas estrangeiros distintos – intercambialidade. Para o desenvolvimento do BIM, os autores relacionam vantagens nos seguintes processos de trabalho: orçamentação; controle de custos; colaboração; especificação; controle do desenvolvimento do empreendimento; e rastreabilidade.

A *OmniClass* é formada por 15 tabelas hierárquicas, cada qual representando um aspecto diferente da informação na construção que pode ser utilizado de forma independente ou combinado com informações de outras tabelas para assuntos de maior complexidade. Essas tabelas estão descritas na Tabela 7.

Tabela 7: Relação de tabelas da OmniClass

Série	Tabela	Descrição
10	11	Entidades de construção pela função
	12	Entidades de construção pela forma
	13	Espaços pela função
	14	Espaços pela forma
20	21	Elemento
	22	Resultados do trabalho
	23	Produtos
30	31	Fases
	32	Serviços
	33	Disciplinas
	34	Funções organizacionais
	35	Ferramentas e equipamentos
40	41	Materiais
	49	Propriedades

Fontes: OmniClass (2006); CSI (2012b).

A Figura 26 ilustra os conceitos da OmniClass.

Fonte: Documento extraído de ABNT-CEE 134: Modelagem da Informação na Construção

Unifomat

O *Unifomat* é um sistema de classificação para a organização de informações de construção, com foco nos sistemas funcionais de um edifício organizados em uma ordem e sequência padronizada, segundo OmniClass (2006), sem a preocupação de identificar as soluções técnicas de projeto que as compõem.

É uma norma ASTM-E1557-09 (2005) desenvolvida e mantida pelo *Construction Specifications Institute* (CSI) e pelo *Construction Specifications Canada* (CSC).

O sistema é organizado em três níveis: o nível 1 compreendendo os maiores grupos de elementos do edifício; o nível 2 detalhando os maiores grupos em grupos menores; e o nível 3 chegando ao nível de cada um dos elementos individuais do edifício.

A classificação foi traduzida e está descrita na Tabela 8.

Tabela 8: Classificação Unifomat para elementos do edifício

Nível 1	Nível 2	Nível 3
Maiores grupos de elementos	Grupos de elementos	Elementos individuais
A INFRAESTRUTURA	A10 Fundações	A1010 Fundações comuns
		A1020 Fundações especiais
		A1030 Lajes inclinadas
	A20 Construção do subsolo	A2010 Escavação de subsolo
		A2020 Paredes cortina de subsolo
B ENVOLTÓRIA	B10 Superestrutura	B1010 Construção do piso
		B1020 Construção da cobertura
	B20 Fechamento externo	B2010 Paredes externas
		B2020 Janelas externas
		B2030 Portas externas
	B30 Cobertura	B3010 Acabamentos da cobertura
		B3020 Aberturas da cobertura
C INTERIORES	C10 Construções internas	C1010 Vedações
		C1020 Portas internas
		C1030 Acessórios
	C20 Escadas	C2010 Construção da escada
		C2020 Acabamentos da escada
	C30 Acabamentos internos	C3010 Acabamentos de paredes
		C3020 Acabamento de pisos
		C3030 Acabamento de forros

Nível 1			Nível 2			Nível 3		
Maiores grupos de elementos			Grupos de elementos			Elementos individuais		
D	SERVIÇOS		D10 Transporte			D1010	Elevadores	
						D1020	Escadas rolantes	
						D1090	Outros sistemas de transporte	
			D20 Sistemas Hidraulicos			D2010	Fixação de tubulações	
						D2020	Distribuição doméstica de água	
						D2030	Esgoto sanitário	
						D2040	Drenagem de águas pluviais	
						D2090	Outros sistemas hidráulicos	
			D30 Sistemas de Ar condicionado			D3010	Suprimento de energia	
						D3020	Sistemas de geração de calor	
						D3030	Sistemas de refrigeração	
						D3040	Sistemas de distribuição	
						D3050	Terminais	
						D3060	Controles e instrumentação	
						D3070	Testes e balanceamento	
						D3090	Outros sistemas	
			D40 Proteção contra incêndio			D4010	Sprinklers	
						D4020	Tubulações	
						D4030	Sistemas especiais de proteção	
						D4090	Outros sistemas	
			D50 Sistemas Elétricos			D5010	Distribuição elétrica	
						D5020	Iluminação e fiação	
						D5030	Comunicações e segurança	
						D5090	Outros sistemas	

Nível 1		Nível 2		Nível 3	
Maiores grupos de elementos		Grupos de elementos		Elementos individuais	
E	EQUIPAMENTOS E MOBILIÁRIO	E10 Equipamentos		E1010	Equipamentos comerciais
				E1020	Equipamentos institucionais
				E1030	Equipamentos de veículos
				E1090	Outros equipamentos
		E20 Mobiliário		E2010	Mobiliários fixos
				E2020	Mobiliários removíveis
F	CONSTRUÇÃO ESPECIAL E DEMOLIÇÃO	F10 Construção especial		F1010	Estruturas especiais
				F1020	Construções integradas
				F1030	Sistemas de construções especiais
				F1040	Sistemas de instalações especiais
				F1050	Controles especiais e instrumentação
		F20 Demolição seletiva		F2010	Demolição de elementos do edifício
				F2020	Demolição de elementos perigosos
G	CANTEIRO DE OBRAS	G10 Preparação do canteiro		G1010	Limpeza do terreno
				G1020	Demolições
				G1030	Site Earthwork
				G1040	Remoção de resíduos perigosos
		G20 Melhorias do canteiro		G2010	Acessos
				G2020	Estacionamento
				G2030	Acessos para pedestres
				G2040	Desenvolvimento do canteiro
				G2050	Paisagismo
		G30 Utilidades civis e mecânicas		G3010	Suprimento e distribuição de água
				G3020	Sistemas de esgotos sanitários
				G3030	Captação de águas de chuva
				G3040	Distribuição de aquecimento
				G3050	Distribuição de resfriamento
				G3060	Distribuição de combustível
				G3090	Outras utilidades
		G40 Utilidades elétricas do canteiro		G4010	Distribuição elétrica
				G4020	Iluminação do canteiro
				G4030	Comunicações e segurança
				G4090	Outras utilidades elétricas
		G50 Outras construções		G5010	Túneis
				G5090	Outros sistemas e equipamentos

Fonte: Traduzido de ASTM E1557 (2005)

MasterFormat, Uniclass e EPIC

Segundo OmniClass (2006), o *MasterFormat*, CSI (2012a), é um dos sistemas precursores de classificação de informações, desenvolvido inicialmente em 1963, e constitui a base da Tabela 22 da OmniClass, “Resultados do Trabalho”.

O *Uniclass*, um sistema inglês equivalente ao *OmniClass* desenvolvido com base nas normas ISO 12006 2 (2001) e ISO 12006 3 (2007), foi um dos pontos de partida para o desenvolvimento da *OmniClass*, que utilizou partes para montar sua estrutura.

O sistema EPIC é um padrão para a troca de informações entre bancos de dados de produtos para a construção, encontra-se na versão 2 lançada em 1999 e teve como base para a sua estrutura a norma ISO 12006 2 (2001).

Ele é a base das tabelas 23 (Produtos), 41 (Materiais) e 49 (Propriedades) da *OmniClass*.

2.6.9 Modelagem, coordenação e nível de desenvolvimento do modelo (LOD)

A natureza do processo de projeto é variável. Nos primeiros estágios de desenvolvimento, o conteúdo das informações tem alto impacto na solução final e, à medida que o processo caminha para os estágios mais avançados, esse impacto diminui, correspondendo à passagem de um estado menos estruturado, de maior incerteza, no qual preponderam as negociações, para um estágio mais estruturado, em que há um aumento da complexidade do fluxo das informações com um número crescente de agentes, conforme Figura 27.

Figura 27: A natureza variável do Processo de Projeto

Fonte: Adaptado de Austin et al. (2002)

Moum (2008) afirma que a natureza complexa do processo de projeto ainda não é totalmente compreendida. De acordo com Kalay (2004), a síntese das soluções de projeto é caracterizada pela incerteza e imprevisibilidade, pela alegria da descoberta e pela frustração das descobertas infrutíferas.

O processo de projeto e sua gestão vêm enfrentando diversos desafios naquilo que Wikforss (2003) apud¹⁴ Moum (2008) chama de *big bang* das formas tradicionais de trabalho da AEC e rápido desenvolvimento da indústria da TI.

Chastain, Kalay e Peri (2002) descrevem dois paradigmas relacionados ao encontro entre a prática do projeto e o mundo digital. Eles dão o nome de primeiro paradigma à tentativa de colocar um pino quadrado em um buraco redondo, descrevendo com isso o problema da adaptação das novas tecnologias para a prática corrente e indicando a incompatibilidade entre as atividades de projeto – os buracos – e as ferramentas aplicadas – os pinos.

Essa incompatibilidade pode ser causada por uma falha no entendimento das atividades dos projetistas ou pela substituição das ferramentas tradicionais por novas, mas com qualidades inadequadas.

O segundo paradigma é por eles chamado de carruagem sem cavalos: caracteriza a “mudança de percepção de uma prática que se transforma em relação a uma nova tecnologia”, em que a “tarefa de transposição é descrita através das lentes de uma tecnologia prévia”. As ferramentas utilizadas pelos projetistas estão mudando com o desenvolvimento de novas tecnologias, mas sem uma reflexão e análise de como isso pode afetar a prática do processo de projeto e de sua gestão.

Associando o processo de projeto com o BIM, Bedrick (2008) comenta que o projeto é um processo de aproximações sucessivas que se movem em direção a uma informação cada vez mais precisa; porém, a representação dos objetos em BIM é intrinsecamente precisa e exata, mesmo quando não necessário! Por esse motivo, pode-se ter uma falsa indicação da precisão em determinado ponto do processo de projeto.

Aliado a essa característica existe o fato de que o BIM pode ser utilizado para vários propósitos – custos, cronogramas, desempenho, simulações, etc. – alguns desses propósitos podendo não ter sido previstos pelo criador do modelo. Conclui o autor que a precisão e a

¹⁴ O texto original foi escrito em sueco, razão pela qual utilizamos a citação do autor, extraída de outro autor que pesquisou diretamente a fonte.

adequação do modelo BIM necessitam de uma estrutura conceitual para a definição prévia dos objetivos do projeto e consequentemente dos estágios de progressão do modelo durante o ciclo de vida.

2.6.10 Conceitos básicos do processo de modelagem

Modelos como simplificações da realidade

A criação de um modelo de informações de um edifício é um processo social, coletivo e interativo e a produção do modelo do edifício irá requerer habilidades técnicas relacionadas tanto ao conhecimento específico da especialidade envolvida quanto aos conhecimentos e às habilidades necessárias para a produção do modelo de informação, conforme Moum (2008).

Nederveen, Beheshti e Gielingh (2010) entendem que para o processo de projeto ser desenvolvido de maneira eficiente é necessário que sejam criados modelos BIM individuais para cada disciplina, na qual a informação do edifício possa ser descrita de forma adequada para cada um dos agentes.

Vernadat (1996) define modelo como uma representação útil de um determinado tema. O modelo é uma abstração formal da realidade ou do universo do discurso expresso em termos formais através da modelagem de constructos para os propósitos do usuário. Em outras palavras, Minsk (1968) assim o define: A é um modelo da realidade B para um observador C, desde que C possa usar A para obter a informação em B.

Mayer, Painter e de Witte (1992) definem modelo como um sistema caracterizado por objetos, propriedades e relações. Ele é projetado com uma estrutura particular para imitar ou reproduzir conjuntos de características do mundo real. O poder de um modelo vem de sua habilidade em simplificar os sistemas reais que ele representa e de sua capacidade de previsão do comportamento do sistema real a partir de simulações feitas por ele.

De acordo com os conceitos anteriormente definidos, o modelo de informações do edifício precisa estar a serviço das necessidades de todos os agentes durante o ciclo de vida. Portanto, em um modelo BIM, todas as disciplinas precisam ver as paredes, os pisos e as janelas e o modelo precisa sustentar esses conceitos.

Como na prática os agentes têm diferentes interesses e visões do problema e, para manter os seus próprios modelos o mais simples possível, é necessário ignorar muitos aspectos e detalhes considerados irrelevantes. Essas abstrações são denominadas “vistas em um modelo BIM”, conforme Nederveen, Beheshti e Gielingh (2010).

Os modelos das disciplinas individuais em BIM são na prática representações simplificadas da realidade atuando como filtros das informações irrelevantes, mostrando apenas a informação essencial – de uma maneira útil – para uma atividade.

Porém, como um projeto é um processo colaborativo, cada disciplina precisa ser apoiada por um modelo referencial contendo as informações das outras disciplinas e que possa ser compartilhado por todos os agentes. Uma forma conceitual aparentemente simples de tratar com as vistas específicas é tratá-las como submodelos de um modelo referencial compartilhado. Por esse conceito, o modelo compartilhado contém informações a partir da união de cada um dos modelos individuais, conforme Figura 28.

Figura 28: Conceito de modelo compartilhado

Fonte: Adaptado de Nederveen, Beheshti e Gielingh (2010)

2.6.11 Modelagem de requisitos, funções e atividades

A modelagem da geometria é uma das partes essenciais do processo de modelagem do edifício, mas não é única, e uma das características que distinguem um modelo BIM de um modelo convencional em 3D é a possibilidade da criação de propriedades.

Um edifício é composto por pavimentos, cômodos, paredes, janelas, etc. Todos esses objetos têm propriedades como dimensões, materiais, etc.

Porém, na raiz da questão devemos refletir o “porquê” de um edifício ser constituído por elementos xyz ou o “porquê” de uma parede ter dimensões e ser feita de material abc.

De acordo com Nederveen, Beheshti e Gielingh (2010), esse tipo de informação normalmente é dado em termos de funções e requisitos.

As informações sobre os requisitos e funções são essenciais quando se necessita avaliar um edifício, tanto na sua fase de projeto como nas fases de obra e operação.

Porém, na fase de modelagem, a parte difícil, de acordo com os autores, ocorre quando se tenta ligar os requisitos aos objetos físicos. Se os requisitos e os objetos físicos forem modelados de forma independente, a ligação entre esses modelos será quase sempre uma complicada relação de “muitos-para-muitos”. Isso acontece porque um objeto é projetado normalmente com diversos requisitos em mente e, inversamente, um requisito pode ser atendido por diversos objetos.

Uma abordagem para ligar os requisitos aos objetos físicos é feita utilizando o conceito de função. Um objeto físico tem uma função e dessa função derivam os requisitos específicos.

Gielingh (1988) define a metodologia *General AEC Reference Model* (GARM) para tratar dessa questão. Nessa abordagem, a informação do edifício é definida em termos de unidades funcionais e soluções técnicas. As unidades funcionais descrevem os objetos “como requeridos” e com “características requeridas”. As soluções técnicas descrevem os objetos “como projetados” e com “características esperadas”. Segundo o autor, essa metodologia permite a criação de relações “um-para-um” entre as unidades funcionais e as soluções técnicas; ele afirma que, se o método for aplicado sistematicamente, o resultado será um modelo BIM bem estruturado e bem gerenciável.

E, finalmente, concluem Nederveen, Beheshti e Gielingh (2010) que outra forma de lidar com os requisitos é iniciar com o conceito das atividades que irão ocorrer no edifício. Assim, pode-

se começar com a definição e a modelagem das atividades e daí em direção aos objetos físicos necessários. Esse propósito requer atenção especial para a modelagem dos espaços.

2.6.12 A complexidade envolvida na modelagem de espaços

Existem duas formas complementares para a definição dos espaços: a primeira é baseada nos seus limites físicos e na separação de um espaço de outros espaços; a segunda se baseia na concepção de um local para uma atividade homogênea, conforme conceituado por Björk e Bo-Christer (1992).

A primeira forma pode ser chamada de “definição técnica e indireta do espaço” e a segunda pode ser denominada “funcional” ou “direta”.

De acordo com Nederveen, Beheshti e Gielingh (2010), a modelagem dos espaços é a parte mais simples; a parte complicada está nos relacionamentos.

Os autores desenvolvem um exercício de raciocínio questionando e demonstrando como pode ser complexa a modelagem dos espaços.

Por exemplo, um edifício pode ser decomposto em espaços, e diversos níveis de decomposição podem ser utilizados? É necessário que a decomposição seja completa, de forma que todos os espaços estejam inclusos em uma árvore de decomposições? A sobreposição dos espaços é permitida ou é necessário que a totalidade do espaço do edifício seja igual à soma de todos os seus espaços constituintes?

As coisas podem ficar ainda mais complexas, segundo os autores, com os relacionamentos entre os espaços.

É possível afirmar que o espaço “x” é adjacente ao espaço “y”; contudo, para maior compreensão podemos dizer: a separação entre o espaço “x” e o espaço “y” pode ser definida por um elemento separador, como uma parede, por exemplo.

Em seguida, a superfície do elemento de separação pode ser relacionada não só a esse elemento, mas também ao espaço. Por exemplo, a função do espaço pode impor requisitos sobre a superfície da parede. Os autores mencionam que problemas semelhantes podem ocorrer quando são modeladas as aberturas nos elementos de separação, como portas e janelas.

Atualmente, segundo os autores, a especificação do IFC tem um padrão para os espaços, mas o IFC não cobre ainda todos os problemas que vêm sendo levantados ao longo dos anos; essas

questões, exemplificadas acima, nos fornecem uma indicação. Arquitetos, usuários finais e outros podem pensar sobre os espaços de uma forma semanticamente complexa, muitas vezes difícil de ser compreendida em um modelo de informação.

2.6.13 Nível de desenvolvimento do modelo (LOD)

Com vistas à criação de uma estrutura conceitual para nortear de maneira coordenada o processo de desenvolvimento do projeto e a evolução do detalhamento das suas informações, foi elaborado o conceito de Nível de Desenvolvimento¹⁵.

Concebido inicialmente pelos membros da indústria de software, conforme mencionado por VICO (2012) e Bedrick (2008), o conceito foi trazido para o subcomitê de tecnologia da AIA, responsável pelo desenvolvimento do IPD, no qual os pontos de vista de arquitetos, contratantes, engenheiros, proprietários de edifício e desenvolvedores de software foram agregados para estender a aplicabilidade desse conceito.

O AIA desenvolveu esse conceito e em 2008 o incorporou a um documento conhecido como BIM Protocol Exhibit (2008), o qual formaliza o processo de desenvolvimento e os usos do BIM. O AIA menciona em seu *website*, American Institute of Architects (2012a), que esse documento aborda as seguintes questões: responsabilidades por cada elemento do modelo em cada um dos LOD; usos autorizados para o modelo; responsabilidade pelo gerenciamento do modelo; e propriedade do modelo.

Foram extraídas desse documento as seguintes definições propostas pela Exhibit (2008) no documento E202, que serão utilizadas ao longo desta tese e comentadas a seguir:

¹⁵ O termo é referido na literatura como LOD: *Level Of Development* ou também como *Level Of Detail*. Para efeito desta tese será adotada a sigla LOD para identificar o nível de desenvolvimento, uma vez que essa sigla é reconhecida dentro do jargão internacional sobre o tema.

1. **Nível de desenvolvimento (LOD):** o nível de desenvolvimento descreve o grau de completude para o qual um elemento do modelo é desenvolvido e incorpora um princípio importante do IPD:

Os produtos de cada fase ou etapa do projeto precisam ser definidos sucintamente para que os membros da equipe entendam o nível de detalhe no qual eles devem trabalhar e quais decisões devem ou não estar finalizadas. American_Institute_of_Architects (2007) p. 23

Os níveis de desenvolvimento são representados em uma escala que varia em cinco graus, correspondendo a um detalhamento que vai ocorrendo progressivamente ao longo do projeto: 100 (fase conceitual), 200 (geometria aproximada), 300 (geometria precisa), 400 (execução ou fabricação) e 500 (obra concluída). Essa escala foi feita em graduações de 100 unidades, prevendo a possibilidade futura da criação de níveis intermediários.

O AIA produziu diretrizes para os diversos LOD em virtude de alguns usos do BIM. Dessa forma, ao uso do BIM para projeto estão associados outros usos, como planejamento, custos, cumprimento de programa, etc. A precisão geométrica do modelo e as informações não geométricas podem ser associadas aos LOD. A Tabela 9 descreve essas diretrizes.

Tabela 9: Níveis de Desenvolvimento do Modelo BIM

Níveis de Desenvolvimento - Especificação e Usos do BIM					
Níveis >	100	200	300	400	500
Conteúdo do Modelo	Conceitual	Geometria aproximada	Geometria precisa	Execução - fabricação	As-built
Projeto e Coordenação	Estudos de massa, volumes, zonas, modelados em 3 dimensões ou representados por outros dados	Os elementos são modelados de forma genérica e aproximadas de suas dimensões, peso, quantidades, orientação e localização. Informações não geométricas podem ser anexadas ao modelo	Os elementos são modelados de forma precisa e exata de suas dimensões, peso, quantidades, orientação e localização. Informações não geométricas podem ser anexadas ao modelo	Os elementos são modelados com o objetivo de montagem, de forma precisa e exata de suas dimensões, peso, quantidades, orientação e localização contendo o detalhamento completo de fabricação e montagem. Informações não geométricas podem ser anexadas ao modelo	Os elementos são modelados conforme construídos com informações precisas e exatas das dimensões, peso, quantidades, orientação e localização. Informações não geométricas podem ser anexadas ao modelo
Usos recomendados					
Planejamento	Duração global da obra Macro-planejamento Fases e maiores elementos	Escala de tempo, apresentação ordenada dos elementos principais	Apresentação ordenada pelo tempo das atividades principais e de conjuntos detalhadas	Fabricação e detalhes de montagem, incluindo meios e métodos de construção (gruas, elevadores, escoramentos, etc)	
Estimativa de Custos	Custos estimados: exemplo R\$/m ² de área de construção, R\$/ leitos hospitalares, R\$/quarto de hotel	Custo estimado baseado em dimensões de elementos genéricos como paredes, lajes, etc.	Custos baseados em dimensões precisas e especificações completas e detalhadas	Preços confirmados em propostas de fornecedores	Custos realizados
Cumprimento de programa de necessidades	Áreas brutas dos diversos setores	Requisitos específicos de cada um dos ambientes	Casos específicos, instalações e conexões		
Materiais sustentáveis	Estratégias para atendimento dos requisitos LEED	Quantidades aproximadas de materiais organizados pelas categorias LEED	Quantidades precisas de materiais com a porcentagem de materiais reciclados	Seleção dos fornecedores específicos	Documentação das compras e especificações
Análises e simulações de iluminação, uso de energia, fluxos de ar.	Estratégia e critérios de desempenho baseado em áreas e volumes.	Projeto conceitual baseado na geometria aproximada e em pré-definições de sistemas.	Simulação aproximada baseada em sistemas projetados.	Simulação precisa baseada nas especificações do fabricante e em detalhes dos componentes dos sistemas.	Comissionamento e registro dos resultados obtidos.
Outros usos que podem ser desenvolvidos					
Circulação, rotas de fuga, acessibilidade					
Atendimento de requisitos de normas					

Fonte: Adaptado de Exhibit (2008)

O Singapore BIM Guide, Building Construction Authority (2012), incorpora esses conceitos e os representa de forma gráfica conforme a Tabela 10.

Tabela 10 – Evolução do Nível de Desenvolvimento (LOD) do Modelo BIM

Fase	LOD	Produtos “entregáveis” do BIM	
		Conteúdo do modelo	Ilustração
Conceitual	100	Estudos de massa conceituais com dimensões, áreas, volumes, locação e orientação apenas indicativos.
Geometria aproximada	200	Visão geral do edifício e de seus sistemas com dimensões, forma, locação, orientação e quantidades aproximadas. Podem ser inseridas propriedades não geométricas nessa fase.
Geometria precisa	300	Versão mais precisa e detalhada dos componentes e sistemas do edifício, com precisão nas dimensões, forma, locação, orientação e quantidades. Podem ser inseridas propriedades não geométricas nessa fase.

		Desenhos precisos gerados no LOD 300
Execução / fabricação	400	O modelo para fabricação e montagem é apresentado com maior precisão de detalhes que na fase de LOD 300. Porém, se houver necessidade os detalhes podem ser completados em modelos 2D.
Como foi construído	500	O modelo é detalhado com o mesmo nível de precisão do estágio anterior, mas é atualizado a partir das modificações ocorridas em obra, de forma a retratar o edifício exatamente como foi construído.

Fonte: Adaptado de Building and Construction Authority (2012).

2. **Elemento do modelo:** é uma parte do *Building Information Model* representando um componente, um sistema ou uma montagem dentro de um edifício. Para efeito do documento E202, os elementos do modelo devem ser representados através do sistema *Uniformat* de classificação especificado conforme descrito em CSI (2012c).
3. **Autor do elemento do modelo:** é o agente responsável pelo desenvolvimento do elemento do modelo específico para o nível de desenvolvimento requerido pela fase do projeto.

Bedrick (2008) comenta que, além das características da geometria tridimensional de um modelo BIM, existe uma grande quantidade de informações – fornecidas por diferentes ou múltiplos agentes – que podem ser ligadas a um elemento do BIM.

Para especificar as responsabilidades pelas informações de forma combinada com o LOD de um projeto, é definida, na seção 4.3 do documento E202 da Exhibit (2008), a Tabela de Elementos do Modelo, que identifica o nível de desenvolvimento de cada elemento do modelo ao final de cada fase do projeto, conforme a classificação de fases do IPD Guide, AIA (2007) p. 22; o autor do elemento do modelo responsável por desenvolvê-lo para o nível de desenvolvimento também é identificado. Essa tabela utiliza a classificação *Uniformat* para associar os elementos do edifício aos LOD e às responsabilidades.

O AIA alerta que os requisitos apresentados na Tabela 11, disponível em American Institute of Architects (2012b) são exemplos, sendo esperado que em cada projeto específico a equipe valide e ajuste o conteúdo da tabela de acordo com os requisitos específicos do projeto e as capacidades e competências dos membros da equipe. Contudo, o AIA menciona que os dados mostrados na Tabela 11 atendem aos requisitos mínimos que satisfazem às descrições de fases do guia do IPD, conforme American Institute of Architects (2007).

Foram adotados os seguintes termos e siglas para a Tabela 11:

PR: Projetista Responsável	SE: Subempreiteiros
CP: Consultores do Projeto	F: Fornecedores
CR: Construtor Responsável	LOD: Nível de Desenvolvimento
	AEM: Autor do Elemento do Modelo

Tabela 11: Nível de Desenvolvimento (LOD) e Autor do Elemento do Modelo (AEM)

Elementos conforme a classificação UNIFORMAT, CSI (2012).						Fases do Processo do Projeto conforme classificação do IPD Guide, AIA (2007) p.22							
Nível 1		Nível 2		Nível 3		Conceituação		Projeto esquemático		Projeto detalhado		Documentos de implementação	
Maiores grupos de elementos		Grupos de elementos		Elementos individuais		LOD	AEM	LOD	AEM	LOD	AEM	LOD	AEM
A	INFRAESTRUTURA	A10	Fundações	A1010	Fundações comuns	100	PR	200	CP	300	SE	400	SE
				A1020	Fundações especiais	100	PR	100	CP	300	SE	400	SE
				A1030	Lajes inclinadas	100	PR	200	CP	300	SE	400	SE
		A20	Construção do subsolo	A2010	Escavação de subsolo	100	PR	200	CP	300	SE	300	SE
				A2020	Paredes cortina de subsolo	100	PR	200	CP	300	SE	400	SE
B	CASCA OU ENVOLTÓRIA	B10	Superestrutura	B1010	Construção do piso	100	PR	200	PR	300	PR	300	CR
				B1020	Construção da cobertura	100	PR	200	PR	300	PR	300	CR
		B20	Fechamento externo	B2010	Paredes externas	100	PR	200	PR	300	SE	400	SE
				B2020	Janelas externas	100	PR	200	PR	300	SE	400	SE
				B2030	Portas externas	100	PR	200	PR	300	SE	400	SE
		B30	Cobertura	B3010	Acabamentos da cobertura	100	PR	200	PR	300	SE	300	SE
				B3020	Aberturas da cobertura	100	PR	200	PR	300	SE	300	SE
C	INTERIORES	C10	Construções internas	C1010	Vedações	100	PR	200	PR	300	PR	400	SE
				C1020	Portas internas	100	PR	200	PR	300	PR	400	SE
				C1030	Acessórios	100	PR	100	PR	300	PR	400	SE
		C20	Escadas	C2010	Construção da escada	100	PR	200	PR	300	SE	400	SE
				C2020	Acabamentos da escada	100	PR	100	PR	100	SE	100	SE
		C30	Acabamentos internos	C3010	Acabamentos de paredes	100	PR	100	PR	100	PR	100	SE
				C3020	Acabamento de pisos	100	PR	100	PR	100	PR	100	SE
				C3030	Acabamento de forros	100	PR	100	PR	100	PR	100	SE

continuação da tabela 11

Elementos conforme a classificação UNIFORMAT, CSI (2012).						Fases do Processo do Projeto conforme classificação do IPD Guide, AIA (2007) p.22							
Nível 1		Nível 2		Nível 3		Conceituação		Projeto esquemático		Projeto detalhado		Documentos de implementação	
Maiores grupos de elementos		Grupos de elementos		Elementos individuais		LOD	AEM	LOD	AEM	LOD	AEM	LOD	AEM
D	SERVIÇOS	D10	Transporte	D1010	Elevadores	100	PR	200	PR	300	CP	400	SE
				D1020	Escadas rolantes	100	PR	200	PR	300	CP	400	SE
				D1090	Outros sistemas de transporte	100	PR	200	PR	300	CP	400	SE
		D20	Sistemas Hidraulicos	D2010	Fixação de tubulações	100	PR	100	CP	300	SE	400	SE
				D2020	Distribuição doméstica de água	100	PR	100	CP	300	SE	400	SE
				D2030	Esgoto sanitário	100	PR	100	CP	300	SE	400	SE
				D2040	Drenagem de águas pluviais	100	PR	100	CP	300	SE	400	SE
				D2090	Outros sistemas hidráulicos	100	PR	100	CP	300	SE	400	SE
		D30	Sistemas de Ar condicionado	D3010	Suprimento de energia	100	PR	100	CP	300	SE	400	SE
				D3020	Sistemas de geração de calor	100	PR	200	CP	300	SE	400	SE
				D3030	Sistemas de refrigeração	100	PR	200	CP	300	SE	400	SE
				D3040	Sistemas de distribuição	100	PR	100	CP	300	SE	400	SE
				D3050	Terminais	100	PR	100	CP	300	SE	400	SE
				D3060	Controles e instrumentação	100	PR	100	CP	100	SE	100	SE
				D3070	Testes e balanceamento	100	PR	100	CP	100	SE	100	SE
				D3090	Outros sistemas	100	PR	100	CP	300	SE	400	SE
		D40	Proteção contra incêndio	D4010	Sprinklers	100	PR	100	CP	300	SE	400	SE
				D4020	Tubulações	100	PR	100	CP	300	SE	400	SE
				D4030	Sistemas especiais de proteção	100	PR	100	CP	300	SE	400	SE
				D4090	Outros sistemas	100	PR	100	CP	300	SE	400	SE
		D50	Sistemas Elétricos	D5010	Distribuição elétrica	100	PR	100	CP	300	SE	400	SE
				D5020	Iluminação e fiação	100	PR	100	CP	100	SE	10	SE
				D5030	Comunicações e segurança	100	PR	100	CP	100	SE	100	SE
				D5090	Outros sistemas	100	PR	100	CP	100	SE	100	SE

Elementos conforme a classificação UNIFORMAT, CSI (2012).						Fases do Processo do Projeto conforme classificação do IPD Guide, AIA (2007) p.22							
Nível 1		Nível 2		Nível 3		Conceituação		Projeto esquemático		Projeto detalhado		Documentos de implementação	
Maiores grupos de elementos		Grupos de elementos		Elementos individuais		LOD	AEM	LOD	AEM	LOD	AEM	LOD	AEM
E	EQUIPAMENTOS	E10	Equipamentos	E1010	Equipamentos comerciais	100	PR	100	PR	300	SE	400	SE
	E MOBILIÁRIO			E1020	Equipamentos institucionais	100	PR	100	PR	300	SE	400	SE
				E1030	Equipamentos de veículos	100	PR	100	PR	300	SE	400	SE
				E1090	Outros equipamentos	100	PR	100	PR	300	SE	400	SE
		E20	Mobiliário	E2010	Mobiliários fixos	100	PR	100	PR	300	PR	400	PR
				E2020	Mobiliários removíveis	100	PR	100	PR	100	PR	100	PR
F	CONSTRUÇÃO	F10	Construção especial	F1010	Estruturas especiais	100	PR	200	PR	300	PR	400	PR
	ESPECIAL E			F1020	Construções integradas	100	PR	100	PR	300	PR	400	PR
	DEMOLIÇÃO			F1030	Sistemas de construções especiais	100	PR	100	PR	300	PR	400	PR
				F1040	Sistemas de instalações especiais	100	PR	100	PR	300	PR	400	PR
				F1050	Controles especiais e instrumentação	100	PR	100	PR	100	PR	100	PR
		F20	Demolição seletiva	F2010	Demolição de elementos do edifício	100	PR	200	PR	300	PR	400	SE
				F2020	Demolição de elementos perigosos	100	PR	100	PR	100	PR	100	SE

Final tabela 11

Fonte: Adaptado de American Institute of Architects (2007)

4. **Usuário do modelo:** agentes ou organizações autorizadas a utilizar o modelo no projeto.

Matriz de elementos e objetos em BIM

O documento E202 da AIA pode ser interpretado como um conjunto de diretrizes mínimas que norteiam o nível de desenvolvimento de um modelo BIM. Todavia, a especificação do nível de desenvolvimento de um modelo pode ser bastante aprofundada graças à riqueza semântica do BIM, com suporte das classes IFC, pelas classes IFC.

A partir do documento E202 da AIA, Exhibit (2008), foi desenvolvido pelo VA BIM Guide (2010), um manual com linhas guia de implementação do BIM para uso daquela instituição.

O manual estudou em profundidade o documento E202 e criou, como anexo, uma série de planilhas em Excel, denominadas “Matriz de Elementos e Objetos em BIM”, com o objetivo de propiciar uma expansão em profundidade do E202 para dar suporte ao uso das informações em BIM com um grande nível de detalhe. O desenvolvimento dessas planilhas ficou sob a responsabilidade da empresa Graphisoft¹⁶.

As planilhas desse manual são citadas pelo recente Building and Construction_Authority (2012), que ressalva, porém, serem elas baseadas nas práticas norte-americanas, recomendando que os usuários interpretem o conteúdo e o adaptem às práticas locais.

As planilhas estão ordenadas pelo Sistema de classificação *Uniformat* e organizadas em um arquivo Excel contendo os seguintes registros: uma planilha principal, denominada “planilha mestra” e as planilhas individuais relacionadas, a seguir, pelos seus códigos *Uniformat*: A, A10, A1020, B10, B1010, B2010, B2020, B2030, B30, C1010, C3030, D10, D20, D30, D40, D50, E10, E2010, G, G10 e F1010.

As planilhas são um guia de trabalho para a equipe de projeto. Elas devem ser utilizadas para a verificação dos requisitos especificados para o projeto. Para usar a planilha deve ser escolhido o tipo específico da informação a partir dos cabeçalhos da planilha mestra, coloridos de maneira a ser um código de cores.

Uma vez escolhido o tipo da informação, deve-se percorrer a planilha mestra e localizar a linha que indica o LOD apropriado para a fase do projeto.

¹⁶ Graphisoft. Disponível em: <<http://www.graphisoft.com/>>. Acesso em: 16/12/2012.

As demais tabelas irão detalhar as propriedades específicas por tipo de objeto para o LOD selecionado, relacionando-as com as classes IFC que suportam a propriedade. Existe também um suporte para os softwares *Archicad* e *Revit* em que são mostrados os campos das propriedades equivalentes disponíveis para as versões 2010 desses softwares.

As informações ou propriedades localizadas na planilha devem corresponder aos dados que entrarão nos campos dos objetos, elementos, famílias ou parâmetros da ferramenta BIM utilizada para a modelagem do projeto. Até o presente estágio, ainda não existem todos os campos em cada ferramenta de modelagem BIM, mas as que contêm parâmetros ou propriedades que combinam são listadas em cada uma das planilhas dos elementos individuais.

Foram construídas quatro tabelas para esclarecer a matriz de elementos e objetos em BIM:

A Tabela 12 foi construída para mostrar os grupos de tipos de propriedades utilizados na planilha mestra. Nela, os tipos de propriedades estão categorizados conforme as *OmniClass*.

A Tabela 13 apresenta uma parte da planilha mestra (que vai até o grupo de propriedades de especificações), contemplando desde o LOD 100 até o LOD 500.

A Tabela 14 exemplifica uma planilha para um elemento específico, no caso o elemento “parede” (classificado como C1010, conforme a *Uniformat*), e está traduzida em sua totalidade. Ela apresenta as propriedades para cada tipo de grupo de atributos em função do LOD do projeto e contempla desde o LOD100 até o LOD 500.¹⁷

A Tabela 15 apresenta o suporte dos softwares de modelagem para os itens de informação.

¹⁷ A série completa de planilhas encontra-se disponível para download em:
<<http://www.cfm.va.gov/til/bim/BIMGuide/modreq.htm>>. Acesso em: 25/12/2012.

Tabela 12: Classificação dos Tipos de Informações disponíveis na Planilha Mestra

Tipo da informação	Classificação da informação conforme critério da OmniClass	Tabelas da OmniClass correspondentes
Programa do edifício e metadados do projeto	Entidade de construção por função	11
	Entidade de construção por forma	12
	Espaços por função	13
	Espaços por forma	14
Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Propriedades	49
Localização geoespacial dos elementos e objetos	Propriedades	49
	Informação	36
Requisitos específicos de informação do fabricante	Produtos	23
	Materiais	36
	Informação	41
Especificações	Produtos	23
	Propriedades	49
Estimativas de custos	Serviços	32
	Propriedades	49
	Produtos	33
	Informações	26
Análises energéticas	Serviços	32
	Informações	36

	Propriedades	49
Materiais sustentáveis conforme critérios LEED	Produtos	23
	Materiais	41
	Propriedades	49
Ambiente e condições do terreno	*Classificação expandida da <i>Uniformat</i> , não suportada pela <i>OmniClass</i>	
Validação e observância do programa de necessidades	Espaços por função	13
	Espaços por forma	14
	Propriedades	49
Cumprimento de códigos de segurança	Espaços por função	13
	Propriedades	49
	Informações	36
Planejamento da obra	Fases	31
	Serviços	32
	Disciplinas	33
	Papéis organizacionais	34
Sequencia e logística da construção	Fases	31
	Serviços	32
	Disciplinas	33
	Papéis organizacionais	34
Comissionamento da obra	Fases	31
	Produtos	23

	Critérios classificação COBIE ¹⁸ , mais informações detalhadas em East (2012)	
Instalações e ativos da edificação	Resultados do trabalho	22
	Serviços	32
	Informações	36
	Produtos	23

Fonte: Adaptado de VA BIM Guide (2010)

¹⁸ COBIE são as iniciais de *Construction Operations Building Information Exchange*, um padrão que especifica e identifica o conjunto mínimo de informações necessárias para o gerenciamento dos ativos de um edifício durante o seu ciclo de vida. O padrão COBIE pode ser visualizado durante as fases de projeto, construção e manutenção utilizando para isso planilhas em formato Excel, obtidas através da exportação, no formato 'xml', das classes IFC contendo o conjunto das especificações do padrão COBIE.

Tabela 13: Planilha Mestra com os Tipos de Grupos de Informação x LOD

	MATRIZ MESTRA DE INFORMAÇÕES PARA O BIM	Informações nessa linha são específicas para cada planilha	Foto do objeto ou elemento	Categoria do item Elemento, objeto ou família	Características básicas Informações chave	Descrição Informações resumidas sobre o produto
Tipos de informações	Serviços e Tipos de informações de desempenho suportados por casos de uso do BIM	As categorias da informação estão codificadas por cores e incluem caracterísitcas funcionais e de desempenho que podem ser extendidas através das tabelas da OmniClass - estas suportam as tabelas de Serviços, Tabelas 41 & 32.				
		Programa do edifício e metadados do projeto	Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Requisitos específicos de informação do fabricante	Especificações
	Tipos de classificação da informação. NOTA: Esta é a classificação genérica e nem todos os tipos de dados são atualmente suportados pelo OmniClass	Entidade de construção por função (Tabela 11)	Propriedades (Tabela 49)	UniFormat expandido	Podem ser ligadas informações do sistema MasterFormat	Produtos (Tabela 23)
		Entidade de construção por forma (Tabela 12)		Propriedades (Tabela 49)	Produtos (Tabela 23)	Propriedades (Tabela 49)
		Espaços por função (Tabela 13)		Informação (Tabela 36)	Materiais (Tabela 41)	Uniformat
		Espaços por forma (Tabela 14)			Informação (Tabela 36)	
NÍVEL DE DETALHE	LOD 100-Conceitual	Identificador dos serviços (facilities) do edifício	Comprimento total (Tabela 49)	Latitude (Tabela 49)		(Por objeto / elemento)
	Estudos de massa com indicações de área, peso, volume, locação e orientação	Nome dos serviços	Largura total (Tabela 49)	Longitude (Tabela 49)		(Ver a planilha apropriada)
		Tipo funcional dos serviços	Peso total (Tabela 49)	Altitude (Table 49)		
		Função dos serviços (Tabela 11)	Area total (Tabela 49)	Posição sistema GPS (Tabela 49)		
		Forma do serviço (Tabela 12)	Volume total (Tabela 49)	Tipo de posição (Tabela 49)		Sistemas por função (Tabelas 21 & 22)
		Endereço do serviço		Restrições de locação (Tabela 49)		
		Número do projeto		Restrições de códigos legais (Tabela 49)		
	LOD 200-Geometria aproximada	Requisitos espaciais	Comprimento (Tabela 49)	Número do pavimento (Tabela 49)	Tipo geral (Tabelas 22 & 23)	(Por objeto / elemento)
	Sistemas gerais ou montagens com quantidades aproximadas, tamanho, forma, locação e orientação.	Entorno do espaço (Programa)	Largura (Tabela 49)	Zona/Nome do espaço (Tabelas13 & 14)		(Ver a planilha apropriada)
		Tipo do espaço/Categoria	Peso (Tabela 49)	Zona/Número do espaço (Tabela 49)		
			Area (Table 49)	Nome do compartimento (Tabela 49)		
			Volume (Table 49)	Número do comodo (Tabela 49)		
			Declividade (Tabela 49)	Identificador do piso (Tabela 49)		
			Tamanho máximo(Tabela 49)	Nome do piso (Tabela 49)		
			Espaço mínimo requerido (Tabela 49)	Descrição do piso (Tabela 49)		
			Propósito (Tabela 49)	Elevação do piso (Tabela 49)		
				Unidades de elevação do piso (Tabela 49)		
				Altura total do piso (Tabela 49)		
				Número de pisos (Tabela 49)		
				Número da zona de ventos (Tabela 49)		
				Descrição do tipo de vento (Tabelas 13 & 14)		
				Nome da zona (Tabela 13)		
				Função da zona (Tabela 14)		

Tipos de informações	Serviços e Tipos de informações de desempenho suportados por casos de uso do BIM	As categorias da informação estão codificadas por cores e incluem caracterísitcas funcionais e de desempenho que podem ser extendidas através das tabelas da OmniClass - estas suportam as tabelas de Serviços, Tabelas 41 & 32.					
		Programa do edifício e metadados do projeto	Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Requisitos específicos de informação do fabricante	Especificações	
	Tipos de classificação da informação. NOTA: Esta é a classificação genérica e nem todos os tipos de dados são atualmente suportados pelo OmniClass	Entidade de construção por função (Tabela 11)	Propriedades (Tabela 49)	UniFormat expandido	Podem ser ligadas informações do sistema MasterFormat	Produtos (Tabela 23)	
		Entidade de construção por forma (Tabela 12)		Propriedades (Tabela 49)	Produtos (Tabela 23)	Propriedades (Tabela 49)	
		Espaços por função (Tabela 13)		Informação (Tabela 36)	Materiais (Tabela 41)	Uniformat	
Espaços por forma (Tabela 14)				Informação (Tabela 36)			
NÍVEL DE DETALHE	LOD 300- Geometria precisa	Função do espaço (Tabela 13)	Tamanho nominal (Tabela 49)	Elevação (Tabela 49)	Tipo (Tabela 36)	(Por objeto / elemento)	
	Montagens ou execução precisas em termo de tamanho, forma, locação, quantidades e orientação.	Forma do espaço (Tabela 14)	Massa (Tabela 49)	Ângulo de rotação (Tabela 49)	Material (Tabela 41 & 49)	(See Appropriate Tab)	
		Nome do edifício (Tabela 49)	Massa por unidade de comprimento (Tabela 49)	Elevação em relação ao pavimento (Tabela 49)	Disponibilidade (Tabela 49)	Identificador do atributo (Tabela 49)	
		Número do edifício (Tabela 49)	Mass per Unit Area (Tabela 49)	(Tabela 49)	Identificador do componente	Conjunto de tipos de atributo (Tabela 49)	
			Conexões (Tabela 49)	Identificador da coordenada (Tabela 49)	Nome do componente (Tabelas 23 & 49)	Identificador da referência do atributo (Tabela 49)	
				Tipo da coordenada (Tabela 49)	Descrição do componente (Tabela 49)	Nome do atributo (Tabela 49)	
			Capacidade (Tabela 49)				
			Altura do forro (Tabela 49)	Coordenada do eixo X (Tabela 49)		Descrição do atributo (Tabela 49)	
			Perimetro (Tabela 49)	Unidade das coordenadas do eixo X (Tabela 49)		Valor do atributo (Tabela 49)	
			Inclinação do ângulo plano (Tabela 49)	Coordenada do eixo Y (Tabela 49)		Unidade do atributo (Tabela 49)	
			Seção transversal (Tabela 49)	Unidade das coordenadas do eixo Y (Tabela 49)		Referência do atributo (Tabela 49)	
			Profundidade (Tabela 49)	Coordenada do eixo Z (Tabela 49)		Prioridade do atributo (Tabela 49)	
			Tipo do núcleo (Tabela 49)	Unidade das coordenadas do eixo Z (Tabela 49)			
			Tamanho do núcleo (Tabela 49)				
			Volume do núcleo (Tabela 49)				
			Superfície bruta do núcleo (Tabela 49)				
			Superfície folheada (Tabelas 49 & 41)				
			Volume folheado (Tabela 49)				
			Superfície do topo (Tabela 49)				
			Superfície do fundo (Tabela 49)				
			Superfície dos limites (Tabela 49)				
			Folga dos espaços (Tabela 49)				
			Acessibilidade (Tabela 49)				

Tipos de informações	Serviços e Tipos de informações de desempenho suportados por casos de uso do BIM	As categorias da informação estão codificadas por cores e incluem características funcionais e de desempenho que podem ser extendidas através das tabelas da OmniClass - estas suportam as tabelas de Serviços, Tabelas 41 & 32.				
		Programa do edifício e metadados do projeto	Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Requisitos específicos de informação do fabricante	Especificações
	Tipos de classificação da informação. NOTA: Esta é a classificação genérica e nem todos os tipos de dados são atualmente suportados pelo OmniClass	Entidade de construção por função (Tabela 11)	Propriedades (Tabela 49)	UniFormat expandido	Podem ser ligadas informações do sistema MasterFormat	Produtos (Tabela 23)
		Entidade de construção por forma (Tabela 12)		Propriedades (Tabela 49)	Produtos (Tabela 23)	Propriedades (Tabela 49)
		Espaços por função (Tabela 13)		Informação (Tabela 36)	Materiais (Tabela 41)	Uniformat
		Espaços por forma (Tabela 14)			Informação (Tabela 36)	
NÍVEL DE DETALHE	LOD 400-Execução e fabricação	Número do contato		Prazo de entrega (Tabela 49)	Nome do fabricante (Tabela 49)	Peso para transporte (Tabela 49)
	Montagens ou execução precisas em termo de tamanho, forma, locação, quantidades e orientação com o detalhamento das informações.			Local de estocagem no canteiro da obra	Número da classificação	Nível de ruído (Tabela 49)
					Número no inventário (Tabela 49)	Valor do atributo no projeto (Tabela 49)
					Número do modelo (Tabela 49)	Valor atual do atributo (Table 49)
					Número do pedido de compra	
					Identificador do produto (Tabela 23)	
					Nome do produto (Tabela 23)	
	LOD 500-Como construído				Ano da produção (Tabela 49)	
					Acessórios (Tabela 23)	
	Conforme construído com precisão em termos de tamanho, forma, locação, quantidades e orientação.			Nome no Sistema de Informação Geográfica - GIS (Tabela 49)	Condição (Tabela 49)	Dados finais de aprovação do produto (Tabela 36)
				Nome no sistema GPS (Tabela 49)	Defeitos (Tabela 49)	Data final de aprovação dos desenhos
				Posição no sistema GPS (Tabela 49)	Número de série (Tabela 49)	
					Código de barras (Tabela 49)	
					Provedor do serviço (Tabelas 32 &	

Fonte: Adaptado de VA BIM Guide (2010)

Tabela 14: Propriedades para o elemento 'Parede' em função do LOD e do grupo de Tipos de Propriedades

Parede- Vedações internas		Objeto ou elemento BIM	Informação de uso geral
Categoria do item - Vedação interna		Sistema do edifício
	Descrição: um elemento em duas ou três dimensões. Um elemento de superfície vertical utilizado para dividir ambientes dentro de um edifício. Uma parede interna garante a privacidade entre espaços adjacentes. Uma parede interna pode ser ou não um elemento estrutural.		Categoria do item no sistema - Unifomat
LOD	Categoria de informação por item de informação. (verificar a planilha mestra das informações).	Item de informação (informação sobre o objeto ou elemento específico)	Suporte das classe IFC
LOD 100 - Conceitual			
Estudos de massa com indicações de área, peso, volume, locação e orientação	Programa do edifício e metadados do projeto	Identificador da instalação	IfcWall->IfcBuilding.Name
	Programa do edifício e metadados do projeto	Nome da instalação	IfcWall->IfcBuilding.LongName
	Programa do edifício e metadados do projeto	Descrição da instalação	IfcWall->IfcBuilding.Description
	Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Comprimento total	IfcWall->IfcQuantity.Length.Name="Length"
	Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Largura total	IfcWall->IfcQuantity.Length.Name="Width"
	Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Peso total	IfcWall->IfcQuantity.Length.Name="Height"
	Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Área total	IfcWall->IfcQuantity.Area.Name="GrossSurfaceArea"
	Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Volume total	IfcWall->IfcQuantity.Volume.Name="GrossVolume"
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Tipo de posição	IfcWall.ObjectPlacement
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Restrição de locação	{clarify} - IfcConstraint
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Restrição de códigos	{clarify} - IfcConstraint
	Requisitos para estimativas de custos	Custos conceituais	IfcWall->IfcCostValue.CostType="Conceptual"
	Requisitos para estimativas de custos	Unidades dos custos conceituais	IfcWall->IfcCostValue.CostType="Conceptual" + UnitBasis
	Requisitos para estimativas de custos	Hipóteses de custos futuros	IfcWall->IfcCostValue.CostType="Whole life"
	Requisitos para análises energéticas	Bases de desempenho energético	
	Materiais sustentáveis conforme critérios LEED	Hipóteses de requisitos verdes	IfcWall->IfcEnvironmentalImpactValue or IfcPropertySet with local LEED agreement
	Materiais sustentáveis conforme critérios LEED	Estratégias 'verde'	IfcWall->IfcEnvironmentalImpactValue or IfcPropertySet with local LEED agreement
	Materiais sustentáveis conforme critérios LEED	Certificações LEED, bronze, prata, ouro	IfcWall->IfcEnvironmentalImpactValue or IfcPropertySet with local LEED agreement
	Planejamento da obra	Fases	IfcProject->IfcTask.Name (stages) + IfcClassificationReference to OmniClass
	Planejamento da obra	Duração global	IfcProject->IfcTask->IfcScheduleTimeControl.ScheduleDuration

Parede- Vedações internas		Objeto ou elemento BIM	Informação de uso geral
Categoria do item - Vedação interna		Sistema do edifício
	Descrição: um elemento em duas ou três dimensões. Um elemento de superfície vertical utilizado para dividir ambientes dentro de um edifício. Uma parede interna garante a privacidade entre espaços adjacentes. Uma parede interna pode ser ou não um elemento estrutural.		Categoria do item no sistema - Uniformat
LOD	Categoria de informação por item de informação. (verificar a planilha mestra das informações).	Item de informação (informação sobre o objeto ou elemento específico)	Suporte das classe IFC
LOD 200-Geometria aproximada			
Sistemas gerais ou montagens com quantidades aproximadas, tamanho, forma, locação e orientação.	Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Comprimento	IfcWall->IfcQuantityLength.Name="Length"
	Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Largura total	IfcWall->IfcQuantityLength.Name="Width"
	Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Altura	IfcWall->IfcQuantityLength.Name="Depth"
	Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Area	IfcWall->IfcQuantityArea.Name="GrossSurfaceArea"
	Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Volume	IfcWall->IfcQuantityVolume.Name="GrossVolume"
	Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Tamanho máximo	
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Número do pavimento	IfcWall->IfcBuildingStorey.Name
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Nome do espaço/zona	IfcWall->IfcZone.LongName (new in IFC2x4)
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Número do espaço/zona	IfcWall->IfcZone.Name
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Nome do comodo	IfcWall->IfcSpace.LongName
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Número do comodo	IfcWall->IfcSpace.Name
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Identificador do piso	IfcWall->IfcBuildingStory.Name
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Nome do piso	IfcWall->IfcBuildingStory.LongName
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Descrição do piso	IfcWall->IfcBuildingStory.Description
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Elevação do piso	IfcWall->IfcBuildingStory.Elevation
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Unidades de elevação do piso	IfcUnitAssignment -> assignment of a global length unit [m, mm, inch, feet]
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Altura total do piso	IfcBuildingStorey->IfcQuantityLength.Name="Height"
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Unidades da altura total do piso	IfcUnitAssignment -> assignment of a global length unit [m, mm, inch, feet]
	Requisitos de informação do fabricante	Tipo geral	IfcWallType.Name + IfcClassificationReference
	Requisitos para estimativas de custos	Estimativas de custos (p.ex custo por m2)	IfcWall->IfcCostValue.CostType="Estimated" + UnitBasis
	Materials sustentáveis conforme critérios LEED	Itens LEED por valores das quantidades	IfcWall->IfcEnvironmentalImpactValue or IfcPropertySet with local LEED agreement
	Validação do programa de necessidades	Requisitos para os vidros de fachada	IfcWall->Pset_DoorWindowGlazingType
	Validação do programa de necessidades	Requisitos para os comodoss	assign IfcRelSpaceBoundary: IfcWall->IfcSpace - IfcSpace has IfcConstraint
	Cumprimento de códigos de segurança	Requisitos para taxa de proteção de incêndio	IfcWall->Pset_ColumnCommon.IfcProperty.Name="FireRating"
	Cumprimento de códigos de segurança	Seleção da tipologia do edificio	IfcBuilding->IfcConstraint
	Planejamento da obra	Sequenciamento de tempo	IfcProject->IfcTask->IfcRelSequence + assign IfcWall->IfcRelAssignsToProcess
	Planejamento da obra	Ordem das atividades chave	IfcProject->IfcTask.IsMilestone->IfcRelSequence + assign IfcWall->IfcRelAssignsToProcess

Parede- Vedações internas		Objeto ou elemento BIM	Informação de uso geral
Categoria do item - Vedação interna		Sistema do edifício
	Descrição: um elemento em duas ou três dimensões. Um elemento de superfície vertical utilizado para dividir ambientes dentro de um edifício. Uma parede interna garante a privacidade entre espaços adjacentes. Uma parede interna pode ser ou não um elemento estrutural.		Categoria do item no sistema - Unifomat
LOD	Categoria de informação por item de informação. (verificar a planilha mestra das informações).	Item de informação (informação sobre o objeto ou elemento específico)	Suporte das classe IFC
LOD 300-Geometria precisa			
Montagens ou execução precisas em termo de tamanho, forma, locação, quantidades e orientação.	Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Tamanho nominal	
	Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Conexões	
	Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Capacidade	IfcWall->Pset_ColumnCommon with Property.Name="LoadBearing"
	Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Perímetro	IfcWall->IfcQuantityLength.Name="GrossPerimeter"
	Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Ângulo plano	
	Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Seção transversal	IfcWall->IfcQuantityArea.Name="GrossSideArea"
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Elevação	total height, sum up by IfcWall.ObjectPlacement.RelativePlacementLocation.[Z] + building story placement
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Elevação para o Datum	total height, sum up by IfcWall.ObjectPlacement.RelativePlacementLocation.[Z] + building ref height
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Ângulo de rotação	IfcWall.ObjectPlacement.RelativePlacement.RefDirection
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Elevação para o pavimento	IfcWall-> IfcBuildingStorey.Elevation
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Deslocamento em rel. ao referencial	difference between IfcWall.ObjectPlacement and IfcBuildingStorey.ObjectPlacement
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Identificador de coordenadas	IfcGeometricRepresentationContext.ContextIdentifier
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Tipo de coordenadas	IfcGeometricRepresentationContext.ContextType
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Coordenada do eixo X	IfcWall.ObjectPlacement.RelativePlacementLocation.[X]
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Unidade da coordenada do eixo X	IfcUnitAssignment -> assignment of a global length unit [m, mm, inch, feet] - given consistently to all elements
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Coordenada do eixo Y	IfcWall.ObjectPlacement.RelativePlacementLocation.[Y]
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Unidade da coordenada do eixo Y	IfcUnitAssignment -> assignment of a global length unit [m, mm, inch, feet] - given consistently to all elements
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Coordenada Z	IfcWall.ObjectPlacement.RelativePlacementLocation.[Z]
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Unidade da coordenada do eixo Z	IfcUnitAssignment -> assignment of a global length unit [m, mm, inch, feet] - given consistently to all elements
	Requisitos de informação do fabricante	Tipo	IfcWallType
	Requisitos de informação do fabricante	Material	IfcWallType->IfcMaterial.Name
	Requisitos de informação do fabricante	Disponibilidade	
	Requisitos de informação do fabricante	Identificador do componente	IfcWall.Tag
	Requisitos de informação do fabricante	Nome do componente	IfcWall.Name
	Requisitos de informação do fabricante	Descrição do componente	IfcWall.Description
	Especificações	Acabamento interno	IfcWall->IfcCovering.Predefinedtype="CLADDING"
	Especificações	Acabamento da superfície interna	
	Especificações	Modelagem da base	IfcWall->IfcCovering.Predefinedtype="CLADDING"
	Especificações	Modelagem base	
	Especificações	Modelagem coroa	
	Especificações	Capacidade estrutural	IfcWall->Pset_ColumnCommon->Property="LoadBearing"
	Especificações	Tipo de núcleo estrutural	
	Especificações	Identificador do atributo	(update) check with new COBIE2 consolidated attributes
	Especificações	Tipo de conjunto de atributos	(update) check with new COBIE2 consolidated attributes
	Especificações	Identificador da referência de atributos	(update) check with new COBIE2 consolidated attributes
	Especificações	Nome dos atributos	IfcWall->IfcProperty.Name
	Especificações	Descrição dos atributos	IfcWall->IfcProperty.Description
	Especificações	Valores dos atributos	IfcWall->IfcProperty.NominalValue
	Especificações	Unidades dos atributos	IfcWall->IfcProperty.Unit
	Especificações	Referências dos atributos	(update) check with new COBIE2 consolidated attributes
	Especificações	Prioridade dos atributos	(update) check with new COBIE2 consolidated attributes

Parede- Vedações internas		Objeto ou elemento BIM	Informação de uso geral
Categoria do item - Vedação interna		Sistema do edifício
	Descrição: um elemento em duas ou três dimensões. Um elemento de superfície vertical utilizado para dividir ambientes dentro de um edifício. Uma parede interna garante a privacidade entre espaços adjacentes. Uma parede interna pode ser ou não um elemento estrutural.		Categoria do item no sistema - Unifomat
LOD	Categoria de informação por item de informação. (verificar a planilha mestra das informações).	Item de informação (informação sobre o objeto ou elemento específico)	Suporte das classe IFC
LOD 300-Geometria precisa			
Montagens ou execução precisam em termo de tamanho, forma, locação, quantidades e orientação.	Requisitos para estimativas de custos	Custo da montagem básica	IfcWall->IfcCostValue : CostType="Assembly based"
	Requisitos para estimativas de custos	Frete	IfcWall->IfcCostValue : CostType="Shipping"
	Requisitos para estimativas de custos	Taxas adicionais	IfcWall->IfcCostValue : CostType="Additional Tax"
	Requisitos para estimativas de custos	Custo total de propriedade	IfcWall->IfcCostValue : CostType="Total Ownership"
	Requisitos para análises energéticas	Valor de absorção	
	Materiais sustentáveis conforme critérios LEED	Tipo de material verde	IfcWall->IfcEnvironmentalImpactValue or IfcPropertySet with local LEED agreement
	Materiais sustentáveis conforme critérios LEED	Especificação 'verde' do material	IfcWall->IfcEnvironmentalImpactValue or IfcPropertySet with local LEED agreement
	Materiais sustentáveis conforme critérios LEED	Item novo	IfcWall->IfcEnvironmentalImpactValue or IfcPropertySet with local LEED agreement
	Materiais sustentáveis conforme critérios LEED	Item reciclado	IfcWall->IfcEnvironmentalImpactValue or IfcPropertySet with local LEED agreement
	Materiais sustentáveis conforme critérios LEED	Conteúdo de reciclagem pós industrializada	IfcWall->IfcEnvironmentalImpactValue or IfcPropertySet with local LEED agreement
	Materiais sustentáveis conforme critérios LEED	Conteúdo de reciclagem pré-consumo	IfcWall->IfcEnvironmentalImpactValue or IfcPropertySet with local LEED agreement
	Materiais sustentáveis conforme critérios LEED	Conteúdo de reciclagem pós-consumo	IfcWall->IfcEnvironmentalImpactValue or IfcPropertySet with local LEED agreement
	Materiais sustentáveis conforme critérios LEED	Consumo de carbono	IfcWall->IfcEnvironmentalImpactValue or IfcPropertySet with local LEED agreement
	Validação do programa de necessidades	Impedância acústica	IfcWall->Pset_ColumnCommon->Property="AcousticRating"
	Validação do programa de necessidades	Transmitância e resistência ao som	
	Validação do programa de necessidades	Informações do edifício	IfcWall->IfcBuildingStorey
	Validação do programa de necessidades	Requisitos das utilidades	IfcWall->IfcRelSpaceBoundary->IfcSpace : space constraints
	Validação do programa de necessidades	Requisitos dos equipamentos	IfcWall->IfcRelSpaceBoundary->IfcSpace : space constraints
	Validação do programa de necessidades	Requisitos dos acabamentos	IfcWall->IfcRelSpaceBoundary->IfcSpace : space constraints
	Validação do programa de necessidades	Identificador do espaço	{update} check with new COBIE2 consolidated attributes
	Validação do programa de necessidades	Lista de identificadores dos espaços	{update} check with new COBIE2 consolidated attributes
	Validação do programa de necessidades	Funções dos espaços	IfcWall->IfcRelSpaceBoundary->IfcSpace : space classification
	Validação do programa de necessidades	Identificador das referências dos espaços	IfcWall->IfcRelSpaceBoundary->IfcSpace : space identifier
	Validação do programa de necessidades	Número do espaço	IfcWall->IfcRelSpaceBoundary->IfcSpace.Name
	Validação do programa de necessidades	Nome do espaço	IfcWall->IfcRelSpaceBoundary->IfcSpace.LongName
	Validação do programa de necessidades	Descrição do espaço	IfcWall->IfcRelSpaceBoundary->IfcSpace.Description
	Validação do programa de necessidades	Altura utilizável do espaço	IfcWall->IfcRelSpaceBoundary->IfcSpace : space quantity height
	Validação do programa de necessidades	Unidades da altura utilizável do espaço	IfcUnitAssignment -> assignment of a global length unit [m, mm, inch, feet] - given consistently to all elements

Parede- Vedações internas		Objeto ou elemento BIM	Informação de uso geral
Categoria do item - Vedação interna		Sistema do edifício
	Descrição: um elemento em duas ou três dimensões. Um elemento de superfície vertical utilizado para dividir ambientes dentro de um edifício. Uma parede interna garante a privacidade entre espaços adjacentes. Uma parede interna pode ser ou não um elemento estrutural.		Categoria do item no sistema - Uniformat
LOD	Categoria de informação por item de informação. (verificar a planilha mestra das informações).	Item de informação (informação sobre o objeto ou elemento específico)	Suporte das classe IFC
LOD 300-Geometria precisa			
Montagens ou execução precisas em termo de tamanho, forma, locação, quantidades e orientação.	Cumprimento de códigos de segurança	Resistência ao fodo	IfcWall->Pset_ColumnCommon->Property="FireRating"
	Cumprimento de códigos de segurança	Avaliação horária	IfcWall->Pset_ColumnCommon->Property="FireRating"
	Cumprimento de códigos de segurança	Prevenção ao incêndio	IfcWall->IfcRelSpaceBoundary->IfcSpace : Pset_FireSafetyRequirements
	Planejamento da obra	Tempo de ciclo	{IfcProject->IfcTask->IfcRelSequence.TaskDuration.LagValue (added in IFC2x4)}
	Planejamento da obra	Ordem de precedências das atividades	IfcProject->IfcTask->IfcRelSequence + assign IfcWall->IfcRelAssignsToProcess
	Planejamento da obra	Ordem de precedências das montagens	IfcProject->IfcTask->IfcRelSequence + assign IfcWall->IfcRelAssignsToProcess
	Planejamento da obra	Duração	assign IfcWall->IfcRelAssignsToProcess->IfcTask->IfcScheduleTimeControl.ScheduleDuration
	Sequencia e logística da construção	Identificador do material	{update} check with new COBIE2 consolidated attributes
	Sequencia e logística da construção	Identificador da lista do material	{update} check with new COBIE2 consolidated attributes
	Sequencia e logística da construção	Nome do material	IfcWall->IfcMaterial.Name
	Sequencia e logística da construção	Descrição do material	{IfcWall->IfcMaterial.Description (added in IFC2x4)}
	Instalações e ativos da edificação	Identificador do sistema	{update} check with new COBIE2 consolidated attributes
	Instalações e ativos da edificação	Lista de identificadores dos sistemas	{update} check with new COBIE2 consolidated attributes
	Instalações e ativos da edificação	Identificador da instalação	IfcWall->IfcBuilding.Name
	Instalações e ativos da edificação	Função do sistema	IfcWall->IfcSystem.ObjectType
	Instalações e ativos da edificação	Identificador do sistema de referência	IfcWall->IfcSystem.Name
	Instalações e ativos da edificação	Nome do sistema	{IfcWall->IfcSystem.LongName (added in IFC2x4)}
	Instalações e ativos da edificação	Descrição do sistema	IfcWall->IfcSystem.Description

Parede- Vedações internas		Objeto ou elemento BIM	Informação de uso geral
Categoria do item - Vedação interna		Sistema do edifício
	Descrição: um elemento em duas ou três dimensões. Um elemento de superfície vertical utilizado para dividir ambientes dentro de um edifício. Uma parede interna garante a privacidade entre espaços adjacentes. Uma parede interna pode ser ou não um elemento estrutural.		Categoria do item no sistema - Unifomat
LOD	Categoria de informação por item de informação. (verificar a planilha mestra das informações).	Item de informação (informação sobre o objeto ou elemento específico)	Suporte das classe IFC
LOD 400-Execução e fabricação			
Montagens ou execução precisam em termo de tamanho, forma, locação, quantidades e orientação com o detalhamento das informações.	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Tempo para entrega	IfcProject->IfcTask.IsMilestone + assign IfcWall->IfcRelAssignsToProcess
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Localização do estoque no canteiro	
	Requisitos de informação do fabricante	Nome do fabricante	IfcWall->Pset_ManufacturerTypeInfo->Property="Manufacturer" (see also Maker Name)
	Requisitos de informação do fabricante	Nome do executor do serviço	IfcWall->Pset_ManufacturerTypeInfo->Property="Manufacturer" (see also Manufacturer)
	Requisitos de informação do fabricante	Número de série	IfcWall->Pset_ManufacturerOccurrence->Property="SerialNumber"
	Requisitos de informação do fabricante	Número da classificação Unifomat	
	Requisitos de informação do fabricante	Número de inventário	IfcWall->Pset_ManufacturerOccurrence->Property="BarCode"
	Requisitos de informação do fabricante	Número do modelo	IfcWall->Pset_ManufacturerTypeInfo->Property="ModelLabel"
	Requisitos de informação do fabricante	Número do pedido de compra	
	Requisitos de informação do fabricante	Identificador do produto	IfcWall->Pset_ManufacturerTypeInfo->Property="ArticleNumber"
	Requisitos de informação do fabricante	Nome do produto	IfcWallType->Pset_ManufacturerTypeInfo->Property="ModelReference"
	Requisitos de informação do fabricante	Ano de produção	IfcWallType->Pset_ManufacturerTypeInfo->Property="ProductionYear"
	Requisitos de informação do fabricante	Acessórios	
	Requisitos para estimativas de custos	Informações da compra	
	Requisitos para estimativas de custos	Custo no varejo	IfcWall->IfcCostValue : CostType="Retail"
	Requisitos para estimativas de custos	Unidade de custo no varejo	IfcWall->IfcCostValue : CostType="Retail" + UnitBasis
	Requisitos para estimativas de custos	Custo de instalação	IfcWall->IfcCostValue : CostType="Installation"
	Requisitos para estimativas de custos	Custo de montagem	IfcWall->IfcCostValue : CostType="Set Assembly"
	Materiais sustentáveis conforme critérios LEED	Locação da manufatura no prédio	IfcWall->IfcEnvironmentalImpactValue or IfcPropertySet with local LEED agreement
	Materiais sustentáveis conforme critérios LEED	Item selecionado da certificação verde	IfcWall->IfcEnvironmentalImpactValue or IfcPropertySet with local LEED agreement
	Planejamento da obra	Tempo de execução	assign IfcWall->IfcRelAssignsToProcess->IfcTask->IfcScheduleTimeControl.ScheduleDuration
	Planejamento da obra	Método executivo	assign IfcWall->IfcRelAssignsToProcess->IfcTask.WorkMethod
	Planejamento da obra	Tempo de instalação	assign IfcWall->IfcRelAssignsToProcess->IfcTask->IfcScheduleTimeControl.ScheduleDuration
	Planejamento da obra	Sequencia de instalação	
	Planejamento da obra	Data de início da instalação	assign IfcWall->IfcRelAssignsToProcess->IfcTask->IfcScheduleTimeControl.ActualStart
	Planejamento da obra	Data de término da instalação	assign IfcWall->IfcRelAssignsToProcess->IfcTask->IfcScheduleTimeControl.ActualFinish
	Planejamento da obra	Atraso previsto para entrega	assign IfcWall->IfcRelAssignsToProcess->IfcTask->IfcScheduleTimeControl.LateFinish
	Planejamento da obra	Identificador do calendário	assign IfcWall->IfcRelAssignsToProcess->IfcTask.TaskId
	Planejamento da obra	Aprovado por	assign IfcWall->IfcRelAssignsToProcess->IfcTask assigned to IfcApproval
	Planejamento da obra	Entregue por	assign IfcWall->IfcRelAssignsToProcess->IfcTask assigned to IfcApclor
	Planejamento da obra	Atividade no calendário	

Parede- Vedações internas		Objeto ou elemento BIM	Informação de uso geral
Categoria do item - Vedação interna		Sistema do edifício
	Descrição: um elemento em duas ou três dimensões. Um elemento de superfície vertical utilizado para dividir ambientes dentro de um edifício. Uma parede interna garante a privacidade entre espaços adjacentes. Uma parede interna pode ser ou não um elemento estrutural.		Categoria do item no sistema - Unifomat
LOD	Categoria de informação por item de informação. (verificar a planilha mestra das informações).	Item de informação (informação sobre o objeto ou elemento específico)	Suporte das classe IFC
LOD 400-Execução e fabricação			
Montagens ou execução precisas em termo de tamanho, forma, locação, quantidades e orientação com o detalhamento das informações.	Sequencia e logística da construção	Identificador da transmissão	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Sequencia e logística da construção	Lista de identificadores das transmissões	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Sequencia e logística da construção	Número da transmissão	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Sequencia e logística da construção	Revisão da transmissão	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Sequencia e logística da construção	Desvio da transmissão	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Sequencia e logística da construção	Nome da transmissão	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Sequencia e logística da construção	Descrição da transmissão	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Sequencia e logística da construção	Identificador da instalação	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Sequencia e logística da construção	Lista de identificadores da instalação	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Sequencia e logística da construção	Nome da instalação	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Sequencia e logística da construção	Fabricante da instalação	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Sequencia e logística da construção	Modelo da instalação	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Sequencia e logística da construção	Número de série da instalação	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Sequencia e logística da construção	Número da etiqueta da instalação	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Sequencia e logística da construção	Descrição da instalação	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2

Parede- Vedações internas		Objeto ou elemento BIM	Informação de uso geral
Categoria do item - Vedação interna		Sistema do edifício
	Descrição: um elemento em duas ou três dimensões. Um elemento de superfície vertical utilizado para dividir ambientes dentro de um edifício. Uma parede interna garante a privacidade entre espaços adjacentes. Uma parede interna pode ser ou não um elemento estrutural.		Categoria do item no sistema - Uniformat
LOD	Categoria de informação por item de informação. (verificar a planilha mestra das informações).	Item de informação (informação sobre o objeto ou elemento específico)	Suporte das classe IFC
LOD 400-Execução e fabricação			
Montagens ou execução precisam em termo de tamanho, forma, locação, quantidades e orientação com o detalhamento das informações.	Instalações e ativos da edificação	Identificador do registro	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Instalações e ativos da edificação	Identificador da lista de registros	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Instalações e ativos da edificação	Tipo de produto	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Instalações e ativos da edificação	Tipo de registro	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Instalações e ativos da edificação	Tipo do ativo	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Instalações e ativos da edificação	Registro aprovado por	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Instalações e ativos da edificação	Nome do registro	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Instalações e ativos da edificação	Referência do registro	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Instalações e ativos da edificação	Custo de recolocação	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Instalações e ativos da edificação	Unidade do custo de recolocação	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Instalações e ativos da edificação	Expectativa de vida	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Instalações e ativos da edificação	Unidade da expectativa de vida	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Instalações e ativos da edificação	Identificador do documento	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Instalações e ativos da edificação	Identificador da lista de documentos	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Instalações e ativos da edificação	Nome do documento	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Instalações e ativos da edificação	Nome do diretório do documento	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Instalações e ativos da edificação	Nome do arquivo	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Instalações e ativos da edificação	Tipo de documento	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Instalações e ativos da edificação	Identificador do manual	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Instalações e ativos da edificação	Nome do manual	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Instalações e ativos da edificação	Descrição do manual	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Instalações e ativos da edificação	Identificador da garantia	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Instalações e ativos da edificação	Lista de identificadores da garantia	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Instalações e ativos da edificação	Nome da garantia	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Instalações e ativos da edificação	Descrição da garantia	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Instalações e ativos da edificação	Início da garantia	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Instalações e ativos da edificação	Término da garantia	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Instalações e ativos da edificação	Identificador de estoque	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Instalações e ativos da edificação	Tipo de estoque	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Instalações e ativos da edificação	Lista de identificadores de estoque	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Instalações e ativos da edificação	Identificador do conjunto de estoques	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Instalações e ativos da edificação	Nome do estoque	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Instalações e ativos da edificação	Número de estoque	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Instalações e ativos da edificação	Descrição do estoque	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Instalações e ativos da edificação	Identificador de instrução	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Instalações e ativos da edificação	Nome da instrução	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Instalações e ativos da edificação	Descrição da instrução	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Instalações e ativos da edificação	Identificador de teste	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Instalações e ativos da edificação	Nome do teste	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Instalações e ativos da edificação	Descrição do teste	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Instalações e ativos da edificação	Identificador do certificado	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Instalações e ativos da edificação	Nome do certificado	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2
	Instalações e ativos da edificação	Descrição do certificado	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2

Parede- Vedações internas		Objeto ou elemento BIM	Informação de uso geral
Categoria do item - Vedação interna		Sistema do edifício
	Descrição: um elemento em duas ou três dimensões. Um elemento de superfície vertical utilizado para dividir ambientes dentro de um edifício. Uma parede interna garante a privacidade entre espaços adjacentes. Uma parede interna pode ser ou não um elemento estrutural.		Categoria do item no sistema - Unifomat
LOD	Categoria de informação por item de informação. (verificar a planilha mestra das informações).	Item de informação (informação sobre o objeto ou elemento específico)	Suporte das classe IFC
LOD 500-Como construído			
Conforme construído com precisão em termos de tamanho, forma, locação, quantidades e orientação.	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Etiqueta GIS	{IfcCoordinateReferenceSystem->IfcMapConversion (added in IFC2x4)}
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Etiqueta GPS	assigned to IfcSite with Ref.Longitude, Ref.Latitude, Ref.Elevation
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Posição GPS	assigned to IfcSite with Ref.Longitude, Ref.Latitude, Ref.Elevation
	Requisitos de informação do fabricante	Condição	
	Requisitos de informação do fabricante	Defeitos	
	Requisitos para estimativas de custos	Custo realizado	IfcWall->IfcCostValue : CostType="Recorded Actual"
	Requisitos para estimativas de custos	Custo da instalação	IfcWall->IfcCostValue : CostType="Installed"
	Requisitos para estimativas de custos	Custo que foi excedido do previsto	IfcWall->IfcCostValue : CostType="Over-Run"
	Materiais sustentáveis conforme critérios LEED	Documentação LEED	IfcWall->IfcEnvironmentalImpactValue or IfcPropertySet with local LEED agreement
	Materiais sustentáveis conforme critérios LEED	Avaliações de desempenho 'verde'	IfcWall->IfcEnvironmentalImpactValue or IfcPropertySet with local LEED agreement
	Instalações e ativos da edificação	Manutenção	atualização a ser verificada com o padrão COBIE2

Fonte: Adaptado de VA BIM Guide (2010)

[illegible]

Fonte: Adaptado de VA BIM Guide (2010)

2.6.14 Gestão e coordenação do processo de projeto em BIM

Ao observar de perto o que as disciplinas fazem quando trabalham com a informação de um edifício, logo se perceberá que a vista de uma disciplina não é somente um subconjunto de “toda” a informação do edifício.

Durante o processo de projeto, a informação é filtrada, idealizada e transformada em ciclos sucessivos de interações, em que os modelos individuais são mesclados, interferências detectadas, novas informações agregadas e novos problemas percebidos, conforme Figura 29.

Figura 29: Coordenação entre disciplinas

Fonte: Adaptado de buildingSMART (2012c)

Algumas vezes, novas informações são adicionadas por motivo de análises. Um engenheiro de estrutura analisa um edifício e cria seu próprio modelo a partir das interações com os demais modelos. Assim, componentes que não tenham uma função estrutural são considerados carregamentos, e informações irrelevantes, como cores ou propriedades térmicas, são desprezadas.

Diferentes visões do modelo podem também ser desenvolvidas para atender à necessidade da informação dos agentes. Dessa maneira, o modelo de uma estrutura é concebido com seus pilares contínuos para a criação de pórticos, mas esses pilares contínuos podem ser interrompidos no modelo do construtor, para adequar o modelo à forma como a estrutura do edifício é construída, através da sucessão de seus pavimentos (Figura 30a). O construtor por sua vez procura visualizar o espaço final e toda sua infraestrutura, enquanto o arquiteto irá se preocupar mais com o aspecto final do ambiente. (Figura 30b).

Figura 30: Diferentes visões e diferentes modelos

Fonte: Extraído de American Institute of Architects (2009)

Nederveen, Beheshti e Gielingh (2010) afirmam que a parte complexa é a relação entre os diferentes modelos. O processo de desenvolvimento de um projeto é cíclico e interativo, e no caso do BIM envolve a coordenação do processo de projeto, a coordenação do desenvolvimento do modelo (o produto resultante dessa interação) ocorrendo de maneira simultânea.

Portanto, a geração de um modelo de uma disciplina semanticamente rico é muito mais complexo que proceder a uma simples seleção; demanda esforços conjuntos e integrados por meio da gestão e coordenação do processo de projeto e do produto. Essa relação de coordenação é desenvolvida de maneira contínua e interdependente.

2.6.15 Análise crítica e controle de qualidade de projetos em BIM

Melhado (1994) define análise crítica de projetos como:

Avaliação do projeto ou de uma sua parte, propondo alterações ou complementações, visando atender a uma dada diretriz ou atingir um dado objetivo – adequar características do produto, aumentar sua construtibilidade, reduzir custos ou prazos, otimizar métodos construtivos e racionalizar a produção, ou quaisquer outros que contribuam para a qualidade. Melhado (1994), p. 200

Em seus slides de aula, Melhado (2009) relaciona alguns aspectos a serem verificados na análise crítica de um projeto, como, por exemplo: atendimento às normas técnicas aplicáveis ao caso; aplicação dos princípios de racionalização e construtibilidade; avaliação tecnológica e econômica; detecção de pontos desconsiderados ou mal resolvidos.

Os pontos-chave destacados por esse autor – nível de compatibilização das interfaces, atendimento de normas técnicas e detecção de pontos mal resolvidos – são normalmente problemáticos no processo de projeto e geradores de atrasos e retrabalhos.

Na rotina prática de projetos é comum ocorrer o que se denomina “compatibilização de projetos” conceito normalmente confundido com “análise crítica”.

Para Graziano (2003), a compatibilidade é definida como um atributo do projeto, cujos componentes dos sistemas ocupem espaços que não conflitem entre si e, além disso, os dados compartilhados tenham consistência e confiabilidade até o final do processo de projeto e obra.

Para Rodrigues e Heineck (2001), a compatibilização deve acontecer em todas as etapas do projeto, com foco na integração geral das soluções e nas verificações das interferências geométricas.

Melhado (1994) ressalta que cada um dos projetistas deve se preocupar em garantir a compatibilidade do seu trabalho com o dos demais membros da equipe, colaborando para a coordenação das interfaces.

De acordo com Picchi (1993), a compatibilização de projetos compreende a atividade de sobrepor os vários projetos e identificar as interferências, bem como programar reuniões entre os diversos projetistas e a coordenação, com o objetivo de resolver eventuais interferências detectadas.

Podemos sintetizar o conceito de “análise crítica” de maneira geral como a avaliação do conteúdo do projeto e “compatibilização” como a solução de interferências geométricas.

A síntese feita a partir da leitura dessas referências permite entender a compatibilização como um processo colaborativo, preservando a responsabilidade individual de cada um dos agentes, gerando projetos com dados consistentes e que possam ser compartilhados, com soluções integradas e sem interferências geométricas, de forma a garantir a construtibilidade do edifício.

No universo BIM, esses processos relacionados por Melhado são bastante facilitados, graças às ferramentas tecnológicas disponibilizadas. Em BIM, esses conceitos são tratados através de um processo denominado *clash detection* ou “detecção de interferências”.

Benning et al. (2010b) classificam a detecção de interferências em duas categorias: interferências baseados na geometria e interferências baseadas na verificação de regras.

Segundo o autor, a detecção das interferências baseadas na geometria consiste no processo de verificação cruzada entre as especialidades para a descoberta de intersecções geométricas entre elementos em 3D.

A detecção das interferências baseadas em regras é mais complexa, pois consiste na verificação dos requisitos e normas legais estabelecidos. O autor exemplifica o conceito através de diversos exemplos: “uma determinada tubulação não pode cruzar um determinado cômodo” ou “um elemento A e um elemento B precisam manter uma distância mínima de 40 cm” ou também “todos os elementos ‘parede’ precisam ser modelados na camada das paredes”. Isso significa que a detecção a partir de regras possibilita a identificação de conflitos mais complexos que necessitam ser verificados por softwares com habilidades de análises do modelo¹⁹.

Em uma análise mais aprofundada do problema, o autor categoriza ainda os dois tipos de interferências em três categorias.

1. **Interferências físicas fortes:** são interferências em que elementos colidem de forma a inviabilizar a execução física; elas ocorrem quando dois elementos se penetram ou se superpõem, conforme pode ser visto na Figura 31. Essas interferências podem ser de dois tipos: colisões entre o mesmo elemento (lado esquerdo da figura)

¹⁹ O *Solibri Model Checker* possibilita a verificação do modelo BIM através de um processo denominado *rule checking*, software apropriado para a detecção dessa classe de conflitos.

ou colisões entre vários elementos de uma ou várias disciplinas (lado direito da figura).

Figura 31: Interferência física forte

Fonte: Extraído de Benning et al. (2010b)

2. **Interferências físicas fracas:** são interferências que ocorrem quando um objeto intersecta uma área que pode afetar o movimento de objetos ou pessoas. São interferências que não impedem a construtibilidade, porém podem dificultar o uso do edifício em operação normal.

Interferências que bloqueiam acessos: ocorrem quando por exemplo uma tubulação bloqueia o livre acesso à uma determinada destinada por exemplo à manutenção, Figura 32.

Figura 32: Interferências que bloqueiam acessos

Fonte: Extraído de Benning et al. (2010b)

Interferências relacionadas com o tempo e movimentos: esse tipo de interferência ocorre, por exemplo, quando se imagina a colisão entre objetos móveis, como duas guias operando simultaneamente em um canteiro de obras.

3. **Interferências com normas e regulamentos:** esse tipo de interferência ocorre quando alguma norma ou regulamentação de códigos de edificações não é respeitada, como, por exemplo, uma tubulação que cruza um cômodo em uma cota muito baixa, ou um cômodo com dimensões menores que as mínimas regulamentadas pela lei. É possível também verificar o atendimento de requisitos específicos de acessibilidade de edificações, rotas de fuga para situações de emergência, entre outros. A Figura 33 mostra que o banheiro em questão não permite o acesso de cadeira de rodas, demonstrado pelo desenho de um círculo vermelho indicando essa interferência.

Figura 33: Interferência com a acessibilidade a um ambiente

Fonte: Extraído do help do software Solibri

Comentários

A compatibilização geométrica no universo BIM talvez seja um dos atributos mais conhecidos na prática atual; porém, o aspecto da verificação da compatibilização baseada em regras abre a possibilidade de estudos mais aprofundados do processo de análise crítica, podendo melhorá-lo sensivelmente, pois o atendimento de requisitos espaciais de programa e o atendimento às normas e a requisitos específicos do usuário podem ser feitos de maneira

automática, ampliando potencialmente o uso do BIM para as fases iniciais do processo de projeto e instrumentalizando adequadamente a atividade de análise crítica de projetos

2.6.16 A coordenação de projetos e o surgimento de novos agentes

Observa-se, com a crescente complexidade dos edifícios aliada ao advento do BIM, que existem dois grandes domínios envolvidos em um todo: a gestão do processo de projeto e a gestão da modelagem da informação (o produto da interação entre eles são os modelos BIM).

Esses domínios podem ser associados analogicamente ao funcionamento de duas engrenagens acopladas para ilustrar a interdependência entre o processo de projeto e o processo de modelagem da informação (Figura 34).

Figura 34: Inter-relação entre a gestão do processo de projeto e a gestão da modelagem da informação

Fonte: Autor

Porém, para que tais engrenagens possam girar de forma coordenada, é necessária uma gestão desse movimento. Um ponto essencial para o sucesso dos projetos, trazendo o movimento das engrenagens para o modelo BIM, é, de acordo com Moum, Koch e Haugen (2009), ter uma gestão eficaz do seu processo.

O campo do processo de projeto é complexo e as sucessões de ações recíprocas entre processos interativos e interdependentes e de papéis e ações podem ser vistas como a base para o desenvolvimento de boas soluções de projeto.

A complexidade crescente do processo de projeto introduziu ao longo do tempo a função de coordenador de projetos, pois, segundo Melhado (informação verbal)²⁰ o projeto é um processo e, como tal, necessita de gestão para atingir seus objetivos.

Para o exercício dessa gestão, Melhado (1994) define a coordenação de projetos como uma atividade decorrente de um caráter multidisciplinar, devendo ser exercida por profissional experiente, o coordenador de projetos, de forma imparcial e isenta, representando, em primeiro plano, o empreendedor e tendo os seguintes objetivos básicos:

Orientar a equipe de projeto e garantir o atendimento às necessidades dos clientes do projeto; garantir a obtenção de projetos coerentes e completos, isto é, sem conflitos entre as especialidades e sem pontos de indefinição ('vazios de projeto'); coordenar o desenvolvimento do projeto, distribuindo tarefas e estabelecendo prazos, além de disciplinar o fluxo de informações entre os participantes e demais envolvidos no projeto, transmitindo dados e realizando consultas, organizando reuniões de integração e controlando a qualidade do "serviço projeto"; decidir entre alternativas para solução de problemas técnicos, em especial nas interfaces entre especialidades. Melhado (1994), p. 199

A Associação de Gestores e Coordenadores de Projetos (2003b) descreve a atuação do coordenador de projetos de forma similar a Melhado (1994) e relaciona o seu papel nas diversas fases do processo de projeto convencional:

Fase a – concepção do produto

Apoiar o empreendedor nas atividades relativas ao levantamento e definição do conjunto de dados e de informações que objetivam conceituar e caracterizar perfeitamente o partido do produto imobiliário e as restrições que o regem, e definir as características que devem ter os profissionais de projeto a serem contratados.

Fase b – definição do produto

Coordenar as atividades necessárias à consolidação do partido do produto imobiliário e dos demais elementos do empreendimento, definindo todas as informações necessárias à

²⁰ Informação fornecida em sessão de orientação em 2012.

verificação de sua viabilidade técnica, física e econômico-financeira, e à elaboração dos projetos legais.

Fase c – identificação e solução de interfaces de projeto

Coordenar a conceituação e caracterização claras de todos os elementos do projeto do empreendimento com as definições de projeto necessárias a todos os agentes nele envolvidos, resultando em um projeto com soluções para as interferências entre sistemas e todas as suas interfaces resolvidas, de modo a subsidiar a análise de métodos construtivos e a estimativa de custos e prazos de execução.

Fase d – detalhamento de projetos

Coordenar o desenvolvimento do detalhamento de todos os elementos de projeto do empreendimento, de modo a gerar um conjunto de documentos suficientes para a perfeita caracterização das obras e serviços a serem executados, possibilitando a avaliação dos custos, dos métodos construtivos e dos prazos de execução.

Fase e – pós-entrega de projetos

Garantir a plena compreensão e utilização das informações de projeto e sua correta aplicação, e avaliar o desempenho do projeto em execução.

Fase f – pós-entrega da obra

Coordenar o processo de avaliação e retroalimentação do processo de projeto, abrangendo os diversos agentes do empreendimento e gerando ações para melhoria em todos os níveis de atividades envolvidos.

Porém, o BIM e seus processos têm uma forte base na tecnologia da informação, demandando dos profissionais mudanças em suas práticas de projeto e em sua relação com o objeto em si: o edifício. Essa questão remete a observações das práticas de projeto feitas por pesquisadores como Kalay (2004); Lawson (2006) e Schön (1983)

Schön (1983) caracteriza a prática do projeto como um diálogo reflexivo entre o projetista e a situação do projeto.

Kalay (2004) refere-se ao processo de projeto como uma relação cíclica entre dois paradigmas: o projeto como solucionador de problemas, em que o projetista busca soluções para os problemas; e o projeto como a montagem de um quebra-cabeça, o projetista vendo-o como um processo de descoberta em que as partes dadas são sintetizadas em um todo único.

Lawson (2006) descreve o processo de projeto como uma negociação entre o problema e a solução, por intermédio das atividades de análise, síntese e avaliação, o que desafia a compreensão do processo de projeto como apenas uma sequência de atividades.

Os requisitos de implantação e gestão do BIM vêm demandando novas habilidades específicas dos profissionais, e, por isso, têm surgido no mercado novos especialistas, destacando-se entre eles o gerente de BIM ou *BIM Manager*, como é mais conhecido no jargão.

Segundo Barison e Santos (2010), as empresas necessitam de um novo profissional que seja responsável pela coordenação que o contexto do BIM requer; afirmam os autores que a função principal desse novo profissional é gerenciar as pessoas na implementação ou na manutenção do processo de projeto em BIM.

A definição de suas autoridades e responsabilidades é bastante extensa e, de acordo com o Building and Construction Authority (2012), elas são genericamente resumidas nos seguintes termos:

1. Estabelecer e acordar um plano de execução BIM, garantindo o seu cumprimento e melhoria contínua, e também praticar todas e quaisquer responsabilidades ou funções, conforme exigidas no Plano de Execução BIM;
2. Criar, apagar, modificar e manter os direitos de acesso adequados para os usuários, para evitar perda de dados ou danos durante a troca de arquivos, manutenção e arquivamento;
3. Definir o ponto de origem do modelo, sistema de coordenadas e unidades de medida;
4. Definir o nome do modelo;
5. Facilitar a coordenação do modelo promovendo reuniões, incluindo análises de interferências e emissão de relatórios periódicos de compatibilização;
6. Dar a solução para o armazenamento do modelo;
7. Controlar a nomenclatura das versões do modelo;
8. Controlar os direitos de acesso dos usuários;
9. Agregar o modelo, tornando-o disponível para visualização;
10. Receber novos modelos, coordenar a troca de modelos, validar os arquivos, liberando-os para os demais projetistas, em acordo com os protocolos aplicáveis do plano de execução do BIM, mantendo uma cópia de segurança de cada arquivo recebido;
11. Tomar as precauções necessárias para garantir que não ocorram problemas de interoperabilidade, providenciando, para isso, os requisitos necessários de hardware,

software, licenças, formato de arquivos e necessidades de espaços de trabalho colaborativos;

12. Determinar as convenções a serem seguidas para o processo de revisão dos modelos BIM;
13. Estabelecer um protocolo de segurança de dados para prevenir a ocorrência de dados corrompidos, vírus, mau uso de dados ou danos deliberados pelos membros da equipe de projetos e outros;
14. Responsabilidade pelos *backups* regulares dos dados dos servidores de modelo;
15. Processamento de rotinas para garantir a segurança do modelo de dados;
16. Atualizar os aplicativos para impedir vulnerabilidades documentadas pelos fabricantes de software no modelo;
17. Estabelecer e manter a proteção de dados através de mecanismos de encriptação de dados;
18. Documentar e relatar qualquer incidente relacionado com o modelo;
19. Transferir incondicionalmente para o seu eventual sucessor todas as informações necessárias para a continuidade do trabalho.

Gallello (2008) acrescenta às habilidades do gerente de BIM a capacidade de pensamento não linear e de visão multidisciplinar e também o entendimento dos fluxos de trabalho do processo de projeto e conhecimentos sobre sua gestão.

O escopo de sua atuação é estabelecido considerando o papel que esse agente pode assumir. Assim, o Building and Construction Authority (2012) determina diferentes responsabilidades para o gerente de BIM levando em conta três contextos distintos: o contexto do processo de projeto, o contexto da empresa de projeto e o âmbito da construtora e do empreendedor.

Barison e Santos (2010) fazem raciocínio semelhante e relacionam algumas de suas responsabilidades. No trabalho em empresas de projeto, o *BIM Manager* será responsável pela implementação do BIM, pela coordenação das equipes de projeto, estabelecendo a conexão necessária entre os diversos escritórios.

Suas funções incluem também organizar os treinamentos e se manter informado sobre as novas atualizações de software, assumindo ainda a responsabilidade pela difusão dos conceitos BIM na organização e no mercado e com isso exercendo um papel estratégico no processo.

Contudo, os autores enfatizam a importância da existência de um plano de implementação do BIM como requisito para embasar o processo na empresa e colocam a responsabilidade em manter e implementar o plano como uma de suas funções precípuas, examinando e avaliando as metas do processo em BIM, e desenvolvendo um plano que atenda às demandas dos clientes, levando em conta a experiência da equipe de projeto e a disponibilidade de recursos.

Dentro da revisão dos “especialistas em BIM”, elaborada por Barison e Santos (2010), é relacionada ainda uma nova série de profissionais BIM, classificados segundo suas atribuições como: modelador, analista, desenvolvedor de aplicações, especialistas em modelagem, facilitadores, consultores, pesquisadores. Os autores concluem ressaltando a importância de mais pesquisas que investiguem a participação de todos esses especialistas a partir de uma abordagem organizacional, de modo a detectar quais conhecimentos e competências precisam ser criados para que uma organização obtenha vantagens competitivas.

Comentários

A revisão do tema mostrou pontos de grande relevância; um deles é a importância da gestão do processo de projeto, que, independentemente do suporte tecnológico a ser dado, precisa continuar existindo. Outro ponto ressaltado é o advento do BIM trazendo radicais transformações para o processo de trabalho tradicional e incorporando novas necessidades técnicas e organizacionais.

Esse tópico suscita relevantes reflexões.

A abordagem advinda dos profissionais especializados em TI tem sido a da especialização, desde um nível superior – gerente de BIM – até um nível inferior na cadeia de produção – o modelador de BIM –, o que nos leva a questionar se essa forma de visão focada na especialização de funções e na divisão do trabalho não tende a conduzir o processo de projeto a uma linha cada vez mais fordista e taylorista – filosofias que se caracterizam pela ênfase nas tarefas, cada vez mais atomizadas, com o objetivo de aumentar a eficiência em nível operacional.

Não seria esta uma forma de conceber os sistemas como simples agregados mecanicistas de partes em relações causais separadas umas das outras, resultando em uma concepção de causalidade linear unidirecional?

O pressuposto implícito nesse raciocínio é o da simplicidade, concepção segundo a qual é necessário separar as partes para entender o todo. Ou seja, separar o mundo complexo em partes para se chegar à compreensão do todo através da detecção de seus elementos simples. Daí a compartimentação do saber, que fragmenta o conhecimento em diferentes disciplinas.

Dessa forma criam-se os especialistas, aqueles que têm um acesso privilegiado ao conhecimento, estabelecendo-se uma hierarquia do saber.

A concepção do BIM, por sua vez, defende uma visão holística do edifício em todo o seu ciclo de vida, e termos como “integração” e “colaboração” são correntes em sua literatura, o que torna essa concepção mais coerente com a escola de pensamento sistêmico de Ludwig von Bertalanffy.

Bertalanffy (1975) define a Teoria Geral dos Sistemas como o método que procura entender o funcionamento dos sistemas, com o objetivo de classificá-los conforme seus componentes se organizam, de modo a identificar as “leis” ou os padrões característicos de comportamento de cada categoria de sistemas.

Um de seus princípios é a interdependência das partes: o todo é constituído de partes interdependentes, e, segundo o autor:

A tecnologia e a sociedade hoje se tornaram tão complexas que as soluções tradicionais já não são suficientes. É necessário utilizar abordagens de natureza holística ou sistêmica, generalistas ou interdisciplinares. Ou seja, os sistemas devem ser estudados como entidades e não como um ajuntamento de partes distintas.
Bertalanffy (1975)

Seriam necessários mais profissionais ou precisaria melhorar a qualificação dos atuais, agregando a eles mais competências? As divisões de funções pressupõem também uma divisão entre os campos da gestão e do projeto e o campo da tecnologia, o que pode levar a hierarquias baseadas no saber, resultando em silos de conhecimento, problemas de comando e tomadas de decisão, relações de subordinação e burocracia dentro das empresas.

Por outro lado, a carga de conhecimentos e habilidades requeridas, relacionadas tanto para o coordenador de projetos quanto para o gerente de BIM, mostra que um profissional que reúna sozinho a maior parte dessas competências é praticamente inexistente no mercado e sua formação plena iria requerer muitos anos de prática e de estudos aprofundados.

O mercado vive atualmente uma fase de transição e de início de implantação de uma nova tecnologia e novos processos.

Tome-se como exemplo a implantação de sistemas de gestão ERP, na prática existe um período que pode ser razoavelmente longo que requer a presença na empresa de técnicos especializados que irão treinar a equipe no uso do software e irão customizá-lo para atender às necessidades específicas da empresa. Findo esse período a empresa de maneira autônoma continua conduzindo os seus processos e utiliza eventualmente de suporte técnico para esclarecimento de detalhes ou para a configuração de novas versões do software.

Entendemos que com o BIM o processo seja semelhante. Porém, achamos que a demanda maior seja de natureza processual, devendo ser feita uma reestruturação dos processos de trabalho em função da tecnologia a ser implantada. Essa tecnologia, por sua vez, deve também ser pensada de modo a buscar, dentro dos limites possíveis, sintonia com os processos.

A figura de um gerente de BIM, em nosso entendimento, é dispensável em uma visão de longo prazo, pois, se analisarmos a descrição de suas funções – feita a partir da revisão bibliográfica –, iremos constatar que muitas delas, são superpostas às funções do coordenador de projetos, como, por exemplo: promover reuniões entre a equipe de projeto; emissão de relatórios periódicos de compatibilização; coordenar a troca de modelos; validar os arquivos, liberando-os para os demais projetistas; definir o ponto de origem do modelo, sistema de coordenadas e unidades de medida; capacidade de pensamento não linear e de visão multidisciplinar e também o entendimento dos fluxos de trabalho do processo de projeto e conhecimentos sobre sua gestão.

Portanto, entendemos ser necessário melhorar a capacitação desse profissional de coordenação de projetos, que atualmente é deficiente, sendo talvez esse fator que cause a necessidade de um profissional “salvador da pátria” – saída que nos parece incorreta por postergar a solução do problema.

Acreditamos, em uma perspectiva de longo prazo, que a melhoria da capacitação seja a solução mais correta, e a agregação de especialistas em determinadas funções requeridas pelo BIM, como preparação de famílias e outras de natureza meramente tecnológica, seja acessória, podendo ser complementada por profissionais subordinados ao coordenador de projetos.

2.6.17 Compartilhamento e troca de modelos BIM

A colaboração na AEC compreende complexos fluxos de trabalho em que diferentes agentes precisam ser incorporados em um conjunto comum de informações por um longo período de tempo. Durante o processo de projeto, quando a tecnologia BIM é utilizada, a colaboração acontece através da troca ou do compartilhamento dos modelos BIM ou de seus subconjuntos.

Como espinha dorsal de todo o ciclo de vida da edificação, as informações devem estar disponíveis no BIM a qualquer um dos agentes envolvidos, sempre que for necessário. Portanto, os mecanismos de troca e compartilhamento são essenciais para o desenvolvimento de metodologias de gestão que possibilitem acompanhar a evolução do projeto e o atendimento dos requisitos do cliente.

A revisão bibliográfica do tema foi feita basicamente com referência nas publicações de Isikdag e Underwood (2010) e Eastman et al. (2008), que compilaram as diferentes formas como as trocas de informação em BIM se processam.

Essas trocas vão desde mecanismos rudimentares, como a simples troca física de arquivos, até tecnologias sofisticadas de servidores de modelo, como Autodesk (2012b), ou Plataformas Abertas de Interoperabilidade, como descrito por Nummelin et al. (2010) no Projeto InPro.

A amplitude da pesquisa possibilitou classificar os métodos de troca em duas categorias uma baseada no formato do arquivo e outra na plataforma na qual a troca é feita, sendo possível também diversas combinações entre ambas.

Os resultados estão categorizados na Tabela 16 e serão comentados ao longo do tópico.

Tabela 16: Diferentes mecanismos e formatos de troca de informações em BIM

Trocas de acordo com o formato do arquivo	Trocas de acordo com a plataforma
Trocas através de API	Trocas de arquivos físicos de modelos separados
Formatos proprietários	Modelos federados
Formatos de exportação públicos	Servidores de Modelo em formato proprietário
Através de esquemas baseados em XML	Servidores de Modelo em formato IFC

Fontes: Isikdag e Underwood (2010); Eastman et al. (2008)

Troca de dados através de interfaces entre programas (API)

Eastman et al. (2008) definem esse método como uma ligação direta entre ferramentas específicas em BIM através de protocolos de comunicação proprietários conhecidos como *API (Application Programming Interface)* ²¹. Segundo Isikdag e Underwood (2010), esse método é mais apropriado para compartilhar dados, em vez de trocá-los, e geralmente ocorre em uma arquitetura do tipo *two-tier*²², ou “arquitetura de duas camadas”, na qual um aplicativo que requisita a informação é o “aplicativo cliente” e o aplicativo que fornece a informação é o “aplicativo servidor”, sendo a ligação entre esses aplicativos feita por meio dos protocolos da API.

Troca de dados através de formatos de exportação proprietários

Essa modalidade, de acordo com Eastman et al. (2008), é primariamente utilizada para as trocas, envolvendo o aspecto geométrico dos modelos. Enquanto uma troca através de API é feita diretamente entre máquinas em interface binária, a troca com um formato de exportação é implementada através de um arquivo em formato de texto legível pelo ser humano. O autor relaciona, como exemplos, o formato DXF (*Data eXchange Format*), definido pela Autodesk; o formato SAT, definido pela *Spatial Technology*; e o formato 3DS, para o aplicativo *3DStudio*.

Os autores concluem que, pelo fato de esses aplicativos terem propósitos específicos próprios, eles atendem plenamente às suas funcionalidades.

Troca de dados através de formatos de exportação públicos

As empresas de software normalmente irão preferir fazer as trocas por meio de parcerias com outros fabricantes utilizando uma API, pelo fato de esse método ser mais bem controlado, evitando que seus usuários venham a procurar soluções de empresas concorrentes.

²¹ *API* ou *Application Programming Interface* é um conjunto de rotinas, protocolos e ferramentas para o desenvolvimento de softwares e para a comunicação entre eles. O software que necessita das informações “pergunta” ao outro utilizando para isso as APIs, pois ela define os protocolos para essa finalidade.

²² Arquitetura *two-tier*, ou “arquitetura de duas camadas” é baseada em cliente/servidor. Quando uma requisição é feita a um aplicativo servidor pelo aplicativo cliente, o aplicativo servidor retorna com a tarefa ou informação solicitada.

Por outro lado, conforme mencionam Eastman et al. (2008), existe um desejo natural dos usuários em ir além dos limites de interoperabilidade fornecidos por uma única empresa.

O método de integração torna-se crítico em projetos envolvendo grandes equipes com diferentes especialidades, já que uma única empresa não terá necessariamente todas as melhores soluções de software. Berlo et al. (2012) opinam também que a escolha do software de trabalho deva ser de responsabilidade do profissional nele envolvido.

O setor governamental, por ser público, deve evitar soluções proprietárias que acabem criando monopólios para empresas individuais.

De acordo com Eastman et al. (2008), somente o IFC e o *CIM Steel Integration Standards* (CIS/2) para estruturas metálicas, conforme NIST (2012), são formatos públicos e normatizados. Assim, a tendência, segundo o autor, é que o formato IFC se torne cada vez mais o padrão internacional para a interoperabilidade em BIM.

Troca de dados através de esquemas baseados em XML

XML significa *eXtensible Markup Language*, uma extensão do HTML, que é a linguagem básica da *web*. O XML não é propriamente uma linguagem, pois permite a definição de uma estrutura e o significado dos dados em uma estrutura conhecida como “esquema”.

Os diferentes esquemas XML dão suporte a diferentes tipos de dados entre aplicações e são indicados por Eastman et al. (2008) para a troca de pequenos volumes de dados. Os autores relacionam ainda alguns formatos XML como: aecXML administrado pela Fiatech (2012); gbXML (*Green Building XML*), um esquema para transferir informações para análises energéticas preliminares; e IFCXML, um mapeamento parcial do esquema IFC para XML que atualmente dá suporte a usos para catálogos de materiais e listas de quantidades

Troca de dados através de arquivos físicos com modelos separados

Nessa modalidade, a troca ocorre através da simples transferência do arquivo físico gerado pelo software de modelagem por meio de mídias físicas como DVD ou de intranets ou extranets, ou repositórios, como *Dropbox®*, via *web*.

A Figura 35 ilustra esse procedimento.

Figura 35: Conceito de transferência por troca física de arquivos

Simples transporte do meio físico em DVD

Acesso através repositórios como p.ex. DropBox®

Fonte: Autor

Troca de dados através de modelo federado

Lowe e Muncey (2009) definem um modelo federado como um modelo composto por modelos distintos e ligados logicamente, em que suas fontes de dados não perdem a identidade ou integridade pelo fato de estarem ligadas; então, uma mudança feita em um dos modelos não cria mudanças nos demais componentes do modelo federado. A Figura 36 ilustra o esquema de um modelo federado.

Figura 36: Conceito de Modelo Federado

Fonte: Autor

Bentley (2003) define modelo federado como um banco de dados único em termos de sua lógica, mas distribuído e sincronizado em muitas partes. Isikdag e Underwood (2010)

complementam o conceito afirmando que esse conjunto ou federação de bancos de dados associados precisa ser coordenado por um aplicativo²³ para manter a consistência.

O modelo federado caracteriza-se por ser um sistema que permite aos usuários trabalhar com os dados e formatos da forma que entendem mais produtiva, permitindo também um controle central para gerenciar a conectividade e as grandes transações. Segundo Bentley (2003), esse método propicia ajustes finos e ganhos graduais no modelo BIM, criando um modelo globalmente escalável. O desafio para a gestão nesse método é manter a compatibilidade e a consistência entre os níveis dos modelos individuais com o modelo federado.

Troca de dados através de servidores de modelos

Servidores de modelos BIM são definidos por Vishal, Ning e Xiangyu (2011) basicamente como um conjunto de bancos de dados relacionais e centrais que funcionam como repositórios de informações que permitem que outras aplicações, utilizando a interface do banco de dados, possam atualizar seus modelos, importar informações de modelos de outras especialidades e gerar vistas de dados a partir de combinações de modelos.

Esses servidores têm por objetivo possibilitar a comunicação e a colaboração entre várias aplicações envolvidas no ciclo de vida de um edifício, incluindo ferramentas de projeto, análise, gestão de *facilities*, etc. e podem ser integrados com sistemas de gerenciamento de documentos e outras aplicações *web*, como bibliotecas de produtos. Essa capacidade de integração pode melhorar a colaboração, possibilitando a criação de uma fonte unificada para o acesso e compartilhamento de dados.

Eastman et al. (2008) e Hannus (2003) identificam o desenvolvimento da tecnologia e a implementação de servidores de modelo como fatores cruciais para aumentar a produtividade e a eficiência na AEC.

Beetz et al. (2011) mencionam que o processo de colaboração em BIM necessita de um modelo comum de dados e de uma tecnologia de banco de dados que permitam criar, ler, atualizar e apagar informações em nível semântico dos objetos e de seus atributos.

Jørgensen et al. (2008) relacionam alguns requisitos-chave para os servidores de modelo: compartilhamento de dados através de rede de dados, segurança, direitos de acesso aos usuários, utilização simultânea de vários usuários, vistas específicas de disciplinas, buscas *ad*

²³ Existem diversos softwares para esse fim, como, por exemplo, *Solibri Model Checker* ou *Navisworks*.

hoc, mistura dos modelos (*merge*), velocidade, desempenho, integridade, consistência, *backup* dos dados, histórico de atualizações do modelo e capacidade de armazenamento.

Num conceito mais amplo, segundo Nummelin et al. (2010), um servidor de modelos pode ser entendido como uma Plataforma de Colaboração. Os autores formularam no relatório do Projeto InPro um capítulo descrevendo os requisitos para o desenvolvimento de uma plataforma aberta de colaboração, descritos na Tabela 17.

Tabela 17: Requisitos de uma Plataforma Aberta de Colaboração

Dimensão	Descrição
Abertura	<p>Esse requisito está relacionado com o grau de dependência de um fabricante específico de software, ou uma linguagem determinada de programação ou plataforma. Distinguem-se alguns graus:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fechado; • Aberto em formato proprietário, que implica na dependência de um único fabricante; • Aberto em formato não proprietário, não depende de fabricantes. <p>A abertura é máxima quando são utilizados padrões abertos como o IFC.</p>
Interoperabilidade	<p>Esse requisito dependerá de dois pontos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comunicação: relacionado com a capacidade da plataforma suportar vários protocolos e tipos de comunicação; • Integração: relacionado com a capacidade da plataforma integrar com facilidade as aplicações ou recursos de software. Um pré-requisito é garantir a interoperabilidade sintática, mas somente a interoperabilidade semântica pode garantir efetivamente a integração para a colaboração e compartilhamento do conhecimento.
Semântica	Os meios digitais podem ter diferentes níveis semânticos e a

	plataforma pode dar suporte a desde níveis totalmente desestruturados até níveis semanticamente ricos: documentos, vistas, desenhos 2D, modelos de dados. Uma plataforma pode suportar um, alguns ou todos os níveis semânticos mencionados.
Abstração	A plataforma pode dar suporte aos dados dos modelos e também os metadados sobre a gestão do processo de projeto, como, por exemplo, o mapeamento do fluxo de trabalho.
Generalidade	Indica a amplitude do contexto da aplicação: genérica (para qualquer setor da indústria), AEC ou partes específicas como tipos de edifício ou tipos de construção.
Flexibilidade	Designa a capacidade de uma plataforma facilmente integrar novas funcionalidades sem mudar sua arquitetura global. Como exemplos: versionamento de arquivos, comunicação através de mensagens de texto ou vídeo conferência.
Segurança	A plataforma deve contemplar vários níveis de segurança e de proteção dos dados.
Acessibilidade	Indica a acessibilidade da plataforma em qualquer momento e de qualquer lugar e também a qualidade do serviço em termos de velocidade de comunicação e desempenho.
Portabilidade	<p>A portabilidade se relaciona com a capacidade de um sistema ser implementado em várias plataformas de hardware, com várias ferramentas e linguagens e com vários tipos de dispositivos.</p> <p>Por exemplo, a tecnologia <i>Service Oriented Architecture</i> (SOA) pode ser implementada através de <i>webservices</i>, linguagem Java, etc.</p>

Fonte: Adaptado de Nummelin et al. (2010)

Outros autores, como Vishal, Ning e Xiangyu (2011), também definiram os requisitos para servidores de modelos e formularam uma estrutura conceitual para o desenvolvimento de servidores de Modelos BIM, cujos requisitos estão relacionados na Tabela 18.

Tabela 18: Funcionalidades e requisitos técnicos de um Servidor de Modelos

Requisitos relacionados com a organização e o gerenciamento do modelo BIM	
Requisito	Funcionalidades
Repositório do modelo	Editor do sistema de nomenclatura
Submodelos e objetos com diferentes níveis de detalhes	Espaços públicos e privados para os modelos
<i>Globally Unique Identifier</i> (GUID) para todos os objetos de dados	
Acessibilidade do modelo	Segurança e acesso através de regras e direitos pré-estabelecidos
Administração hierárquica da estrutura do modelo	Opções de visualizações do modelo
Documentação e relatórios	Possibilidade de bloqueio de versão e arquivamento
Requisitos relacionados com a interface do usuário	
Atualização do modelo através de importação e exportação parcial de dados	Visualização em tempo real, impressão e marcas de comentários
Interface customizável	Requisitos relacionados à coordenação do projeto
Acesso em “clique de mouse” as propriedades dos objetos e suas modificações	Comunicação e interação da equipe
Visualização e facilidade de navegação no projeto	
Requisitos relacionados a segurança dos dados	
Suporte a confidencialidade, integridade e disponibilidade	Autenticação dos usuários
Segurança global do sistema	Criptografia
Controle de acesso	
Requisitos relacionados à configuração, implementação e suporte ao usuário	

Suporte ao gerenciamento do escopo do projeto	Suporte às tomadas de decisão no projeto
Suporte à Gestão do escopo do BIM	Ferramenta para a organização das tarefas como a <i>Design Structure Matrix</i>
Gerenciamento do Sistema de configuração	Suporte à administração do servidor
Visualização do <i>status</i> do sistema	Gerenciamento do sistema de formas de visualização
Suporte legal e contratual	Treinamento e suporte técnico

Fonte: Vishal, Ning e Xiangyu (2011),

De acordo com Beetz et al. (2011), os servidores de modelo podem ser classificados em duas categorias:

1. **Servidores exclusivos para ferramentas de formatos proprietários** com capacidade para controle de versões e múltiplos usuários. Podem ser citados como exemplos nessa categoria os sistemas da Autodesk (*Revit Server*), mais informações em Autodesk (2012a), e da Graphisoft (*Team work*), mais informações em Graphisoft (2012);
2. **Servidores para formatos abertos e não proprietários** originados de aplicações de diferentes fabricantes. Exemplos: *Open Source BimServer*, desenvolvido por BimServer (2012), e *EDM Server*, desenvolvido por Jotne (2012).

Servidores exclusivos para ferramentas de formatos proprietários

Dentro dessa categoria, o *Revit Server*, da Autodesk, será utilizado como exemplo para integração exclusiva dos softwares da empresa, para as áreas de arquitetura, estrutura e instalações.

Conforme Beetz et al. (2011), essa categoria de servidores trabalha com o conceito original de um repositório central de dados. Nesse conceito, um modelo central vai sendo modificado através de consecutivos acessos para adicionar, apagar ou modificar objetos. Por esse método, somente as mudanças (*deltas*) são comunicadas com o modelo central, exigindo uma alta qualidade de importação e exportação.

De acordo com a documentação disponibilizada por Autodesk (2012b), o esquema geral do *Revit Server* compreende três componentes principais:

1. **Servidor central (*host*):** um servidor que hospeda o modelo central dentro da WAN²⁴. Nesse esquema, os usuários normalmente não têm acesso direto a ele, a menos que estejam na mesma localização física.
2. **Servidor local ou acelerador:** um servidor localizado em cada um dos locais de trabalho. Uma cópia do modelo central é armazenada nesse servidor, que irá sincronizar com o servidor central.
3. **Revit server add on:** um aplicativo que faz a conexão entre a aplicação *Revit* e o servidor.

Uma vez que todos os componentes estejam instalados e configurados, o usuário sincronizará o seu modelo com o modelo central armazenado no Servidor Local. Assim, eles estarão sincronizados através de sua LAN²⁵. Uma vez completa a sincronização, as mudanças serão propagadas até o Servidor Central através da WAN e daí serão propagadas para o restante dos servidores locais.

Dessa forma, a sincronização com o modelo central torna-se mais rápida, pois o servidor local atua como um *cache* de memória e propaga para o servidor central, ou recebe dele, dependendo do caso, apenas os incrementos positivos e negativos das mudanças feitas em qualquer ponto por qualquer um dos outros usuários. A Figura 37 ilustra essa forma de relacionamento.

²⁴ A *Wide Area Network (WAN)*, ou rede de longa distância, também conhecida como rede geograficamente distribuída, conecta os usuários em distintos ambientes físicos.

²⁵ A *Local Area Network (LAN)*, ou rede de curta distância, conecta os usuários em um mesmo ambiente físico de trabalho.

Figura 37: Esquema do servidor de modelos *Revit Server* Autodesk

Fonte: Adaptado de Autodesk (2012a)

Servidores para formatos abertos e não proprietários

Tomaremos nessa categoria dois servidores que operam no formato IFC, o *BimServer*, desenvolvido por BimServer (2012), um projeto produzido em código livre (*Open Source*), e o *EDM Server*, de uso comercial, desenvolvido por Jotne (2012).

Nesse modelo de servidor, que opera no formato IFC, são carregadas diferentes instâncias do modelo IFC, que ficam armazenadas no servidor em um sistema de cascata, e a fusão somente ocorre mediante a solicitação do usuário, que pode escolher as combinações de modelos e de versões livremente para a fusão.

O modo de fusão do modelo difere dos servidores de formato proprietário, pois requer que o aplicativo nativo converta o seu modelo para o formato IFC e posteriormente o exporte. O mecanismo contrário, de volta, exige o mesmo procedimento.

O modelo fundido pode ser importado de volta para o usuário para análise das alterações. Esse sistema tem uma lógica semelhante à dos modelos federados, sendo um método menos

intrusivo, conforme Beetz et al. (2011), que o método utilizado pelos servidores em formato proprietário.

O problema mais difícil que pode ocorrer nesses servidores é a existência de objetos duplicados. Durante a fusão, o algoritmo de fusão deve detectar os objetos duplicados e fundi-los em uma única instância; porém, conceitualmente, concluem Beetz et al. (2011), o mesmo problema também ocorre nas sincronizações em tempo real, feitas pelo método dos servidores exclusivos.

O Open Source BIMServer não exige aplicativo cliente na máquina do usuário e sua interface é feita totalmente através de um *web browser*; já o EDM Server requer o uso de um aplicativo cliente (*IFCModelServerManager*) para a comunicação com o servidor.

Diferentemente do BIMServer, o EDM Server possui a funcionalidade de importação ou exportação parcial dos modelos (*check-in, check-out*), um processo no qual o usuário pode seleccionar apenas os objetos a serem editados e bloquear o seu acesso à equipe enquanto faz as alterações necessárias.

No aspecto geral, as funcionalidades desses servidores permitem: importação e exportação em IFC, ifcXml, ifcZIP; controle das versões de IFC utilizadas; notificações de alterações através de sistema de RSSfeed; criação de modelos georeferenciados; fusão parcial ou total dos modelos; controle de revisões; comparação de versões permitindo que o software encontre as mudanças entre versões; filtragem permitindo a escolha de objetos específicos; e detecção de interferências (*clash checking*) (Figura 38).

Figura 38: Esquema de funcionamento de uma rede WAN com o BIMServer

Fonte: Autor

Discussões sobre os métodos apresentados

A revisão bibliográfica evidenciou a existência de múltiplos métodos de compartilhamento de arquivos em um estágio em que a indústria ainda está evoluindo, sem, contudo, existirem posições fechadas a respeito dos métodos, e sim muitos balanços com os seus prós e os seus contras.

Sobre o uso de servidores de modelo ou de modelos federados existem opiniões divergentes, porém não excludentes, o que pode evidenciar que a combinação de diferentes métodos seja um caminho que mereça ser mais bem-pesquisado.

Algumas opiniões de autores são necessárias para a conclusão desse tópico.

Jørgensen et al. (2008), ao estudarem o assunto, apresentam uma tabela na qual comparam os diversos tipos de métodos de compartilhamento de modelos, chegando a algumas conclusões que estão resumidas na Tabela 19.

Tabela 19: Quadro comparativo entre os diferentes Métodos de compartilhamento de Modelos

Características	Modelos separados	Modelos Federados	Modelo compartilhado em servidor de modelos
Redundância	Ocorre redundância quando alterações que são feitas em determinado modelo precisam ser estendidas a todos os modelos	Ocorre redundância quando são feitas alterações sendo necessário que as mesmas sejam feitas em todos os modelos em que ocorrem.	A redundância pode ser evitada, e as operações de atualização são feitas uma única vez
Integridade e	Regras e procedimentos	Regras e procedimentos são	As regras e os

consistência	são criados separadamente em cada organização, e com isso a verificação cruzada fica difícil de ser feita	criados separadamente em cada organização, mas é possível fazer a verificação cruzada através de softwares como <i>Solibri</i> ou <i>Navisworks</i>	procedimentos devem ser definidos em comum. A verificação cruzada é feita no modelo hospedado no servidor
Acessibilidade	Os diversos agentes têm acesso através do envio físico desses modelos ou vistas parciais	Os agentes e o coordenador acessam frequentemente o modelo federado, e o cliente acessa normalmente através de vistas do modelo	Os usuários podem ter seu acesso de acordo com regras e podem extrair os dados e produzir suas próprias vistas no momento que necessitarem
Responsabilidade pelo Modelo	Cada organização é proprietária de seu próprio modelo	Cada organização é proprietária de seu próprio modelo	A organização do grupo como um todo é responsável pelo modelo; porém, cada organização, de forma independente, pode garantir suas responsabilidades dentro dele
Propriedade do Modelo	Cada organização é proprietária de seu próprio modelo	Cada organização é proprietária do seu próprio modelo	O direito autoral do modelo é compartilhado
Desempenho	Os recursos são	Os recursos são	Os recursos não são

desperdiçados quando os mesmos dados precisam ser criados e mantidos em múltiplos modelos	desperdiçados quando os mesmos dados precisam ser criados e mantidos em múltiplos modelos	desperdiçados
---	--	---------------

Fonte: Adaptado de Jørgensen et al. (2008)

Vishal, Ning e Xiangyu (2011) realizaram estudos de caso utilizando o servidor de modelos EDM em IFC e relataram alguns problemas: interface com o usuário complexa e confusa; necessidade de melhoria do *help* do programa e criação de tutoriais; problemas com objetos duplicados; e melhoria das funcionalidades de comunicação.

Berlo et al. (2012), em recente pesquisa realizada com os usuários na Holanda, com o objetivo principal de identificar entre os usuários se os padrões abertos como o IFC atendem às necessidades da indústria, revelou alguns pontos importantes nessa discussão, que serão descritos a seguir:

Marcação, bloqueio e liberação de objetos no servidor: o fluxo sequencial de solicitação para efetuar mudanças em um servidor homogêneo²⁶ não é bem aceito pelos usuários, que preferem o acesso simultâneo.

Trabalho em tempo real em um repositório de dados: a principal razão para muitos usuários trabalharem em ambientes de softwares homogêneos é a sincronização em tempo real. A solução de marcar os objetos para solicitar liberações cria atualmente diversas instâncias diferentes no repositório de dados.

Entretanto, o “tempo real” não existe de fato. O que existe é um atraso no tempo de sincronização, mesmo quando diversos usuários se conectam em um banco de dados.

Argumentam os autores que a questão importante é definir a frequência de sincronização desejada pelos usuários.

²⁶ Os autores se referem a softwares em ambientes homogêneos para sistemas proprietários, como, por exemplo, o *Revit Server*, que aceita somente os aplicativos da Autodesk.

Os autores entendem que não existem fundamentalmente diferenças entre usar um único banco de dados (homogêneo) no qual todos se conectam ou um conjunto de bancos de dados distribuídos, que é sincronizado em determinado momento (modelos federados).

Eles observaram que as capacidades de sincronização em tempo real foram na prática desligadas e transformadas em sincronizações manuais. Cada vez mais, os usuários na AEC têm manifestado preferências por sincronizações feitas uma vez ao dia ou até uma vez por semana. Além disso, com o crescimento da complexidade dos edifícios e o crescimento associado do volume de dados, o hardware nem sempre tem capacidade de sincronizar completamente o banco de dados. Os usuários preferem extrair um subconjunto de dados que contenha somente a informação necessária no momento.

Troca de dados e informações

Os usuários pesquisados entendem que a falta de acordos para a troca de informações é um ponto crucial na transformação da indústria para o uso do BIM em seu maior potencial. Os pesquisados acreditam que os conceitos de IDM e MVD podem resolver essa questão, mas esperam que a *BuildingSMART* acelere o desenvolvimento e a implementação prática desses métodos.

A questão principal que originou a pesquisa, realizada por Berlo et al., foi investigar se os padrões abertos como o Ifc atendem às necessidades da indústria, o que, segundo eles, positivamente ocorrerá quando o Ifc for utilizado com modelos federados. A conclusão do experimento holandês é que o Ifc, combinado com processos inteligentes, cria um ambiente de colaboração estável e utilizável na AEC.

Argumentam os autores que, quando se trabalha com o uso de modelos federados em Ifc, nem todos os membros da equipe necessitam ter o mesmo nível de experiência com o BIM, diferentemente do que ocorre em ambientes com softwares homogêneos.

Outra conclusão da pesquisa é que muitas das preocupações sobre a interoperabilidade na prática não são sobre a interoperabilidade semântica, mas sobre a quantidade de informação necessária e suficiente para executar uma tarefa específica em um projeto, problema que tem respostas no domínio do planejamento do processo do projeto, e não na tecnologia.

Os autores concluem que:

A AEC espera que as soluções oriundas da IDM venham facilitar isso. Os profissionais experientes não estão preocupados em criar um modelo de dados perfeitos e sim uma engenharia de alta qualidade para o edifício. Os usuários de BIM estão focados em ferramentas BIM que deem suporte tanto para o desempenho para a execução de uma tarefa específica quando colabore efetivamente com os parceiros de projeto. Berlo et al. (2012), p. 8

2.6.18 Fases do processo de projeto em BIM e o IPD

A implantação do BIM em uma perspectiva de longo prazo irá mudar não só as práticas de trabalho, mas também as relações contratuais entre os agentes.

Graças à tecnologia envolvida na construção do modelo BIM, é possível o trabalho concorrente dos diversos agentes, o que na prática pode significar um grande impulso para o advento da Engenharia Simultânea na AEC.

É exigido um elevado grau de maturidade para se chegar a essa fase, que, além da mudança na prática, irá requerer a mudança das relações contratuais para um novo objetivo.

O IPD foi o conceito desenvolvido pela American_Institute_of_Architects (2007) como embasamento e resposta para a necessidade das mudanças das práticas contratuais necessárias à plena implementação do BIM. A AIA define IPD como:

O Integrated Project Delivery (IPD) é uma abordagem de entrega do projeto que integra pessoas, sistemas, estruturas e práticas de negócio em um processo que colaborativamente aproveita os talentos e conhecimentos de todos os participantes para otimizar os resultados do projeto, aumentar o valor para o proprietário, reduzir o desperdício, e maximizar a eficiência em todas as fases de projeto, construção e fabricação. American_Institute_of_Architects (2007), p. 1

Matthews e Howell (2005) identificam quatro problemas sistêmicos da abordagem contratual convencional que justificam a adoção do IPD: as boas ideias não são divulgadas; o arranjo contratual convencional limita a cooperação e a inovação; muitas dificuldades para a coordenação decorrentes das imposições contratuais; e a ocorrência de pressões para otimização das soluções locais por especialidade, em detrimento do projeto como um todo.

Zhang e Guangbin (2009) relacionam seis características básicas do IPD: processos altamente colaborativos que abrangem o processo de projeto; construção e entrega do edifício; aproveitamento das contribuições individuais dos especialistas nos instantes iniciais do projeto; troca aberta de informação entre os agentes de projeto; sucesso da equipe ligado ao sucesso do projeto, como resultado do compartilhamento dos riscos e benefícios; processo de decisão baseado na análise de valor para o edifício com plena utilização da tecnologia da informação como suporte do trabalho.

As características do IPD, mencionadas acima, levam a uma nova distribuição de esforços para a consecução do projeto, graças à sinergia que pode ocorrer entre o BIM e o IPD. Pode-se concluir pelo postulado que o IPD é um pré-requisito para a implementação do BIM e vice-versa.

O BIM pode acelerar rapidamente o processo de trabalho pela sua capacidade tecnológica, e o IPD, aproveitando a capacidade de simulação de processos que o BIM proporciona, pode encorajar a participação mais cedo de todos os agentes, que, dessa forma, passam a ter melhores condições de colaborar cada qual com sua visão para um melhor resultado do edifício como um todo. A diferença entre o processo convencional e o processo com o IPD é ilustrada nas figuras 39 e 40. Na Figura 39, o processo convencional é mostrado numa organização rígida e sequencial, evidenciando que o processo ocorre com baixas interações entre as etapas, e a informação é conduzida apenas de uma fase para a outra.

Na Figura 40, a integração possibilitada pelo BIM + IPD fará com que as etapas aconteçam de maneira simultânea, trazendo para o princípio do processo a totalidade dos agentes, tendo como consequência trocas de informação mais ricas e verticais ao longo da cadeia de produção.

Figura 39: Processo tradicional - sequencial

Fonte: Adaptado de Succar (2008)

Figura 40: Processo BIM+IPD - simultâneo

Fonte: Adaptado de Succar (2008)

A Curva MacLeamy (Figura 41) é uma figura bastante conhecida que sintetiza todos os conceitos. Nela é mostrada a relação entre o esforço de concepção e o tempo despendido – linhas 1 e 2 –, indicando como o esforço é tradicionalmente distribuído – linha 3 – e como ele pode ser redistribuído como resultado da sinergia entre o BIM e o IPD – linha 4.

Figura 41: Curva MacLeamy

Fonte: Adaptado de American Institute of Architects (2007)

A terminologia constante na legenda da curva sofreu algumas adaptações para a realidade brasileira, principalmente em relação à nomenclatura das fases do Projeto Tradicional. Assim permanece a nomenclatura tradicional: estudos preliminares, anteprojeto, pré-executivo, executivo e detalhamento, e as etapas de contratação da obra e construção.

2.6.19 Adoção do BIM

O processo de adoção do BIM tem sido estudado por diversos autores. Gu et al. (2010) relatam um nível ainda relativamente baixo de implementação do BIM e apontam alguns fatores como: falta de iniciativa e treinamento, natureza fragmentada da AEC, relutância da indústria em querer modificar os seus processos de trabalho.

Em pesquisa realizada Khemlani (2007b) encontrou aspectos importantes para a adoção do BIM: a colaboração ainda é realizada fundamentalmente em desenhos CAD 2D; existe uma

grande demanda por bibliotecas mais simples e melhorias das ferramentas de modelagem; há um aumento de demanda das tecnologias que dão suporte ao trabalho colaborativo de equipes; a preferência pelas ferramentas de modelagem varia segundo o porte da empresa – as empresas menores preferem ferramentas mais simples e intuitivas e as companhias grandes envolvidas em projetos complexos preferem ferramentas mais adaptáveis às suas necessidades; a visualização 3D deixou de ser a maior demanda dos usuários, que agora, mais que simples visualização, necessitam de mais informações; existe uma necessidade urgente no mercado de melhor treinamento e suporte técnico; análises de desempenho e interoperabilidade são importantes, mas não foram consideradas relevantes entre os pesquisados.

A adoção do BIM será analisada neste tópico a partir de vários pontos de vista. Inicialmente será estudado o modelo de Succar (2009). Esse autor vislumbra a adoção do BIM a partir de estágios de evolução e que posteriormente será feita uma revisão bibliográfica dos principais manuais de implementação do BIM, localizados na pesquisa.

2.6.20 Estágios de adoção segundo Succar

Succar (2009) entende que a adoção do BIM por empresas e profissionais seja um processo de longo prazo desenvolvido em estágios. Esse autor elaborou um modelo de maturidade no qual estabelece critérios e pesos para qualificar o estágio da empresa baseado em diversos requisitos. De forma simplificada, o autor classifica os estágios de implementação em cinco graus: Pré-BIM, BIM estágio 1, BIM estágio 2, BIM estágio 3 e BIM estágio – *Integrated Project Delivery*, ilustrados na Figura 42 e definidos em seguida.

Figura 42: Estágios de evolução do BIM

Fonte: Adaptado de Succar (2009)

Estágio zero – pré-BIM

Esse estágio é definido pelo autor como “estágio desarticulado”, baseado em desenhos CAD 2D, com algumas visualizações em 3D, sem integração entre os diferentes documentos gerados no processo de trabalho, como levantamentos quantitativos e especificações.

As práticas de trabalho nesse estágio não são colaborativas e o processo de projeto é sequencial e assíncrono. Nesse estágio, a AEC tem grandes problemas devido aos baixos investimentos na tecnologia da informação e na falta da interoperabilidade.

BIM estágio um – modelagem

Este é, segundo o autor, o estágio inicial da implementação do BIM e se baseia na modelagem individual das disciplinas com softwares, como *Archicad*, *Revit*, *Tekla* e outros. Os usuários geram modelos normalmente para a fase de projetos, construção ou operação. Os produtos comumente gerados por esses modelos são a criação automática de desenhos, compatibilização de projetos, visualizações 3D e tabelas simples de quantitativos de portas, volumes de concreto, etc.

O processo de trabalho continua a ocorrer de forma não colaborativa, as trocas de informações entre os agentes são unidirecionais e a comunicação se dá de maneira assíncrona. As alocações de risco entre os agentes e o comportamento organizacional persistem sem mudanças.

Entretanto, o autor desta tese acredita que a natureza semântica acaba por encorajar o avanço para o próximo estágio, o de colaboração.

BIM estágio dois

Após o estágio um, os agentes adquiriram habilidade na modelagem de suas especialidades e iniciam o processo de colaboração com outras disciplinas através da troca de arquivos em formatos proprietários ou de exportações no formato IFC entre softwares em BIM.

Essa colaboração pode ocorrer dentro de uma ou duas fases do ciclo de vida do edifício, como, por exemplo: troca “projeto-projeto” entre modelos de arquitetura e estrutura, troca “projeto-construção” entre modelos de estrutura e modelos para fabricação de estruturas metálicas e troca “projeto-operação” entre modelos de arquitetura e modelos para gestão das utilidades. O autor menciona que apenas um dos modelos precisa conter as informações da geometria do edifício, para permitir as trocas semânticas em BIM, e cita como exemplo a troca entre um modelo de arquitetura e um modelo para a geração de cronogramas (4D) ou custos (5D).

A comunicação continua a ser assíncrona, porém surge a necessidade de uma delimitação de responsabilidades maior, exigindo mudanças em contratos, uma vez que a colaboração feita diretamente nos modelos BIM acaba por eliminar os documentos tradicionais. O nível de granularidade da informação tende a aumentar na medida em que o modelo BIM vai evoluindo e substituindo os modelos mais simplificados feitos nas fases iniciais do projeto.

BIM estágio três – integração

Nesse estágio, o desenvolvimento do BIM está na sua plenitude, com modelos semanticamente ricos sendo criados, compartilhados e mantidos de forma colaborativa através de todo o ciclo de vida do edifício. A integração pode ocorrer com o uso de diversas tecnologias como “servidores de modelos” utilizando formatos proprietários, abertos ou não proprietários, modelos centrais ou modelos federados e computação em nuvem.

Esse estágio se caracteriza pela troca interdisciplinar de modelos, permitindo análises mais complexas do desempenho do edifício. O autor conclui afirmando que, do ponto de vista do processo, nesse estágio as trocas síncronas que ocorrem através do modelo BIM ocasionam a superposição de fases do projeto, tendendo a um “processo sem fases”.

BIM estágio quatro – IPD

O estágio final é o atingimento da fase do IPD. Nesse estágio, as relações contratuais se alteram e se baseiam na colaboração efetiva por todos os agentes envolvidos. Os princípios do IPD, de acordo com o American_Institute_of_Architects (2007), são: respeito e confiança mútuos; benefícios mútuos e recompensas; inovação e decisões feitas em conjunto; envolvimento de todos os agentes e definição dos objetivos no princípio do processo; planejamento intenso; comunicação aberta; tecnologia adequada; organização; e liderança.

2.6.21 Manuais e guias de implementação BIM

Observam-se esforços de diversas organizações no mundo que visam estruturar o processo de trabalho para o BIM. Esses trabalhos estão documentados sob a forma de manuais de boas práticas e guias de implantação do BIM.

Sem a pretensão de esgotar o assunto, uma vez que se percebe a velocidade com que esses manuais vêm sendo publicados, o objetivo deste tópico é compilar e comentar os manuais mais recentes, visando com isso obter subsídios para o desenvolvimento do Modelo Conceitual desta Tese. A Tabela 20 resume o material pesquisado que será comentado ao longo do capítulo.

Tabela 20 - Guias de implementação de BIM

Nome	Ano	País
<i>The Contractor's Guide to BIM</i>	2006	Estados Unidos
<i>Building Information Modeling Roadmap</i>	2006	Estados Unidos
<i>Gsa (General Services Administration)</i>	2007	Estados Unidos
<i>General Buildings Information Handover Guide</i>	2007	Estados Unidos
<i>Senate Properties</i>	2007	Finlândia
<i>NBIMS</i>	2007	Estados Unidos
<i>National Guidelines for Digital Modeling</i>	2009	Australia

<i>BIM Execution Planning Guide</i>	2010	Estados Unidos
<i>InPro</i>	2010	Consórcio de diversos Países Europeus

Fonte: Autor

The Contractor's guide to BIM, Associated General Contractors of America, AGCA (2006)

O objetivo desse guia é essencialmente educar os contratantes de BIM, incluindo seus benefícios, ferramentas e aplicações. O conteúdo é organizado em cinco tópicos: implementação do BIM a partir da conversão do 2D para 3D; ferramentas básicas de software; o processo em BIM e como ele é conduzido; esclarecimento das responsabilidades fundamentais de cada agente envolvido; e as áreas de risco nas quais os contratantes precisam se preocupar.

O guia identifica benefícios aos contratantes, como capacidade de detectar colisões, visualização 3D; menos erros na execução; melhoria da possibilidade da pré-fabricação; e capacidade de simular diferentes cenários, entre outros.

Em relação à implementação, o guia discute a alternativa da conversão dos desenhos 2D, em contraste com o uso do modelo 3D desenvolvido por uma equipe de projeto, usando BIM, e uma seção inteira do guia é dedicada ao exame dessa questão.

O guia também discute o número de modelos que serão produzidos, colocando a questão da interdisciplinaridade e a necessidade de combiná-los em um modelo composto; porém, não deixa clara a necessidade da tecnologia de servidor de modelos para organizar as trocas e montar esse modelo composto.

O guia fornece algumas sugestões concretas para dar início ao uso da tecnologia BIM, incluindo a configuração da equipe, a escolha do projeto e a escolha do software e do hardware.

Com relação às responsabilidades, o guia enfatiza que, embora o uso do BIM possa mudar os caminhos pelos quais os projetos são concebidos, projetados, comunicados e construídos, ele não alterará as principais responsabilidades dos membros da equipe do projeto.

Apesar de não responder a todas as questões jurídicas decorrentes da relação entre contratantes e projetistas o guia discute algumas preocupações e oferece sugestões para os contratantes, como, por exemplo, recomendando que os contratantes façam o melhor para ter um bom entendimento com todas as partes sobre o direito de contar com as informações do modelo. Lembra também a necessidade de controle de versões e de acessos para que seja possível fazer auditoria do modelo, visando com isso preservar as responsabilidades de todos os envolvidos.

O guia é um bom trabalho introdutório, fornecendo orientações úteis sobre os passos iniciais. Ele adverte, por exemplo, que o BIM não garante automaticamente a colaboração, mas permite que projetos sejam mais colaborativos. Este é um *insight* útil para a indústria em geral. Para dar outro exemplo, o guia enumera uma série de entraves que podem impedir que os contratantes viessem a usar a tecnologia, como medos (dos aspectos legais, do risco, da mudança, do desconhecido, etc.), custos de investimento inicial, tempo para aprender como usar o software e, talvez, falta de apoio das lideranças da empresa, que pode constituir a maior barreira para muitos.

Porém, algumas falhas são detectadas no guia: a discussão de solução de softwares ficou aquém das soluções disponíveis: por exemplo, ao mencionar ferramentas de modelagem BIM enumerou apenas soluções para arquitetura, ignorando completamente as soluções para estrutura e instalações.

Também não discutiu como a estimativa de custo pode ser feita a partir de um modelo BIM – uma das tarefas mais importantes de um contratante – e tampouco mencionou que o BIM tem potencial para fazer orçamentos mais eficientes e precisos.

Em nenhum momento, o guia aborda a gestão do processo de projeto necessária para o BIM; apenas explicita no tópico “O processo BIM: como ele será conduzido?”, as questões relacionadas às estratégias de modelagem e a conversão de 2D para 3D. Faltou empenho para falar da organização das informações a partir do uso da metodologia da IDM e da necessidade do mapeamento das trocas das informações.

Para finalizar nossa análise sobre esse guia, concluímos que, embora seja considerado, em muitos aspectos, útil para iniciantes, ele não contempla importantes pontos relacionados à gestão do processo do projeto e da integração do BIM como um todo.

Building Information modeling roadmap versão 1, USACE (2006)

O objetivo desse guia é estabelecer linhas estratégicas de implantação do BIM para o Exército Americano. Existem duas versões deste guias: a inicial, direcionada para o uso da Tecnologia BIM da Bentley²⁷, publicado em 2006, USACE (2006), e a atual, de 2010, USACE (2010), desenvolvido pela Autodesk para o US *Army Corps*.

Numa análise inicial do guia de 2006, verificamos que o conteúdo é organizado em três capítulos: “Introdução”, “Visão e objetivos” e “Apêndices”.

A Introdução examina os conceitos básicos e conhecidos sobre o BIM e sua importância, e apresenta a estrutura do documento. O Capítulo Dois discorre sobre a visão, os objetivos e a importância estratégica do BIM, e o coloca dentro dos planos de longo prazo da organização. Em seguida é dada a definição clara e obrigatória do uso da tecnologia BIM, desenvolvida pelo fabricante Bentley, justificando essa decisão em virtude de uma rápida implantação obtida com uma única plataforma – decisão que procura diminuir os riscos da implantação ao abrir mão da interoperabilidade aberta com o formato IFC.

O guia propõe metas de implantação, estabelecendo, para o ano 2008, a capacitação básica em alguns projetos específicos; para 2010, o uso para todo o ciclo de vida – 90% desse uso em acordo com os padrões nacionais da *National BIM Standard* (NBIMS); para 2012, o pleno uso operacional em todas as fases e em todos os projetos; e, para 2020, a automação das tarefas ao longo do ciclo de vida, ensejando nesse horizonte o pleno amadurecimento da tecnologia.

As fases de implantação são descritas em maiores detalhes e metas de curto prazo são estabelecidas; porém, se observa um foco do documento apenas nos aspectos da tecnologia, e o trabalho colaborativo não aparece em nenhum momento como meta a ser atingida, denotando que o entendimento é restrito aos aspectos tecnológicos do problema.

Os apêndices detalham a estratégia. No Apêndice A dessa publicação, são definidos os objetivos estratégicos e estabelecidas métricas para avaliar a implementação do processo. É feita a escolha do sistema de indicadores baseado na metodologia “Seis Sigma”²⁸, no qual são fixadas metas quantitativas de implantação. Por exemplo: para estabelecer a capacidade inicial definida até 2008, um indicador tem o foco na reutilização dos modelos BIM para

²⁷ Bentley Systems, Incorporated.

²⁸ Disponível em: <<http://www.isixsigma.com/new-to-six-sigma/getting-started/what-six-sigma/>>. Acesso em: 6 março 2012.

planejamento e projeto, determinando como métrica a redução de 15% no tempo gasto para essas tarefas.

As demais métricas são semelhantes e quantitativas, com foco na aproximação dos padrões NBIMS. Percebe-se, porém, que as metas têm pouco encadeamento ao não contemplarem a evolução do processo por graus de maturidade e não colocarem na balança todos os fatores envolvidos, como: tecnologia, processos e políticas. A abordagem até certo ponto simplista mostra uma visão que provavelmente não refletiu sobre todas as nuances que o assunto encerra. Ao final, chega-se ao uso total do BIM, mas não fica suficientemente claro como esse caminho deve ser percorrido, já que somente metas são colocadas, sem especificar como os processos, tanto tecnológicos quanto colaborativos, deverão ocorrer.

O Apêndice B é mais interessante e procura, por intermédio de perguntas e respostas, preparar o usuário para as resistências que ocorrerão, fornecendo de antemão as justificativas necessárias. Nas linhas guia de implantação é mostrado que ocorrerão problemas e mudanças no processo e são propostas algumas etapas nas quais isso acontece: é apresentado um “time de transição”, com a definição de gerente de BIM e suas responsabilidades, e proposto um programa de treinamento para a equipe. O programa de treinamento é detalhado e parece ter sido desenvolvido em parceria com a Bentley.

O manual é superficial quando esboça os comentários sobre a gestão do processo de projeto, limitando-se a esclarecer a necessidade do gerente de BIM e a definir as responsabilidades convencionais para os agentes projetistas. Nada é falado sobre como o processo irá se desenvolver, e o foco principal é no uso da ferramenta e no estabelecimento de metas para resultados.

Uma parte do guia descreve a organização da estrutura de dados, mas o processo aí descrito ainda é visto de maneira sequencial e até certo ponto burocrática, não sendo possível perceber a interatividade do processo possibilitada pela tecnologia.

Na configuração do processo, o guia propõe o uso de um modelo mestre com algumas regras, sem, contudo, mencionar qual a tecnologia de servidor de modelos será utilizada e como serão gerenciadas as trocas de informação.

Em relação às mudanças que normalmente ocorrem no projeto, o guia direciona para um procedimento, não acessível, de autorização prévia, provavelmente um padrão que remeta essa decisão para outra instância, mostrando que o processo de trabalho deva ser burocrático,

ficando claro que essa importante função de gestão não é do gerente de BIM, porém não especificando quem deva ser esse agente, nem sua relação com o processo de projeto.

No final são feitas as especificações técnicas de modelagem, genéricas e pouco informativas, deduzindo-se que o detalhamento deva ser feito no programa em parceria com a Bentley.

Por fim, é feito um resumo das funções do gerente de BIM, com foco em suas responsabilidades, mas, ao longo de toda a leitura do guia, fica claro que o entendimento do BIM, embora correto em termos dos resultados a serem obtidos, ainda é simplista ao colocar o foco da mudança exclusivamente na tecnologia.

Os processos de trabalho não são em nenhum momento discutidos, focando-se apenas a fase de projeto, não deixando claro, porém, como os agentes externos ao processo – profissionais de projeto – serão contratados e como ocorrerão as fases de trabalho. Também nenhuma colocação é feita sobre a necessidade da gestão do fluxo das informações, essencial ao processo de projeto, tanto na tecnologia convencional quanto na tecnologia BIM.

Building Information Modeling roadmap versão 2, USACE (2010)

O objetivo desse guia é estabelecer as linhas para a implantação específica do software *Revit* da Autodesk, que foi escrito por essa empresa para o Exército Americano.

O conteúdo é organizado em três capítulos: Introdução; Fluxo de trabalho de Implantação do *Revit*; e Recursos do *Revit*.

O Capítulo um discorre sobre o software em geral, focalizando sua capacidade paramétrica e reforçando os conceitos de integridade resultantes de um modelo BIM.

O Capítulo dois aborda, de maneira mais prática, a implementação do *Revit*, são colocados pontos importantes para otimizar o uso da ferramenta e recomendadas boas práticas relacionadas à estratégia de modelagem, e com um enfoque elucidativo na definição dos espaços de trabalho, ou *worksets*, como são denominados. Nesse ponto específico é colocada, de um ponto de vista estritamente técnico, a questão do compartilhamento do modelo e da colaboração, deixando claras, porém, as diferentes estratégias recomendadas – o que para o objetivo de um guia prático é adequado e evita problemas futuros para os usuários.

São colocadas também questões importantes relacionadas à evolução do grau de detalhamento do modelo nas diferentes fases de desenvolvimento do projeto. O Capítulo três propõe diversas “dicas” sobre as boas práticas recomendadas para o uso da ferramenta,

recomendando alguns procedimentos que irão facilitar o trabalho do usuário e evitar problemas futuros.

O guia finaliza direcionando detalhes mais abrangentes e específicos para um plano de treinamento que é fornecido pela Autodesk e enumerando as etapas desse treinamento.

Conclui-se que a proposta do guia como um plano de implementação do BIM não é adequada, pois, embora tecnicamente apropriado, ele traz poucas referências sobre o BIM e sua gestão ou implantação. É exclusivamente focado na implantação de uma ferramenta específica de modelagem – no caso, o *Revit*.

BIM Guides serie 1, General Services Administration (2007)

O guia da General Services Administration (GSA) foi originado a partir do programa de implantação do BIM dessa instituição, chamado “Programa 3D-4D-BIM”, que teve início no ano 2003.

A GSA²⁹ é o órgão norte-americano responsável pela administração dos edifícios públicos, que movimentou 12 bilhões de dólares em investimentos de construção e manutenção desses edifícios. Um estudo do NIST identificou a falta de interoperabilidade da informação como a principal causa do desperdício e retrabalho dentro desse amplo programa da GSA. Do total investido, 4,2% foi estimado como desperdício, o equivalente a 650 milhões de dólares.

Foram identificados os seguintes itens prioritários a serem superados com a implantação do programa BIM: erros e omissões de projeto; documentação da etapa de *as-built*; problemas na fase de uso e ocupação; validação de medidas para análises espaciais; e desempenho energético.

O programa focou inicialmente no problema da validação dos espaços, essencial para a determinação dos valores de utilização de seu portfólio imobiliário.

O guia oficial da GSA teve sua primeira versão no ano 2007, denominanda *GSA BIM Guide Series 1 – Overview e Series 2 – Spatial Program Validation*. A série de guias cresceu para um total de oito volumes, organizados atualmente na seguinte relação: Série 1: 3D-4D-BIM – visão geral / Série 2: Validação da programação de uso dos espaços / Série 3: 3D, Escaneamento a *laser* / Série 4: BIM 4D / Série 5: Operação e desempenho energético / Série

²⁹ Disponível em: <<http://www.gsa.gov/portal/category/100000>>. Acesso em: 6 março 2012.

6: Validação da circulação e segurança / Série 7: Elementos do edifício / Série 8: Gestão das utilidades e instalações.

A Série 1 é destinada aos funcionários, consultores e prestadores de serviço da GSA. Oferece uma visão geral do Programa Nacional e contém as tecnologias e serviços de suporte, em um texto abrangente para ser usado como um guia de referência pelos membros da GSA, para determinar os tipos de aplicações em BIM adequados para cada projeto específico.

A Série 2, destinada à validação do programa de uso dos espaços, tem por objetivo estabelecer as diretrizes para a medição dos espaços de maneira consistente e eficiente. A validação desses espaços constitui uma importante métrica para usos posteriores, como o estabelecimento de orçamentos, contratos para a ocupação, determinação da renda obtida com os edifícios, etc.

Como todos os projetos e obras da GSA são contratados de terceiros, é importante, já durante a fase de concepção dos projetos, que as diferentes equipes de projetistas tenham um critério único para a determinação dos espaços, para que eles possam ser aprovados em termos de uso, conforme o programa de necessidades.

Foi desenvolvido um padrão denominado *GSA Concept Design View* para a incorporação em seus softwares de modelagem. Esse padrão foi produzido para ser utilizado através do formato neutro IFC, com a finalidade de gerar modelos BIM que possam ser verificados automaticamente pelos requisitos espaciais da GSA.

Essa série está dividida em quatro seções principais:

Seção um: Programa Espacial BIM – descreve o objetivo geral, história e processo para a apresentação do programa espacial BIM e os requisitos de modelagem para criar o BIM e para a sua apresentação em IFC.

Seção dois: Espaços e zonas – descreve como e aonde criar os limites do espaço e como atribuir as informações necessárias para referenciá-las aos objetos espaciais.

Seção três: Elementos de construção – descreve os elementos de construção necessários para a validação espacial.

Seção quatro: Regras e análises do modelo BIM – descreve as regras de análise às quais serão submetidos os modelos BIM, destacando casos especiais que podem afetar essa análise

A Série 3 tem por objetivo estabelecer diretrizes técnicas e normativas para o uso da tecnologia de escaneamento a *laser*, com a finalidade de: melhorar a documentação da fase de *as-built*; gerar documentação para a preservação e conservação do patrimônio histórico; e propiciar visualização para aperfeiçoar a gestão das instalações.

A Série 4 objetiva conceituar e estabelecer diretrizes técnicas para o uso da tecnologia BIM, em conjunto com o planejamento de obras, conhecido como BIM 4D.

Essa série está organizada em três seções: na primeira são fornecidos os principais conceitos; na segunda é feita a definição para o escopo de trabalho em 4D e a definição do nível de detalhe a ser trabalhado; e a terceira seção desenvolve e especifica os requisitos técnicos necessários.

A Série 5 estabelece as diretrizes técnicas para auxiliar o estudo do desempenho energético dos seus edifícios. É um guia que define, essencialmente, os conceitos básicos para uma análise BIM do desempenho energético de um edifício e determina uma série de definições de espaços, de critérios de cálculo e de formatos de arquivos (IFC, IFCxml, gbXML,) necessários para as análises energéticas.

A Série 6, que trata da validação da circulação e segurança, não apresenta um manual impresso, mas remete a um projeto desenvolvido em conjunto com a empresa Solibri³⁰ e o Georgia Institute of Technology³¹, com o objetivo de automatizar um método para avaliar e aprovar a circulação em edifícios de tribunais federais.

Esse estudo de caso foi apresentado pelo Professor Charles Eastman no Congresso TIC 2011³². Nesse congresso foi exposto o problema básico: as rotas entre público, juízes, advogados e réus em tribunais têm requisitos de segurança, não podendo se comunicar diretamente.

Para o estudo da circulação foram simuladas, com o software *Solibri Model Checker*, 27 mil rotas possíveis usando 302 regras de circulação em apenas dez segundos de processamento.

Tanto a Série 7, que trata de elementos construtivos do edifício, quanto a Série 8, que aborda a gestão das instalações, não se encontravam disponíveis para ser baixadas no *site* da GSA, na ocasião da pesquisa.

³⁰ Disponível em: <<http://www.solibri.com/>>. Acesso em: 6 março 2012.

³¹ Disponível em: <<http://www.gatech.edu/>>. Acesso em 10 março 2012.

³² Disponível em: <<http://www.lcad.ufba.br/tic2011/>>. Acesso em 10 março 2012.

A análise global de toda a série dos guias pesquisados oferece uma visão abrangente do projeto de implantação do BIM, focando aspectos prioritários para a GSA. O guia é redigido de forma clara e didática, com ênfase no aspecto prático, mas bem-fundamentado, sem se prender a aplicativos específicos e procurando colocar as diretrizes em termos universais para sua utilização.

General Buildings Information Handover Guide,

NIST (2007)

O objetivo desse guia é auxiliar o desenvolvimento da AEC, fornecendo orientação em metodologia, tecnologias e normas para melhorar a eficiência e a qualidade do uso, e compartilhamento da informação através do ciclo de vida das edificações. Ele oferece uma estrutura de representação para definição e entrega de pacotes de informação entre os participantes de empreendimentos, procurando abranger as esferas empresariais e institucionais.

A estratégia principal recomendada pelo guia é baseada na necessidade das informações para os clientes a jusante de cada fase do processo do empreendimento e na maneira como essas informações poderão ser utilizadas.

Um importante conceito apresentado é o da informação estruturada. Os dados são estruturados de forma a ser interpretados por computadores, sem necessidade da intervenção humana. Essa estruturação permitirá um alto grau de integração e de automação dos processos de trabalho.

Concluimos que esse guia atende aos objetivos propostos e, por trazer em si um conhecimento de base, pode fornecer as diretrizes para se escreverem guias de implantação.

Nesse sentido, ele aborda, do ponto de vista conceitual e metodológico, as etapas necessárias para esse fim, tratando-se, portanto, de um guia da infraestrutura do conhecimento.

Bim Requirements, Senate (2007)

*Senate Properties*³³ é a empresa estatal da Finlândia, subordinada ao Ministério das Finanças, responsável pelo gerenciamento do patrimônio imobiliário do governo finlandês.

Os requisitos especificados ao longo desse guia visam atender às demandas de edifícios novos e de reformas de edifícios estatais do governo finlandês.

O objetivo do guia é desenvolver procedimentos operacionais gerais em projetos para o uso da tecnologia BIM, especificando, de forma detalhada, os requisitos para a construção de modelos de informação. Trata-se de um guia que visa cobrir os estágios principais do ciclo de vida de uma edificação, entendendo a modelagem BIM como um processo que irá tornar os projetos mais precisos e com isso servir de base para dar suporte a decisões de investimentos a partir da comparação de escopos e de alternativas visando ao desempenho em longo prazo das edificações em seu ciclo de vida.

O desempenho energético é enfatizado nesse guia, ficando clara a necessidade de sua simulação em fase de projeto e, posteriormente, de sua gestão eficaz na fase de operações. O guia também entende que a qualidade das soluções de projeto virá principalmente do trabalho colaborativo de troca de informações entre os agentes envolvidos; porém, deixa claro que a colaboração não descartará as responsabilidades e as habilidades individuais de cada especialidade.

O guia é extenso, constituindo-se de oito volumes: Volume 1: Aspectos gerais / Volume dois: Modelagem a partir dos edifícios existentes / Volume três: Projeto de Arquitetura / Volume quatro: Projeto de Instalações / Volume cinco: Projeto Estrutural / Volume seis: Garantia de qualidade e modelos combinados / Volume sete: Levantamento de quantitativos / Volume oito: Uso dos modelos com objetivos de visualização.

O volume 6, focado na garantia de qualidade e nos modelos combinados, será analisado com maior profundidade, visto que seu escopo é de aplicação maior aos objetivos desta tese.

O guia declara, logo no princípio desse volume, que seu principal objetivo é melhorar a qualidade das soluções de projeto e as trocas das informações entre as partes envolvidas. Para que esse objetivo seja alcançado, ele deixa claro a importância da responsabilidade do cliente e dos próprios projetistas.

³³ Disponível em: <<http://www.senaatti.fi/index.asp?siteID=2>>. Acesso em: 6 março 2012.

Como princípio geral, o guia entende que a garantia de qualidade do modelo BIM diz respeito principalmente à validação do seu modelo no formato IFC. Estabelece que o processo de garantia da qualidade seja dividido em duas partes: a parte dos projetistas e a parte do cliente.

Os projetistas devem ser responsáveis integralmente pelo seu processo interno de qualidade e, nesse sentido, o objetivo do guia é apenas fornecer recomendações baseadas em boas práticas de trabalho.

Como orientação importante, o guia aconselha que, antes do envio do modelo para a aprovação do cliente e posterior distribuição aos demais, o modelo seja verificado no seu formato nativo e também no formato IFC, recomendando também que o processo de verificação interno ao escritório seja feito por um profissional especializado nesse tipo de análise, que não seja o autor.

São recomendados também dois métodos para garantir a qualidade do modelo BIM: métodos de checagem, para situações pontuais, e métodos de análise, para análise sistêmica, mais relacionada com o desempenho esperado do edifício, simulado através do uso do modelo BIM.

O entendimento do guia com relação ao processo de qualidade do modelo é essencialmente o de sua análise de compatibilidade e de integridade do seu formato IFC.

Ele entende que o modelo final, resultante da combinação dos modelos das especialidades individuais, deverá ser checado em termos de sua integridade e do atendimento dos requisitos do cliente, o que inclui a análise do desempenho.

Embora não fique explícito, o guia se apropria de diversas ilustrações obtidas a partir do software *Solibri Model Checker*, um software especializado exatamente nessas duas características de análise: integridade do modelo BIM e atendimento de requisitos de programa.

Porém, o guia não aborda como a gestão do processo de projeto e principalmente a gestão do fluxo das informações devam ser feitas para que o modelo resultante tenha a qualidade esperada. Esse é o ponto falho do guia – não abordar a gestão do processo, limitando-se a focalizar o resultado desse processo. Não há dúvida que, se somente o produto for analisado, isso causará impacto no processo e provocará ciclos de retrocesso, uma vez que apenas a análise individual de cada especialidade – enfatizada como responsabilidade do projetista – não garante por si só a integração e a colaboração ao longo do processo.

Também se dá pouca ou nenhuma atenção à tecnologia para a troca de informações e a geração de modelos federados. No aspecto de processos colaborativos, o guia também é omissos.

Concluindo, o guia mostra-se bastante completo na parte da gestão do Modelo BIM, mas é falho na gestão do processo de projeto para dar suporte a essa tecnologia.

National Building Information Modeling Standard Version 1 - Part 1: Overview, Principles, and Methodologies, NIBS (2008)

A partir de uma visão global da ineficiência da construção civil nos Estados Unidos, em que em 2008 se estimou um movimento financeiro da ordem de um trilhão e duzentos e oitenta e oito milhões de dólares (US\$ 1.288.000.000), com uma perda aproximada em torno de 57%, decorrente das inúmeras deficiências sistêmicas, representando um montante de seiscentos bilhões de dólares (US\$ 600.000.000.000), desperdiçados ano após ano, o *National Institute of Building Sciences* (NIBS), ao publicar esse guia, sinaliza o BIM como alternativa para redução dessas perdas e melhoria do processo.

O NIBS criou o *National Building Information Modeling Standard* (NBIMS), comitê cujos planos e métodos de trabalho, organização, filosofias, políticas, incluídos em seu projeto, se constituirão em uma norma nacional composta por guias, classificações, práticas recomendadas e especificações.

Esse guia é o primeiro de uma série e contempla os princípios gerais que nortearão o desenvolvimento de outros manuais de especificações de processos a serem adotadas a partir de proposições consensuais entre os agentes do setor.

A visão principal do guia é estabelecer princípios para o BIM em todo o ciclo de vida do edifício, tendo a interoperabilidade aberta como um dos seus pilares para promover essa ampla integração. Esse guia é dividido em cinco seções, e sua abordagem conceitual busca abranger os conceitos e requisitos que deverão se constituir em norma.

Os conceitos-chave relacionados à interoperabilidade e à troca de informações a partir de IDM e MVD são bem-fundamentados, mostrando que, mais que um guia técnico, trata-se de um referencial para a organização de processos em BIM.

Como anexo a esse primeiro documento, foi também definido um modelo de maturidade, o *Capability Maturity Model* (CMM), para ser usado como instrumento de medida do grau de

maturidade de implementação do BIM. Esse modelo parte de requisitos mínimos e por meio da avaliação de requisitos de desempenho chega até a modelos evoluídos de implementação e interoperabilidade pelo ciclo de vida.

National Guidelines for Digital Modeling, CRC-Australia (2009)

O *Cooperative Research Centre* (CRC) é uma associação constituída por empresas e representantes do setor da construção civil australiana. Congregado na *Queensland University of Technology*³⁴, o CRC subordina-se ao programa de pesquisas do governo australiano. Um de seus objetivos é o desenvolvimento de tecnologias-chave, ferramentas e sistemas de gestão para melhorar a eficiência da indústria da construção na Austrália.

O guia em análise é um dos resultados dessa iniciativa do CRC. Sua meta é a discussão do uso da tecnologia BIM pela indústria da construção civil australiana, o objetivo de encorajar o desenvolvimento e a adoção de uma prática nacional normatizada. A ênfase da publicação é menos nos aspectos tecnológicos e mais nos processos e nas questões políticas que podem auxiliar a obter o pleno potencial do BIM.

O guia apresenta riqueza de informações, e um de seus aspectos mais significativos é trazer informações relevantes para os agentes envolvidos que querem ampliar seus conhecimentos sobre o impacto do BIM em suas profissões e como incorporá-lo efetivamente em seus processos de trabalho.

Outro aspecto importante desse guia é oferecer uma estrutura comum de linguagem para orientar no desenvolvimento de práticas de trabalho. Quando as práticas ainda não estão consolidadas, como no caso do BIM, a ausência de pontos comuns, mesmo que rudimentares, aumenta as chances de as pessoas não chegarem, através do diálogo, a um alinhamento dos seus objetivos.

O guia vem acompanhado de um documento anexo composto de seis estudos de caso, utilizando processos colaborativos em BIM. Cada um dos casos é ilustrado com desenhos e fotografias. A descrição desses estudos de caso inclui o programa de necessidades do projeto, as perspectivas de cada um dos agentes envolvidos, as razões de adoção do BIM, detalhes dos aplicativos utilizados, níveis de detalhes dos modelos, resumos dos fluxos de trabalho

³⁴ Disponível em: <<http://www.qut.edu.au/>>. Acesso em: 6 março 2012.

adotados, processos colaborativos, requisitos de treinamento, problemas e soluções, e uma avaliação das principais contribuições do BIM para o projeto.

As seções iniciais desse guia oferecem uma boa visão geral para os leitores iniciantes, incluindo os principais usos dos modelos BIM. São introduzidos conceitos importantes, como o da qualidade do modelo, fases de desenvolvimento do modelo e nível de detalhe dos objetos. Essas seções são de interesse particular para os agentes que trabalham no nível estratégico dentro das organizações, pois apresentam o espectro das opções de uso do BIM com os desafios correspondentes associados.

As seções seguintes são de interesse mais específico para os profissionais, oferecendo recomendações de boas práticas de modelagem, introduzindo o que deve e o que não deve ser modelado, a quantidade apropriada de dados a ser incorporada ao modelo nos diferentes estágios do projeto e quando a modelagem deve ser considerada concluída.

São oferecidos conselhos para a configuração dos modelos e para o estabelecimento de protocolos de trabalho para a equipe de projetos, juntamente com instruções de implantação prática do BIM, incluindo fluxos de trabalho e listas de verificação que consistem em definir, para cada uma das fases do projeto, “o quê”, “por quem” e “quando” as coisas devem ser feitas.

O guia pode ser entendido, de maneira geral, como um guia gerencial para a implantação do BIM, descrevendo, mais que uma norma prescritiva, as mudanças necessárias nos processos da indústria. Porém, apesar da relevância dos aspectos abordados, a discussão de modelos para a gestão do processo de projeto continua restrita às questões da coordenação BIM do modelo, que é discutida de maneira bem completa nos pontos relacionados à qualidade da auditoria do modelo, sem, contudo, propor metodologias de gestão que deem suporte ao desenvolvimento da modelagem.

Da mesma forma, embora a IDM e seus principais componentes sejam descritos de maneira clara e simplificada, sua correlação com o processo de projeto, principalmente na definição do fluxo das informações e das trocas entre os agentes, não é mencionada.

BIM Execution Planning Guide, PennState (2010)

Esse guia foi desenvolvido pela Universidade Estadual da Pensilvânia através de um programa de pesquisa denominado *Computer Integrated Construction Research Program*³⁵.

³⁵ Disponível em: <<http://www.engr.psu.edu/ae/cic/>>. Acesso em: 6 março 2012.

O objetivo do guia é servir de manual prático para as equipes de projeto, de modo a orientar na elaboração de um plano estratégico para a implantação do BIM desde os estágios iniciais de um projeto.

O guia está estruturado em oito capítulos, resumidos a seguir:

Capítulo um: visão geral da metodologia proposta para estabelecer um plano de implantação em BIM / Capítulo dois: metodologia para identificar os usos a serem dados para o BIM / Capítulo três: metodologia para planejar o processo de projeto em BIM / Capítulo quatro: metodologia para definir as trocas de informações / Capítulo: metodologia para definir a infraestrutura para dar suporte ao processo BIM / Capítulo seis: metodologia estruturada para a implantação do processo BIM em uma equipe, através de reuniões e tarefas intermediárias / Capítulo sete: metodologia para a implantação do BIM dentro de organizações / Capítulo oito: conclusões e recomendações a partir das lições aprendidas na elaboração do guia.

Juntamente com o guia é fornecido um modelo para ser preenchido pela equipe de projeto, de maneira a acompanhar cada passo previsto dentro do guia.

De todos os guias analisados, este em particular apresenta, de forma clara e estruturada, o BIM como um processo. Ao identificar cada um dos usos do BIM é utilizada a metodologia da BPMN para representar os agentes, as atividades e as trocas de informação.

Para documentar as trocas, é proposta, em particular, uma planilha que identifica os agentes e as informações necessárias para cada uma das tarefas do processo. São fornecidos mapas genéricos para diversos usos do BIM

Além desses mapas genéricos, é fornecido também um exemplo preenchido com o estudo da construção de um laboratório.

Projeto InPro, Benning et al. (2010a)

O *Open Information Environment for Knowledge-based Collaborative Processes throughout the Lifecycle of a Building*³⁶ (InPro) – programa de pesquisas desenvolvido durante quatro anos, de 2006 a 2010 – foi copatrocinado pela Comissão Europeia, tendo um orçamento de 13 milhões de euros. Participaram desse projeto vinte organizações de nove países europeus. O programa foi liderado por cinco construtoras europeias em associação com empresas de consultoria em TI, arquitetos, universidades e centros de pesquisa.

O principal objetivo desse projeto foi o desenvolvimento de uma metodologia para o processo de projeto colaborativo de edifícios em suas fases iniciais, e de uma Plataforma de Informações Aberta (*Open Information Environment* – OIE), segundo Tarandi e Houbaux (2010).

Um ponto relevante na abordagem do InPro foi a integração entre a tecnologia da informação e os processos de gestão dos negócios. Essa integração foi definida como a relação entre um “puxão de negócios” (*business pull*) e um “empurrão de tecnologia” (*technology push*).

A metodologia desenvolvida como produto do InPro se sustenta a partir do desdobramento de três diretrizes estratégicas do projeto:

1. O desenvolvimento de novos conceitos de negócios e processos para o trabalho colaborativo, baseado em modelos BIM em interface de informações aberta;
2. Uso inteligente da Tecnologia da Informação através do compartilhamento, troca e reuso das informações durante o ciclo de vida da edificação;
3. Desenvolvimento de ações de suporte para implantação direta na construção civil europeia.

O trabalho desse projeto de pesquisa foi organizado em dez pacotes (*Work Packages*), estruturados em quatro grupos correlacionados com os objetivos do projeto (Figura 43).

³⁶ Disponível em: <<http://www.inpro-project.eu/main.asp>>. Acesso em: 6 março 2012.

Figura 43: Macroestrutura do Projeto InPro

Fonte: Adaptado de Benning et al. (2010b)

Os conceitos de negócios, desenvolvidos no WP1, criam incentivos para que o setor da construção foque sua atenção nas fases iniciais do projeto (*early design*). O WP2 visa à estruturação dos processos iniciais de colaboração e de comunicação do projeto com uma perspectiva do ciclo de vida. Os processos de negócios, com suporte de tecnologia da informação, foram desenvolvidos no WP3 e integrados no WP4.

As inovações de negócios integradas com suas tecnologias de apoio para o ambiente de informação aberta foram desenvolvidas no WP5 e validadas em projetos pilotos de grande escala no WP6.

O objetivo dos WPs 7, 8 e 9 era estruturar o treinamento, a exploração e a disseminação de conhecimentos. A gestão do projeto como um todo foi realizada no WP10.

A Plataforma de Informações Aberta, desenvolvida no WP5, foi elaborada em uma plataforma de TI denominada *Open ICT Platform* (OIP) que consistia em um servidor de modelos, *Share-A-space*, Eurostep (2011), que utilizava padrões abertos em IFC.

A arquitetura dessa plataforma na qual o *hub* de colaboração BIM foi inserido está projetada para dar suporte a: modelo completo; modelos agregados de diferentes disciplinas; exportação e importação de modelos parciais; gerenciamento de mudanças e fluxos de trabalho; troca de informações utilizando um modelo neutro de troca baseado em IFC.

O uso prático dessa plataforma foi demonstrado a partir de provas de conceito e do mapeamento de sete processos-chave:

Processos-chave

KP1: Coordenação entre o projeto de arquitetura e projetos complementares.

KP2: Colaboração e fluxo de trabalho de aprovação.

KP3: Análise energética.

KP4: Planejamento de obra baseado em modelo 4D.

KP5: Definição dos escopos de projeto em termos de quantidade, qualidade, funcionalidades e responsabilidades.

KP6: Gestão dos requisitos do cliente.

KP7: Gestão dos custos.

O relatório final aponta, de forma positiva, para o atendimento dos objetivos do projeto e enumera suas principais realizações, conforme Tarandi e Houbaux (2010):

1. Foi desenvolvida uma metodologia e demonstrado que o processo de projeto colaborativo integrado é viável, prático e benéfico para todos os agentes envolvidos.
2. Foram identificadas soluções genéricas e desenvolvida uma estrutura para a colaboração.
3. Foram descritos os fluxos de trabalho para os processos-chave da colaboração aberta.
4. Simultaneamente aos desenvolvimentos avançados em padrões IFC e ferramentas para implantação imediata, desenvolveu-se uma plataforma para a colaboração semântica plena.

5. O conhecimento desenvolvido pelo InPro foi adotado pela *buildingSMART* e incorporado no plano de ações de companhias importantes.

2.6.22 Considerações sobre a Revisão Bibliográfica

Na revisão bibliográfica, procurou-se criar a base que foi considerada indispensável à proposição da Estrutura Conceitual, objetivo principal desta tese.

O processo de projeto é complexo e contempla as visões de fluxo, conversão e geração de valor, sendo necessárias técnicas específicas para o seu planejamento. Nesse sentido, foi feita a revisão da metodologia Adept, incluindo-se a gestão do curto prazo a partir de técnicas de last planner.

No contexto do empreendimento, o processo de projeto apresenta fundamental importância para todos os agentes envolvidos, cada um deles com suas diferentes visões, exigindo da gestão do processo que coordene essas visões e, ainda, esteja atenta a todas as interfaces entre elas.

Para a introdução do conceito BIM foi necessária a revisão dos conceitos de Modelagem e de Modelo de Dados. Verificou-se que a Modelagem é um “processo” e que “modelo” é o resultado desse processo. Esse conceito é inerente ao BIM, uma vez que o “M” do BIM pode ser entendido como “modeling” (processo de modelagem) e “model” (modelo de dados resultante do processo de modelagem).

Ainda relativo aos conceitos de BIM, destacando-se a natureza paramétrica de seus objetos, foram apresentados os principais usos e benefícios.

Os pilares da interoperabilidade, IFC, IFD, IDM, MVD foram tratados pela revisão, mostrando a importância da interoperabilidade para possibilitar a correta troca de informações entre os agentes e entre os softwares das diferentes especialidades. Verificou-se que o IFC é a base mais importante desses conceitos e que dele derivam as propriedades e relações entre os elementos de um edifício.

Dando suporte à proposição desta tese, foi efetuada a revisão do conceito de LOD, que se mostra ambíguo na literatura, pois LOD ora subentende nível de detalhe das informações geométricas e ora subentende nível de detalhe das informações não geométricas. A falta de um aprofundamento desse tema na literatura mostrou uma oportunidade de pesquisa que

possibilitará uma futura inserção das propriedades não geométricas na Estrutura Conceitual proposta.

A gestão do processo de projeto foi tratada na revisão, buscando extrair os seus principais fundamentos para, com isso, transpor, adequar e propor extensões para a gestão do processo de projeto dentro da Estrutura Conceitual. Os processos de análise crítica e controle de qualidade foram particularmente importantes nesta parte da revisão, pois constituem elementos fundamentais para a gestão do processo de projeto.

Novos agentes têm sido criados com o desenvolvimento do BIM; em particular, foi feita uma revisão sobre o Gerente de BIM e questionada a sua real necessidade, concluindo-se que a melhoria da formação dos Coordenadores de Projeto atuais é um caminho aparentemente melhor a ser seguido, ao invés da criação de novas funções e a consequente fragmentação do conhecimento nas organizações.

O compartilhamento dos modelos foi também estudado, sendo vistas as diferentes modalidades de mecanismos de troca, desde os mais simples até os mais sofisticados, como os “servidores de modelo”. Este tópico é especialmente relevante, pois o compartilhamento dos modelos está na base do processo de colaboração entre os agentes, havendo necessidade de que essa troca seja feita em bases tecnológicas adequadas.

De igual relevância, foram revisados os principais sistemas de classificação da informação do edifício, conhecimento básico necessário para o processo de modelagem. Vale salientar que a nova norma Brasileira de BIM – ainda não publicada – adotará o sistema de classificação a partir das OmniClass.

As fases do processo de projeto em BIM modificam-se, pois o efeito de superposição entre atividades é potencializado pela tecnologia e, por esse motivo, o BIM é um grande facilitador da “engenharia simultânea”. Em uma visão macro, foi revisto o modelo proposto por Succar (2009) relativo aos estágios de adoção do BIM na indústria como um todo. Esse modelo, bastante utilizado na literatura, consegue antever e auxiliar as empresas e profissionais mostrando principalmente que o processo de implantação do BIM é gradual e evolutivo.

Finalmente os principais guias e manuais de implementação do BIM foram tratados na revisão bibliográfica, sendo encontradas diferentes visões, algumas excessivamente tecnológicas para a implementação prática de softwares e outras mais conceituais, buscando colocar o BIM na perspectiva de um processo de longo prazo dentro do ciclo de vida da edificação.

A partir da leitura crítica desses manuais, verificou-se que em nenhum deles é feita a proposição de uma estrutura conceitual que possa integrar o processo de modelagem com o seu resultado – modelo de informação – de maneira coordenada e buscando indicadores do desempenho do processo. Essa lacuna será explorada na proposição da Estrutura Conceitual.

3 Metodologia

Este capítulo apresenta o processo e as técnicas selecionadas para se alcançar os objetivos propostos na pesquisa. Os métodos são introduzidos inicialmente (3.1) e depois o processo e as técnicas utilizadas para a condução da pesquisa são definidos (3.2).

3.1 Métodos

O BIM tem sido definido em muitas publicações, seminários e *workshops* como uma tecnologia disruptiva e “pronta” para reduzir a fragmentação do setor da AEC e melhorar a sua eficácia e eficiência.

Muito se fala e se escreve sobre BIM, mas nem sempre sob bases corretas. O termo BIM foi citado por Charles Eastman como um enorme chavão (informação verbal)³⁷ e muito do que se observa na prática são afirmações errôneas sobre o BIM, que afloram e se propagam de maneira caótica nos diversos meios de comunicação.

O que se espera normalmente de uma definição é que ela delimite o campo semântico. No entanto, com o termo BIM ocorre o que se denomina “anarquia semântica”, pois observa-se no cotidiano um emaranhamento dos conceitos de modelagem da informação com modelo da informação e visões discrepantes sobre a implantação e a gestão do BIM nas empresas.

Poucos percebem a necessidade da gestão integrada entre o processo de projeto e o processo da modelagem da informação.

Esses fatos justificaram a necessidade de a pesquisa buscar o desenvolvimento de uma estrutura conceitual, colocando o BIM como o agente integrador de processos e não apenas como um conjunto desarticulado de tecnologias e processos.

³⁷ Charles Eastman se referiu ao BIM como um grande chavão (*huge buzzword*) em palestra proferida no evento TIC 2011 em Salvador.

Caracterização do tipo de problema envolvido na pesquisa

Comumente a pesquisa envolve a solução de problemas. Uma simples classificação de tipos de problemas é dada por Fellows e Liu (2003):

1. Problemas fechados – problemas simples com uma solução correta. A existência do problema, a sua natureza e as variáveis envolvidas podem ser identificadas facilmente. São problemas comuns que podem ser solucionados com facilidade através de heurísticas ou práticas de rotina. São conhecidos como problemas “domáveis”.
2. Problemas abertos – tendem a ser complexos; a existência do problema pode não ser detectada de início, pois, provavelmente, o problema tem natureza dinâmica e suas variáveis são difíceis de ser isoladas. Pode não ser evidente quando a solução é alcançada, e muitas soluções alternativas podem ser possíveis. A solução desses problemas pode vir de *insights* do pesquisador.

O problema tratado na pesquisa é de natureza não trivial e envolve características complexas, evoluindo de uma formulação inicial. Após interações com a prática e o conhecimento adquirido, houve *insights* que possibilitaram várias opções de solução. Portanto, a pesquisa, ao tratar do desenvolvimento de uma estrutura conceitual para a gestão do BIM, lida com um problema aberto.

Definição do método da pesquisa

Existem várias formas para se definir o método de pesquisa; Hughes, C. (2003) define o método de forma simplificada em duas etapas: a construção e o teste da teoria. Phillips e Pugh (2000) definem três categorias de pesquisa, a exploratória, a de testes de hipóteses e a de solução de problemas. Fellows e Liu (2003) trabalham com os conceitos de pesquisa qualitativa e pesquisa quantitativa

A natureza do objetivo da pesquisa, que é desenvolver uma estrutura conceitual, requer aspectos tanto de natureza qualitativa quanto de natureza quantitativa e foram adotados os conceitos de Fellows e Liu (2003) descritos a seguir.

Na pesquisa qualitativa, a exploração do assunto é realizada sem formulações anteriores. O objetivo é ganhar entendimento e coletar informações e dados de forma que a teoria emergja. A pesquisa qualitativa procura obter *insights* e entendimentos do porquê de as coisas acontecerem de uma certa maneira, para determinar os significados para os quais as pessoas atribuem eventos, processos e estruturas.

A pesquisa quantitativa adota o método científico no qual o estudo inicial da teoria na literatura gera objetivos com proposições e hipóteses a serem testadas. A pesquisa é feita através da avaliação de aplicações práticas e, segundo Segundo Fellows e Liu (2003), tem por objetivo determinar relacionamentos por meio de dados factuais. A sua abordagem é a de “tirar retratos” (*snapshots*), usados para resolver questões do tipo: o quê, quanto ou quantos.

Paralelamente à pesquisa bibliográfica, iniciada pelos temas mais gerais, foram feitas as pesquisas qualitativa e quantitativa, surgindo novas questões e com isso a necessidade do aprofundamento da pesquisa bibliográfica.

A metodologia adotada nesta tese utilizou as pesquisas qualitativa e quantitativa de forma combinada, sendo que a primeira precedeu a segunda, ocorrendo a triangulação dos dados quantitativos com os qualitativos e o paralelismo da revisão da literatura (Figura 44).

Figura 44: Triangulação dos dados quantitativos e qualitativos e paralelismo da revisão da literatura

Fonte: Adaptado de Fellows e Liu (2003)

3.2 Processo da pesquisa

A pesquisa evoluiu em quatro fases distintas (Figura 45), detalhadas a seguir.

Figura 45: Esquema das fases de desenvolvimento da pesquisa

Fonte: Autor

Fase 1

A partir do projeto inicial da pesquisa que dava continuidade ao problema do planejamento do processo de projeto de edifícios, problema pesquisado na dissertação de mestrado do autor, definiu-se como ponto de partida o levantamento da situação atual da gestão do processo de Projeto, vista sob o foco da implantação recente no Brasil da Tecnologia BIM.

Para isso foram realizadas onze observações participantes de projetos recentes, nos quais se constataram barreiras para o desenvolvimento da Gestão do Processo de Projeto, o que auxiliou na caracterização da situação atual e reforçou as justificativas da pesquisa.

A partir desse quadro inicial foram identificados os fatores chave que afetam o desenvolvimento da AEC justificando a proposição de novas formas de trabalho que possam superar as barreiras atuais relacionadas tanto aos aspectos da Colaboração quanto do desenvolvimento de projetos.

A revisão bibliográfica nessa etapa preocupou-se com o entendimento geral dos conceitos sobre o BIM e com o estudo de diversos manuais de implementação dessa tecnologia.

Buscou-se identificar os níveis de implantação já alcançados em outros países e conhecer as diferentes abordagens. Foram constatadas lacunas nesses manuais, muitos essencialmente técnicos e outros com abordagens combinando gestão e tecnologia, porém de forma superficial.

Dentro da fase 1 da pesquisa iniciaram-se contatos com pesquisadores internacionais a partir da participação do autor no evento CIBW78 realizado em outubro de 2010 na cidade do Cairo, Egito. A participação nesse evento serviu de base para o entendimento da fase atual das pesquisas relacionadas ao uso da tecnologia da informação na construção civil e mais especificamente da tecnologia BIM.

Foram contatados no evento os seguintes pesquisadores: Prof. Rafael Sacks, do Technion Israel Institute of Technology; Prof. Robert Owen, da Universidade de Salford, da Inglaterra; e M. Léon Berlo, da TNO Innovation for Life da Holanda.

Com esses pesquisadores foi adotada a estratégia de propor trabalhos conjuntos visando estimular o desenvolvimento da pesquisa com as suas colaborações. Foram propostos artigos para os congressos seguintes do CIBW78 - Nice e CIBW96 - Viena

Com a colaboração do Prof Rafael Sacks, Léon Berlo e outros pesquisadores foi escrito o artigo “*Development and application of key performance indicators to analyze and improve management of information flow in the BIM design process*”, Manzione et al. (2011b).

Esse artigo teve como ponto-chave o entendimento e a proposição da medição da eficiência da gestão do fluxo de informações em BIM. Essa contribuição partiu de uma iniciativa do Prof. Sacks, ao enviar ao autor dois artigos importantes que tratavam do tema, ainda que para o ambiente convencional de projeto, Sacks e Tribelsky (2007); Sacks e Tribelski (2010).

Com a colaboração do Prof. Robert Owen e outros pesquisadores foi escrito o artigo “*Challenges for implementation of a new model of collaborative design management: analyzing the impact of human factor*”, Manzione et al. (2011a).

Esse artigo abordou os aspectos relacionados com a colaboração em projetos permitindo a compreensão sócio técnica e as justificativas das barreiras encontradas na implantação do BIM no mundo.

Outro ponto importante na pesquisa foi entrar em contato com a tecnologia de Model Server a partir do software *BIMserver*, desenvolvido pelo pesquisador Léon Berlo. O contato com esse software possibilitou conhecer a potencialidade do formato IFC e as possibilidades de implementação de um modelo federado, em ambiente Web para os modelos em BIM.

O contato com o IFC obrigou o aprofundamento na revisão bibliográfica e o estudo da sua estrutura e de seu funcionamento.

Fase 2

Essa fase se iniciou com a primeira apresentação da estrutura conceitual no evento “Soluções para empresas de projeto”.

Esse evento, concebido pelo Prof. Dr. Silvio Melhado, tem como objetivo o desenvolvimento das empresas de projeto a partir de *workshops*. Ao final do módulo anual do programa é feito um evento no qual são apresentados os resultados obtidos pelas empresas durante o programa e as soluções existentes no mercado e inovações em desenvolvimento na academia.

Nessa apresentação foram também debatidas as questões da implementação atual do BIM no Brasil, com diversas críticas pelo autor a respeito da forma como essa implementação está sendo feita, que em síntese reproduz o processo convencional de trabalho, sem se levarem em conta as grandes melhorias de processo que são possíveis com a tecnologia BIM.

Posteriormente o autor participou de mais dois eventos.

Evento BIMServer breakfast: realizado na cidade de Amsterdam. O evento é anual e promovido pela comunidade que mantém o desenvolvimento do software open source BIMServer. Foi possível nesse evento, que reuniu em torno de 150 pessoas, observar o funcionamento do software, compartilhar questões técnicas com outros pesquisadores e também conhecer desenvolvedores de interfaces e visualizadores para o BIMServer voltadas para o uso comercial.

Evento sobre ensino de BIM: a partir de um convite feito pelo Prof. Rafael Sacks, foi feita viagem de estudos para participação em um evento organizado pelo Technion Israel Institute of Technology a respeito de questões relacionadas ao ensino de BIM. Além de discussões produtivas, onde se pôde aprofundar o conhecimento do estágio atual do ensino do BIM no mundo, foi possível também, a partir de videoconferência, ouvir os pontos de vista de pesquisadores-chave sobre o tema, como os professores Charles Eastman e Paul Teicholz, autores do livro *The BIM Handbook*, em parceria com Rafael Sacks.

Nessa visita ao Technion Israel Institute of Technology foi possível também conhecer de perto as pesquisas realizadas pelo Prof. Rafael Sacks em seu laboratório técnico (*cave digital*). As pesquisas mostradas abriram espaço para o entendimento da utilização do BIM na etapa de construção e a grande sinergia possibilitada pelo uso do BIM junto com conceitos da Lean Construction.

Como ponto importante desse mesma visita, foi feita uma reunião de troca de ideias com o Prof. Rafael Sacks, onde a estrutura sofreu um grande aprimoramento quando foram pensados os seus dois grandes aspectos: a Gestão do Processo e a Gestão do desenvolvimento do Produto.

A partir desse encontro, a definição da estrutura conceitual passou a ser mais precisa, seus domínios foram delineados e vislumbrou-se a possibilidade de utilizar os conceitos da estrutura para um futuro sistema de gestão automático do BIM, criando-se o conceito de indicadores-chave de desempenho associados ao processo de projeto.

Fase 3

Após esses eventos, foi promovido pelo SindusCon SP um evento sobre BIM que contou com a presença do Prof. Rafael Sacks e do Prof. Charles Eastman.

Na ocasião da vinda do Prof. Rafael Sacks, ele fez duas palestras, uma na Escola Politécnica da USP e outra na Faculdade de Engenharia Civil da Unicamp, onde discorreu sobre suas pesquisas no Technion.

Houve dessa vez uma segunda oportunidade de troca de ideias com o Prof. Rafael Sacks, onde foi simplificada a estrutura conceitual proposta nessa tese e feita sua analogia com um sistema de engrenagens, sendo acrescentados os conceitos dos mecanismos de retroalimentação a partir da medição dos indicadores-chave de desempenho.

A partir dessas melhorias, a estrutura conceitual foi apresentada publicamente pela segunda vez no evento TIC2011, em Salvador.

O TIC2011 propiciou o debate, com pesquisadores, de aspectos que possibilitaram sua melhoria.

A terceira apresentação pública do modelo ocorreu no Congresso CIBW78, em Nice, onde o artigo desenvolvido em parceria com o Prof. Rafael Sacks e outros colaboradores foi também apresentado para o público de pesquisadores internacionais.

Nessa ocasião foram feitos questionamentos sobre os objetivos do desenvolvimento da estrutura conceitual e houve contribuições no sentido de buscar o alinhamento da estrutura com os processos de negócio, ampliando mais o seu escopo inicial.

Escolha da empresa

Inicialmente, o objetivo da pesquisa seria experimentar a aplicação do conceito de gestão – em uma situação real – em empresas de projeto, em um caso multidisciplinar. Assim, foram feitos, durante o ano 2010 e 2011, diversos contatos com empresas construtoras e de projeto que estavam implantando BIM.

De maneira geral, percebeu-se que em todos os casos existiu uma grande resistência das empresas em fornecer o acesso à pesquisa, tanto de seus dados quanto de seus processos de trabalho.

Ao todo foram consultados quatro grandes construtoras e quatro escritórios de projeto de arquitetura e somente um dos escritórios de projeto de arquitetura concordou em participar da pesquisa.

Esse aspecto, por um lado, limitou o desenvolvimento da pesquisa, mas, por outro, mostrou uma situação atual representativa do contexto brasileiro e da dificuldade existente para a integração de esforços entre a academia e o mercado.

A justificativa para a maioria das negativas era de natureza estratégica, procurando evitar que o conhecimento existente fosse investigado e em alguns casos receando que a análise crítica a ser feita durante o desenvolvimento da pesquisa pudesse de alguma maneira interferir negativamente na implantação do BIM nessas empresas.

O único escritório que concordou em participar da pesquisa mostrou o seu interesse ao manifestar a percepção de que para trabalhar os projetos com a tecnologia BIM seriam necessárias mudanças na maneira de trabalhar e que, mesmo não tendo internamente nenhum plano em como fazer essa mudança, a empresa entendeu que seria benéfico para ela colaborar com a pesquisa fornecendo acesso ao seu modelo BIM.

Essa empresa concordou em ceder o modelo de um projeto em desenvolvimento para que ele fosse testado com os indicadores que ainda estavam em desenvolvimento.

Inicialmente, foi escolhido, para os testes, o software *IFC File Analyzer*, Lipman (2012); contudo, o software apresentou limitações de processamento em arquivos grandes, deixando de processar muitas entidades IFC. Outra questão ocorrida foi a limitação do software em possibilitar a identificação rápida das propriedades dos objetos, pois a leitura de seu relatório mostrava somente os totais de entidades, sendo necessárias leituras indiretas para se conhecerem as propriedades do modelo.

Percebeu-se a necessidade de se partir para uma nova plataforma de testes, sendo escolhido o *Solibri Model Checker* como ferramenta, o que viabilizou os testes e o desenvolvimento dos indicadores de desempenho.

Fase 4

Essa fase foi de amadurecimento e aprofundamento dos conceitos. Os testes em casos reais foram feitos e os resultados obtidos mostraram a necessidade de ajuste e redirecionamento de alguns indicadores.

Por outro lado se percebeu que a qualidade e os objetivos da modelagem são fatores fundamentais para o desenvolvimento de um modelo.

Houve necessidade de um estudo mais rigoroso em dois aspectos: o do processo de negócio e o de sua integração com o processo de projeto; nesse caso, a revisão de todo o material do projeto InPro, Olofsson et al. (2010), foi fundamental.

A análise dos documentos da American Institute of Architects mostrou a necessidade da definição precisa dos níveis de desenvolvimento. O estudo realizado pela Veterans Affairs, ao propor o desdobramento do nível de desenvolvimento, associando-o diretamente com as propriedades, resultou na conclusão da estrutura. Foi descoberta uma lacuna importante que a pesquisa solucionou, pois, apesar da definição do nível de desenvolvimento, não existiam ainda formas de fazer a medição de maneira precisa.

Nessa etapa, a formulação da estrutura conceitual estava completa.

Em seguida foram feitas baterias de testes com a série de modelos que possibilitaram chegar à resultados e a conclusão da pesquisa.

4 Estrutura conceitual da gestão do processo de projeto em BIM

Neste capítulo é formulada e detalhada a Estrutura Conceitual da Gestão do Processo de Projeto em BIM. Inicialmente são revistas algumas formas de representação utilizadas nos problemas relacionados à gestão, com o objetivo de escolher aquela que melhor contenha a proposição da estrutura. Em seguida são formuladas algumas questões advindas das reflexões a respeito de como e de quais pontos em comum deve ser pensada uma estrutura com a visão holística que entendemos necessária. Finalmente é feita a proposição e o detalhamento do modelo.

4.1 Representações utilizadas na solução de problemas de Gestão

Para melhor entendimento da construção teórica desta tese e tendo em vista o objetivo geral desta pesquisa – que consiste em desenvolver uma Estrutura Conceitual de Gestão para o Processo de Projeto Colaborativo usando a tecnologia BIM –, faz-se necessário definir os conceitos básicos sobre as formas de representação e as abordagens utilizadas na solução de problemas relacionados à gestão.

Ao estudarem o tema, Shehabuddeen et al. (1999) definem representações como as formas de se retratarem os problemas relacionados à gestão e aplicações enquanto métodos de implantar a solução desses problemas. Os autores classificaram as formas de representação e aplicação em quatro grupos que serão detalhados no decorrer do capítulo: Sistema, *Framework*, Mapa e Modelo (Figura 46).

Figura 46: Formas de Representação dos Problemas Relacionados à Gestão

Fonte: Adaptado de Shehabuddeen et al. (1999)

A seguir são detalhados os conceitos básicos para a compreensão da proposição dos autores.

Paradigmas

As representações são governadas por paradigmas. O *Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa*, Houaiss, Villar e Franco (2007), define paradigma como “um exemplo que serve como modelo [...]”.

Segundo Shehabuddeen et al. (1999) um paradigma é uma forma de pensamento ou cognição com base em um contexto particular influenciado por um conjunto básico de crenças. Os paradigmas descrevem pressupostos estabelecidos e convenções e são comumente usados para definir, em um nível muito abstrato, as bases conceituais que sustentam a compreensão de um problema.

Sistemas³⁸

A abordagem dos problemas a partir do pensamento sistêmico originou-se com Bertalanffy (1975), criador da Teoria Geral dos Sistemas. Segundo esse autor o pensamento sistêmico postula que um sistema pode ser entendido como um conjunto de partes integradas sinergicamente, com determinados objetivos, efetuando determinadas funções, e relacionadas com o ambiente que as contém.

Frameworks

Miles e Huberman (1994) definem ‘framework’ como:

um produto escrito ou visual, que explica graficamente ou em forma narrativa, as principais coisas a serem estudadas – os fatores chaves, constructos ou variáveis – e a relação presumida entre eles. As estruturas conceituais podem ser rudimentares ou elaboradas, baseados na teoria ou no senso comum, descritivas ou causais. Miles e Huberman (1994) p.18

O *Longman* dicionário, Longman (2012), define framework como “um conjunto de fatos e ideias a partir das quais mais ideias são desenvolvidas e nas quais as decisões são baseadas [...]”.

O *Webster’s Third New International Dictionary*, Gove (1981), fornece as seguintes definições para framework:

1. Uma estrutura conceitual básica usada para resolver problemas complexos;
2. Uma descrição hipotética de uma entidade ou processo complexo;
3. Uma estrutura subjacente que fornece um quadro factual para pesquisas futuras;
4. Uma estrutura que suporta ou contém alguma coisa;
5. Na ciência da computação é um termo usual para se referir a um conjunto de bibliotecas ou classes que são usadas para implantar a estrutura de uma aplicação para um sistema operacional específico. Gove (1981)

Segundo Shehabuddeen et al. (1999), os *frameworks* são utilizados para traduzir temas complexos em formas que possam ser estudadas e analisadas, podendo: representar um problema para um propósito definido; ligar vários elementos para mostrar uma relação;

³⁸ Esse conceito já foi definido anteriormente no capítulo 2 – Revisão Bibliográfica – e está colocado aqui de forma simplificada com o objetivo de compor o conjunto do tema.

possibilitar a visão holística de uma situação a ser analisada; demonstrar uma situação ou criar a base para a solução de um problema; e fornecer uma abordagem estruturada para lidar com um problema específico.

Afirmam os autores que muitos *frameworks* para gestão são mostrados na forma de gráficos ou diagramas, por serem estes um meio eficaz de comunicar ideias, uma vez que, para os autores, é difícil explicar um conceito sem o entendimento visual dos seus constructos, pois a primeira etapa para resolver a maioria dos problemas é visualizar os seus vários componentes e relações.

Um dos sinônimos para a palavra *framework*, no *Webster's Third New International Dictionary*, Gove (1981), é *conceptual structure*. Assim, adotaremos em português o termo “estrutura conceitual”, equivalente em conceito e significado à expressão original, “*framework*”, da língua inglesa.

Mapas

Os mapas são geralmente usados como um meio de representar um retrato instantâneo da relação entre vários elementos de um sistema. Ao contrário das “estruturas conceituais” os mapas não mostram as relações causais entre esses elementos e tendem a ser menos conceituais do que elas. Adotaremos para essa Tese a definição de Shehabuddeen et al. (1999): “Um mapa dá suporte ao entendimento das relações estáticas entre elementos de um sistema. Ele é uma representação discreta e não contínua das formas [...]”. Um exemplo para um mapa é a DSM, citada no Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica.

Modelos

Os modelos são amplamente utilizados tanto para a Gestão quanto para aplicação na ciência com objetivos de simulações.

Um modelo pode ser visto como uma abstração da realidade, sendo necessário porque o mundo real é muito complexo para ser entendido. Portanto diversas variáveis e dimensões são ignoradas na elaboração de um modelo. Apenas um subconjunto das que são significantes são escolhidas.

Segundo Shehabuddeen et al. (1999) modelos são usados em gestão principalmente para fazer estimativas, previsões e auxiliar as tomadas de decisão.

Os autores categorizam três tipos de modelos, de acordo com as características de suas propriedades de representação: modelos icônicos, que representam réplicas físicas de objetos reais; modelos analógicos, que têm forma física, mas não a mesma aparência física do objeto modelado (por exemplo: um termômetro representando a temperatura); e modelos matemáticos, que representam um problema através de um sistema de símbolos e expressões e relações matemáticas.

Os autores, porém, colocam uma questão-chave: se as estruturas conceituais também representam questões particulares, por que os modelos diferem delas?

A diferenciação entre modelos e estruturas conceituais é deduzida pelos autores a partir da seguinte argumentação.

Uma característica-chave do estudo da gestão de modelos é representar uma abstração de uma situação, que pode ser mostrada (exposta) de forma gráfica ou através de relações matemáticas.

Os autores entendem, com esses argumentos, que um modelo é uma representação dinâmica de um sistema em estudo. Portanto, um modelo não contém em si mesmo os procedimentos de como um sistema deve ser operado, mas pode ser usado para determinar como um sistema operaria se uma de suas variáveis sofresse alterações.

Deduzem os autores que um modelo é uma representação dinâmica da realidade que tem por objetivo esclarecer a relação entre diferentes elementos indicando a interação entre causas e efeitos.

A síntese dos conceitos permite uma formulação de modelos como representações simplificadas que descrevem aspectos particulares da realidade, são de natureza dinâmica, mostram relacionamentos e possibilitam a previsão do impacto que pode ocorrer quando mudanças em suas variáveis demonstram relações de causa e efeito.

Os autores concluem que as características definidas de modelo estão contidas nas características de uma estrutura conceitual e que o inverso não é necessariamente verdadeiro, sendo razoável aceitar a ideia que um modelo é um tipo particular de estrutura conceitual.

Constructo

Segundo o dicionário, Houaiss, Villar e Franco (2007), constructo é “1 construção puramente mental, criada a partir de elementos mais simples, para ser parte de uma teoria. 2 objeto de percepção ou pensamento formado pela combinação de impressões passadas e presentes [...]”.

Processo, procedimento, técnica e ferramenta

Adotaremos as seguintes definições desses termos, conforme Shehabuddeen et al. (1999)): **processo** é “uma abordagem para obter um objetivo gerencial através de transformações de entradas em saídas [...]”; **procedimento** é “uma série de passos para operacionalizar um processo [...]”; **técnica** é “uma forma estruturada de completar uma parte de um procedimento [...]”; e **ferramenta** é “um facilitador da aplicação prática de uma técnica [...]”.

Para sintetizar todos esses conceitos, os autores apresentam na Figura 46, através de uma “estrutura conceitual”, as formas de representações e as aplicações de acordo com duas dimensões: a primeira, o eixo vertical, vai do domínio conceitual – preocupado com a abstração ou a compreensão de uma situação – à aplicação efetiva – preocupada com as ações concretas em um ambiente prático; e a segunda, o eixo horizontal, partindo de uma visão estática, preocupada com a estrutura e a posição dos elementos dentro de um sistema, chegando até a visão dinâmica, concentrada em estudar a interação entre os elementos de um sistema.

4.2 Formulação da Estrutura Conceitual

A reflexão para responder às questões desta tese levou ao questionamento de como traduzir as possíveis respostas em forma de uma proposição, o que nos orientou a formular algumas questões.

1) Qual a forma adequada da representação da proposição?

Para responder a essa questão, foi utilizado o referencial de conceitos propostos por Shehabuddeen et al. (1999).

Descartamos a ideia da proposição de um modelo, tomando como base os argumentos da definição proposta por Shehabuddeen et al. (1999), em que as diferentes possibilidades de soluções de projeto para uma dada situação programática – aliada aos diferentes usos possíveis do BIM para cada uma dessas situações e à possibilidade de granularidade do BIM em diferentes níveis de profundidade – orientaria a solução para um modelo com inúmeras possibilidades de combinações de variáveis,

O resultado final seria um elevadíssimo universo de situações de causa e efeito a serem analisadas e combinadas em arranjos sistêmicos, impossibilitando sua instrumentação prática e metodológica.

Por outro lado, a adoção de um modelo padrão limitaria o número de variáveis, pois teria seu uso restrito a situações particulares, o que seria impraticável, pois iríamos encontrar diferentes graus de implementação do BIM, diferentes processos de trabalho desenvolvidos pelas empresas e diferentes tipologias de edifícios, tornando inviável o modelo padrão.

A solução encontrada, portanto, foi o desenvolvimento de uma estrutura conceitual com um nível de amplitude e detalhamento suficiente para estruturar situações particulares e possibilitando, a partir dessas situações, particularizadas pelo usuário, desenvolver modelos específicos, com capacidade para fazer simulações e previsões.

A escolha adotada foi o uso da estrutura conceitual, que permite uma visão holística, fornece uma abordagem estruturada para lidar com problemas específicos e serve de base para a construção de modelos ou outras estruturas conceituais mais simples e particulares.

2) Quais pontos chave devem ser contemplados na Estrutura Conceitual?

A resposta a essa questão vem do esforço de integração dos domínios principais; ou seja, o domínio da gestão do processo de projeto integrado ao domínio da gestão do processo de modelagem da informação do edifício (BIM). Inicialmente relacionamos através de simples esquemas (“mapas mentais”) os pontos-chave nas Figuras 47 e 48.

Figura 47: Pontos-chave da gestão do processo de projeto

Fonte: Autor

Figura 48: Pontos-chave da modelagem da informação

Fonte: Autor

3) Qual o alinhamento e a hierarquia entre os domínios envolvidos?

Em nossa proposição devem estar intrínseca e hierarquicamente encadeados: o processo de negócio formulando os objetivos, o Ifc sustentando o modelo da informação, que sustenta o projeto, que, por sua vez, sustenta o negócio (Figura 49).

Figura 49: Hierarquia entre processos

Fonte: Autor

4) Quais devem ser suas principais características e objetivos

A proposição da estrutura conceitual não pode ser fixa ou rígida; precisa ter flexibilidade para atender aos diferentes tipos de organizações de empresas, às especialidades envolvidas, ao grau de complexidade dos projetos e aos diferentes níveis de implementação do BIM, tanto na organização principal quanto nas atividades com os parceiros.

Durante o desenvolvimento de um projeto, muitos itens vão sendo aprofundados à medida que o projeto vai ganhando maturidade e seu nível de detalhes aumenta e se modifica ao longo do tempo. Porém, a montagem da estrutura conceitual deve ser feita logo no princípio do projeto a fim de formalizar e ordenar as estruturas de dados e as trocas de informações entre os agentes envolvidos.

As principais características e objetivos da estrutura conceitual são:

1. Permitir a visão sistêmica entre os processos de gestão e de TI, vislumbrando-os de forma encadeada e interdependente.
2. Apresentar os macroprocessos envolvidos nos domínios da gestão e da TI através de diretrizes para a criação de linhas guias dos principais métodos, ferramentas e mecanismos de controle do processo colaborativo.
3. Propor a mudança do paradigma atual do processo de projeto, que é baseado em entregas de desenhos, para outro, baseado na evolução do grau de maturidade do modelo BIM.
4. Orientar a criação da matriz de responsabilidades a partir da definição precisa da estrutura de trabalho.
5. Definir Indicadores Chave de Desempenho (ICD) para medir a eficiência e eficácia do processo.

4.3 Proposição da Estrutura Conceitual

A Estrutura Conceitual proposta baseia-se no nível de desenvolvimento do projeto, que é customizado pelo usuário em função do seu processo do empreendimento e seus objetivos.

Os domínios do processo do empreendimento, gestão do processo de projeto e gestão da modelagem da informação são interligados, tendo, como eixo horizontal, o ciclo de vida do edifício e o processo do empreendimento e, como eixo vertical, os estágios de evolução do processo, com níveis de maturidade crescente de informação.

O processo de decisão e a condução da gestão são baseados em Indicadores Chave de Desempenho (ICD), que servem tanto como base para as tomadas de decisão como para diagnosticar o processo de projeto, atuando como ferramentas de retroalimentação ou de diagnóstico.

O processo de projeto evolui ao longo do tempo e a ele novos agentes vão sendo agregados, acumulando mais informações e tornando o processo complexo – o que faz com que o fluxo de informações necessite ser monitorado e controlado.

São propostas fases para o desenvolvimento do processo de projeto, ao final das quais um ponto de controle faz a análise crítica a partir das informações extraídas diretamente do modelo BIM.

Em cada fase do processo, os objetivos são configurados e confrontados com os resultados obtidos na fase anterior. A análise crítica a partir dos dados dos ICD formaliza o que acontece e garante a comunicação entre todos os interessados, de forma que a responsabilidade seja compartilhada com todos os participantes.

Cada ponto de controle é um momento de avaliação e de tomada de decisão, possibilitando retorno, quando necessário, até que os objetivos da fase sejam alcançados ou, se for o caso, dando continuidade ao processo. Dessa forma, mantém-se controle do processo, podendo se evitar desperdícios e tomadas de decisão atrasadas ou em momentos errados.

A partir do atendimento dos requisitos de validação, o processo segue em frente agregando as informações necessárias aos modelos BIM alinhando-os ao processo e refletindo os resultados obtidos. A Figura 50 sintetiza e ilustra a estrutura conceitual concebida.

Figura 50: Estrutura Conceitual

Fonte: Autor

O detalhamento da estrutura conceitual em seus aspectos fundamentais requer o estudo de seus componentes internos e de suas relações.

Esse detalhamento será baseado na Figura 50, que referencia a estrutura conceitual durante os tópicos seguintes.

4.3.1 Nível de maturidade do projeto

O conceito da AIA de nível de desenvolvimento descreve o grau de completude para determinado elemento do modelo em relação a um referencial previamente definido. Essa proposição contempla os níveis de desenvolvimento dos elementos construtivos organizados a partir da classificação Unifomat. Embora esse critério especifique adequadamente os diferentes setores ou sistemas de um edifício, ele pode conduzir a visões parciais e compartmentadas do projeto, se entendido isoladamente.

O conceito original de nível de desenvolvimento, denominado LOD na bibliografia, contempla dois significados – ora é tratado como “nível de detalhe” (*level of detail*) em American Institute of Architects (2007), PennState (2010), Building and Construction Authority (2012) e VICO (2012), ora é tratado como “nível de desenvolvimento” (*level of development*) em BIM Protocol Exhibit (2008), demonstrando contradições.

Observamos que o próprio AIA não faz distinção entre os dois conceitos, aceitando-os como sinônimos, o que pode ser confirmado em um documento do AIA sobre IPD, American Institute of Architects (2009).

Houaiss, Villar e Franco (2007), em *Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa* (2007), definem “desenvolvimento” como:

1 Ação ou efeito de desenvolver; 2 aumento da capacidade ou das possibilidades de algo; crescimento; progresso; adiantamento; 3 aumento de qualidades físicas.
Houaiss, Villar e Franco (2007) p. 989

E definem “detalhe” como:

1 ato ou efeito de detalhar 2 pormenor, minudência, particularidade 5 cada uma das partes de uma obra ou plano tomadas em separado. Houaiss, Villar e Franco (2007), p. 1022

Nos documentos ilustrativos sobre LOD, normalmente as figuras associadas ao conceito (referenciadas na revisão bibliográfica nas tabelas 9 e 10) relacionam o LOD à ideia de

aumento de detalhes geométricos, o que pode conduzir o usuário a entender o BIM apenas como sinônimo de representação tridimensional.

Entendemos ser necessária a revisão do conceito de Nível de Desenvolvimento, ampliando-o para Nível de Maturidade, e incluindo outros parâmetros que possibilitem avaliar a combinação de outros aspectos incluindo o próprio nível de detalhe e assim resolver conceitualmente as contradições apontadas.

Assim propomos uma nova definição.

Nível de maturidade

Nível de maturidade é a medida do desenvolvimento de um projeto em relação às suas metas previamente definidas. Esse referencial de metas é composto pelos objetivos do negócio – traduzidos em requisitos programáticos; pelos usos preestabelecidos do BIM – traduzidos em conjuntos específicos de propriedades geométricas e não geométricas; pela compatibilidade geométrica; e pelo sistema de planejamento e controle (Figura 51).

Figura 51: Nível de maturidade

Fonte: Autor

Serão detalhados a seguir os quatros referenciais que irão determinar o nível de maturidade: usos do BIM e propriedades, compatibilidade geométrica, objetivos do empreendimento e planejamento e controle.

4.3.2 Objetivos do empreendimento e requisitos programáticos

A elaboração do programa de necessidades é o ponto de partida para o desenvolvimento do empreendimento e de seus projetos.

Esse tópico irá abordar questões-chave relacionadas ao programa de necessidades: a pouca atenção que é dada ao assunto; a complexidade do tema e sua relação com o projeto como um todo e o suporte atual do IFC e suas limitações para o gerenciamento do programa.

Em nosso entendimento, as questões-chave mencionadas acima necessitam ser consideradas em toda implantação de projetos em BIM, devendo ser entendidas como recomendações e

alertas. A Figura 52 ilustra a fase de elaboração do programa que pertence à etapa de planejamento do empreendimento e antecede a elaboração dos projetos. Trata-se de uma fase teórica, pois, ao se definir o programa, dispõe-se de poucos elementos concretos, além de o projeto ainda não ter sido iniciado na prática.

Figura 52: Elaboração do programa de necessidades

Fonte: Autor

Pouca atenção é dada ao problema

Pouca atenção tem sido dada pelas entidades profissionais à elaboração do programa. A Associação de Gestores e Coordenadores_de_Projetos (2003a) segundo seu *Manual de Escopo*, considera a elaboração do programa como um serviço opcional, observando “que esta atividade é mais comumente aplicada em empreendimentos mais complexos, ou que incorporem atividades variadas [...]”.

A pouca atenção concedida ao tema pode justificar em parte os problemas encontrados na prática, como a desorganização do fluxo de informações e a falta de dados para o planejamento do processo de projeto, problemas estes que resultam em retrabalhos, atrasos e aumentos nos custos dos projetos. A elaboração do programa no universo do BIM é um

assunto que precisa ser estudado e aprofundado, e muita pesquisa precisa ser feita para preencher essa lacuna que ocorre no mundo profissional. O desenvolvimento de uma metodologia completa para a definição do programa em BIM foge do escopo desta tese, mas chamaremos atenção para os pontos mais importantes que são contemplados na estrutura conceitual e recomendamos, para maior aprofundamento do assunto, a leitura da tese de Kiviniemi (2005), que propõe um modelo de gerenciamento de requisitos em IFC.

O que se denomina programa do edifício constitui, na prática, um conjunto de necessidades e requisitos do cliente, envolvendo vários aspectos: espaciais, funcionais, estéticos, desempenho, uso de sistemas construtivos e novas tecnologias, especificações de materiais, etc. Por outro lado, em paralelo às definições do programa há que se lidar com restrições de várias espécies que limitarão o universo das soluções e atuarão como filtros. São restrições de várias naturezas, como: forma e geologia do terreno, regulamentações das diferentes instâncias públicas, normas, disponibilidade de verbas, entre outras (Figura 53).

Figura 53: Combinação de requisitos e restrições para a definição do produto

Fonte: Autor

A complexidade, a natureza dinâmica e a relação com o todo do projeto

Normalmente, o registro da elaboração do programa é feito por meio de documentos textuais e planilhas, sendo completado por atas de reuniões que ocorrerão ao longo do processo. Porém, à medida que o projeto evolui são feitas mudanças incrementais que alterarão o programa inicial, levando a soluções que não atendem necessariamente ao programa original.

O cliente relata seus requisitos, relacionando-os, de modo geral, com o programa do espaço do edifício. Contudo, esses requisitos se estendem indiretamente para os elementos delimitadores do espaço, como paredes, portas, janelas, lajes e outros. Os sistemas técnicos, como ar condicionado, instalações elétricas e hidráulicas, também são afetados indiretamente, pois seu detalhamento ocorre em fases avançadas, sendo feito por profissionais que não participaram dos estágios iniciais. Esses requisitos indiretos, decorrentes dos requisitos principais definidos pelo cliente, nem sempre são percebidos de imediato e podem surgir como “problemas” em momentos avançados do projeto, ocasionando retrocessos; ou, em muitos casos, são esquecidos, resultando em soluções incompletas de projeto.

Outro fator importante é a natureza interativa do processo de projeto, pois a evolução das soluções pode afetar e estimular o cliente a mudar os seus requisitos, aspecto que, combinado com as interações técnicas entre os projetistas, pode ocasionar mudanças, resultando em soluções descoladas dos objetivos iniciais (Figura 54).

Figura 54: Mudanças e descolamento do objetivo inicial

Fonte: Adaptado de Kiviniemi (2005)

Observa-se na prática que, embora conceitualmente o programa de necessidades pertença à fase de planejamento, a mudança dos requisitos do programa ocorre continuamente em ciclos de interações, justificando o monitoramento e o ajuste contínuo das soluções e do próprio programa. Deve-se buscar um ponto de convergência entre as soluções propostas e o atendimento dos requisitos, quer ajustando a solução de projeto (Figura 55) quer ajustando os requisitos (Figura 56).

Figura 55: Ajuste das soluções de projeto

Fonte: Adaptado de Kiviniemi (2005)

Figura 56: Ajuste dos requisitos

Fonte: Adaptado de Kiviniemi (2005)

O fato de se utilizar a tecnologia BIM favorece o processo de mudanças, uma vez que essas mudanças podem ser feitas com bastante rapidez. Porém, é necessário que o processo tenha disciplina, e que o número de problemas de projeto *versus* o número de mudanças decresça conforme o projeto vá avançando e que ao final exista convergência e equilíbrio.

Para que o processo fique alinhado com os objetivos do empreendimento e possa ter uma evolução o mais contínua possível, são necessários vários instrumentos de planejamento e de controle do processo e do modelo.

A estrutura conceitual prevê pontos de controle ao final de cada fase de projeto nos quais os resultados obtidos em cada fase serão confrontados com os objetivos do programa. Esse processo, conhecido na literatura como análise crítica, Melhado (2009), permitirá, além do controle, a tomada de decisão, sendo este o momento de *go / no go* do projeto, fazendo-o avançar ou retroceder (Figura 57).

Figura 57: Controle, análise crítica e tomada de decisão

Fonte: Autor

Suporte e limitações do IFC para a gestão dos requisitos do programa

O desenvolvimento de uma estrutura conceitual irá requerer que o IFC sustente o processo, como já comentado na proposição dos requisitos da estrutura.

Porém, existem questões a serem tratadas no desenvolvimento das futuras versões do IFC que hoje constituem barreiras para o gerenciamento dos requisitos.

De acordo com as conclusões da pesquisa de Kiviniemi (2005), são identificadas duas questões básicas: a necessidade do gerenciamento das informações dos requisitos durante o processo de projeto e a possibilidade de ligá-los aos objetos do modelo BIM. O autor entende que a principal barreira ainda seja a falta de uma teoria para estabelecer essa ligação e identifica como fatores-chave: a falta de uma especificação formal da ligação entre os requisitos e o modelo; a falta de uma especificação formal da qual derivem os requisitos indiretos dos elementos delimitadores e os sistemas técnicos a partir dos requisitos diretos.

Ele aponta a gestão dos requisitos como uma das limitações atuais da especificação do IFC, justificando que o foco do desenvolvimento do IFC tem sido voltado mais para a elaboração do projeto do que para a sua gestão.

Segundo o autor, as especificações do IFC não possuem definições coerentes para os requisitos, eles estão dispersos em diversos conjuntos de propriedade e uma grande parte deles está anexada com entidades espaciais. A proposta do autor em sua tese é o desenvolvimento de uma estrutura independente, criando um modelo dos requisitos separado do modelo do projeto.

Essa questão levou à reflexão sobre a necessidade de melhoria da interface dos softwares de modelagem, de maneira a permitir a leitura direta do programa e sua associação direta com os diferentes elementos do edifício, o que facilitaria o acompanhamento das mudanças e permitiria a todos os agentes a visualização rápida dos requisitos, mesmo que alguns desses agentes entrassem em fases avançadas do processo.

Os requisitos não são atributos dos objetos do projeto, mas entidades independentes; isto é, se o projeto se modifica e um espaço é removido, os seus requisitos precisam permanecer, a menos que as necessidades do espaço também tenham se modificado. Caso contrário – o autor enfatiza –, uma comparação confiável das soluções confrontadas com os requisitos ficaria praticamente impossibilitada.

Sobre o suporte que o IFC pode dar à elaboração do programa, reportamo-nos à especificação do projeto BLISS feita por Hietanen (2000), que determina as bases teóricas para o estabelecimento de um modelo para requisitos, definindo a “vista para os requisitos do cliente e sua relação com o *layout* dos espaços” como:

O subconjunto do modelo IFC que é usado para transferir dados espaciais dos requisitos do cliente para os aplicativos de projeto arquitetônico. O aplicativo para os requisitos do cliente pode ser desde uma simples planilha até um real aplicativo, porém, a coisa importante é que a ferramenta adotada consiga ter como dados de saída os requisitos do cliente no formato IFC. Os aplicativos de projeto podem importar o arquivo IFC resultante e começar o projeto definindo espaços, paredes, portas, janelas, etc. [...] O primeiro nível de funcionalidade é ser capaz de gerar “esqueletos espaciais” que combinem com os requisitos do cliente, isto é, o número e tipo correto de espaços e as áreas. O segundo nível é armazenar os requisitos nos aplicativos e ser capaz de retroalimentar como o projeto atendeu a esses requisitos. Hietanen (2000)

A partir da leitura de Kiviniemi (2005) foram estudadas entidades do IFC que sustentam a elaboração do programa do edifício.

Em seu estudo, o autor classificou as entidades para elaboração do programa em quatro categorias:

1. Requisitos relacionados ao espaço: *IfcControl*, *IfcSpaceProgram*, *Space Property Sets*.
2. Propósito do requisito, propósito do projeto e estado da aprovação: *IfcApprovalStatus*.
3. Referência para documentos externos: *IfcDocumentsReference*.
4. Elementos e sistemas do edifício: *IfcRelSpaceBoundary*, *IfcSystem*.

O autor ao propor um modelo para a geração do programa em IFC não menciona como irá colocar os dados dentro do modelo IFC. Ou seja, qual software utilizará para a geração do modelo e se questiona porque não utilizar o próprio software de modelagem para armazenar os requisitos programáticos em um modelo com esse objetivo para que ele possa ser comparado posteriormente com os modelos que irão ocorrendo ao longo do desenvolvimento do projeto?

Talvez o principal ponto tenha sido esquecido. Os requisitos do programa podem ser úteis se o estado do modelo corrente de informações possa ser comparado com os requisitos com o objetivo de medir a maturidade do modelo. Para ser útil porém os requisitos devem ser planejados com as mesmas unidades do ICD que mede o desenvolvimento do modelo em termos de atendimento aos requisitos do programa. Isso deve ser planejado em uma linha de

tempo onde se criam estados de desenvolvimento e atendimento aos requisitos do programa. Essa gestão pode ser feita em IFC, mas pode porém também ser feitas em softwares para a gestão de requisitos, podendo ser estabelecidos metas de LOD para cada fase do projeto.

4.3.3 Nível de desenvolvimento - propriedades geométricas e não geométricas

Apesar das definições de fases de desenvolvimento de um projeto no processo convencional serem conhecidas na prática pelos profissionais, existem problemas que limitam a verificação do atendimento dos requisitos de cada uma dessas fases.

Uma razão é que tanto nas normas vigentes, ABNT NBR 13531 (1995), quanto nos manuais de escopo de projeto, Associação de Gestores e Coordenadores de Projetos (2003a), a delimitação das fases não especifica critérios objetivos e sim conceitos. A outra razão se deve ao fato do processo de verificação ser manual e por esse motivo impreciso, dando margem para verificações incompletas e para a subjetividade.

Problemas semelhantes ocorrem também no universo do BIM: o conceito adotado pela American Institute of Architects (2007) para classificar os níveis de desenvolvimento enfatiza a evolução geométrica do modelo e dá importância relativamente menor para as propriedades não geométricas.

Essa conceituação pode reforçar nos usuários a ideia que o BIM é apenas um modelo geométrico o que reafirma o ponto de vista de Owen et al. (2010), que observam que a “tendência corrente de muitos é utilizar o BIM mais como uma tecnologia, o que denominam ‘simples BIM’ (*sBim*), e menos como um processo integrado ou inteligente (*iBIM*) [...]”.

Entendemos que dentro da estrutura conceitual deva existir uma parcela importante relacionada à associação dos usos do BIM para cada elemento do modelo e para cada fase do projeto (Figura 58).

Figura 58: Usos do BIM, propriedades geométricas e não geométricas

Fonte: Autor

Essa falha de conceituação também ocorre em alguns manuais de implementação do BIM: o manual da PennState (2010) trabalha com o conceito de “nível de detalhe” (*level of detail*) chegando a propor uma planilha para a definição de informações para a troca entre especialidades. Essa planilha é um instrumento útil para a fase de preparação do processo de planejamento, porém ela não associa diretamente as informações necessárias com os tipos de propriedades existentes no IFC e não formula como os objetivos traçados serão medidos.

O manual de Singapura, Building and Construction Authority (2012) tem foco relevante na geometria do modelo, o que pode ser percebido pelo conceito adotado de “nível de detalhe”, pelas ilustrações utilizadas (ver a Tabela 10) que enfatizam o desenvolvimento geométrico e pelo uso de expressões como “podem ser inseridas propriedades não geométricas nessa fase[...]” que transmitem a ideia de algo opcional ou com pouca importância.

Para ser possível avaliar o desenvolvimento de um projeto em BIM é necessário elaborar uma forma objetiva de medir suas propriedades e associar os resultados com o nível de desenvolvimento.

Pesquisando o tema utilizamos como referência para o desenvolvimento da medida das propriedades em BIM o trabalho de Sacks e Tribelski (2010). Esse trabalho foi desenvolvido em projetos utilizando a tecnologia CAD 2D e consistiu em levantar diversos indicadores para

o processo de projeto nesse ambiente. Para construir esses indicadores os autores definiram alguns conceitos preliminares:

1. Um “pacote de informação é uma vista em um desenho, um documento de texto, uma planilha, uma tabela de dados, etc., ou impressos em papel ou em um arquivo de computador [...]”. Como o meio de comunicação utilizado no experimento foram os desenhos em CAD 2D, os pacotes de informação foram as unidades básicas transferidas entre a equipe de projeto, porém ressaltam os autores, se o BIM for utilizado, o pacote de informação pode representar um modelo inteiro ou um subconjunto de um modelo.
2. Um “item de informação” é um fragmento de informação que pode ser textual (um número em uma lista de quantidades) uma dimensão em um desenho, ou um elemento gráfico como uma linha, um arco ou uma textura em um desenho. Um pacote de informação, portanto representa um conjunto de itens de informação.
3. Um “objeto de informação” é um componente distinto de um edifício com atributos e características técnicas como forma, função e comportamentos definidos. Um objeto de informação é definido a partir das suas representações, listas e documentos, que são definidos como “pacotes de informação”. Por se tratarem de representações em 2D cada objeto informação irá aparecer em vários pacotes devido à redundância existente na representação 2D.
4. Um “atributo de informação” é um atributo de um objeto de informação como suas propriedades físicas, mecânicas, cores, preços entre outras. Pelo mesmo motivo mencionado os “atributos de informação” irão aparecer em diversos pacotes de informação.

Os autores propõem utilizar meios automáticos de contar o tamanho físico do pacote de informação em número de palavras, número de objetos gráficos, tamanho do arquivo em kB, porém, segundo eles, essas medidas não refletem com precisão o conteúdo do pacote. Uma mudança no tamanho físico de um pacote de informação não reflete necessariamente o aumento ou redução do conteúdo da informação que é transferida.

A partir desses conceitos preliminares, os autores definiram o indicador “tamanho do pacote” como um índice que quantifica o nível de detalhe de informação contida em um determinado lote de desenhos. Segundo os autores, esse índice permite avaliar a taxa de aumento de detalhes pelo grau aproximado de completude do projeto. O índice é baseado na contagem de unidades de informação e pode ser formulado em dois níveis de detalhe: pela contagem do

número de objetos de informação e seus atributos em um pacote de informação ou pela contagem do número de itens de informação no pacote.

O tamanho do pacote pode ser usado para monitorar a taxa de acumulação de novas informações ou em termos relativos ou absolutos. Em termos relativos o tamanho do pacote de informação pode ser comparado com o tamanho de uma versão do mesmo pacote para se determinar o aumento percentual.

O pacote de informação em qualquer instante t é definido pela fórmula:

$$Tp = \sum_{i=1}^{nIO} nIA_i^{\dot{v}}$$

Em que os seus termos são:

$nIA_i^{\dot{v}}$ = o número de atributos pertencentes ao objeto de informação i que tem valores atribuídos a ele no instante t , e nIO é o número total de objetos de informação no pacote.

Entretanto, se uma medida da completude do pacote é necessária deve-se usar uma medida absoluta. Isso requer a estimativa do tamanho final do pacote de informação. O tamanho final pode ser estimado tendo como base pacotes similares ou planejando cuidadosamente o conteúdo da informação requerida em cada pacote. Os autores finalizam comentando que em BIM esse índice pode ser automatizado, tornando a aplicação desse índice simples

Por ser manual, o método tem limitações, podendo ocorrer repetições dos mesmos pacotes de informação quando utilizados os desenhos em CAD 2D.

Proposição para a estrutura conceitual

A proposição para o cálculo do Nível de Desenvolvimento (ND) feita nesta tese consiste em:

1. Aproveitar as definições do documento E202 da AIA - *Building Information Modeling Protocol Exhibit*, que define a tabela de elementos do modelo, Exhibit (2008).
2. Estender o seu conceito com a matriz de elementos em BIM proposta pelo Department of Veterans Affairs. Ampliar o conceito proposto por Sacks e Tribelsky (2007) de "tamanho do pacote", trazendo-o para o BIM.
3. Propor a inclusão de novos conjuntos de propriedades.
4. Definir uma metodologia de cálculo para o ND.

Tabela de elementos do modelo

Esse documento já foi estudado no capítulo 2 - revisão bibliográfica (consultar a Tabela 11, tópico 2.11). A Figura 59 contém um trecho com um exemplo de utilização.

Figura 59: Exemplo de preenchimento da tabela de elementos do modelo

Elementos conforme a classificação UNIFORMAT						Fases do Processo do Projeto conforme definição da estrutura conceitual da tese.							
ND: Nivel de desenvolvimento AEM: Autor do elemento do modelo													
ARQ: Arquiteto FUN: Projetista de Fundações EST: Projetista Estrutural													
Nível 1		Nível 2		Nível 3		Concepção		Definição		Desenvolvimento		Documentação e projetos para produção	
Maiores grupos de elementos		Grupos de elementos		Elementos individuais		ND	AEM	ND	AEM	ND	AEM	ND	AEM
A INFRAESTRUTURA		A10 Fundações		A1010 Fundações comuns		100	FUN	200	FUN	300	FUN	400	FUN
				A1020 Fundações especiais		100	FUN	200	FUN	300	FUN	400	FUN
				A1030 Lajes inclinadas		100	EST	200	EST	300	EST	400	EST
		A20 Construção do subsolo		A2010 Escavação de subsolo		100	EST	200	EST	300	EST	400	EST
				A2020 Paredes cortina de subsolo		100	EST	200	EST	300	EST	400	EST
B CASCA OU ENVOLTÓRIA		B10 Superestrutura		B1010 Construção do piso		100	EST	200	EST	300	EST	400	EST
				B1020 Construção da cobertura		100	EST	200	EST	300	EST	400	EST
		B20 Fechamento externo		B2010 Paredes externas		100	ARQ	200	ARQ	300	ARQ	400	ARQ
				B2020 Janelas externas		100	ARQ	200	ARQ	300	ARQ	400	ARQ
				B2030 Portas externas		100	ARQ	200	ARQ	300	ARQ	400	ARQ
		B30 Cobertura		B3010 Acabamentos da cobertura		100	ARQ	200	ARQ	300	ARQ	400	ARQ
				B3020 Aberturas da cobertura		100	ARQ	200	ARQ	300	ARQ	400	ARQ

Fonte: Autor

Matriz de elementos em BIM

Esse documento já foi estudado no capítulo 2 - revisão bibliográfica (consultar Tabelas 12,13 e 14, tópico 2.11). Trata-se de um trabalho desenvolvido pela Veterans Affairs, VA BIM Guide (2010), com o objetivo de estender os conceitos do documento E202. Basicamente consiste em um arquivo em Excel com um conjunto de planilhas a serem utilizadas para o rastreamento das informações do modelo BIM e planejamento do projeto. As planilhas relacionam os elementos construtivos conforme a classificação Unifomat, associando-os aos níveis de desenvolvimento e combinando-os com os tipos de informação, de acordo com a classificação OmniClass.

O arquivo possui uma planilha mestra que resume os tipos de propriedades e permite a associação com as planilhas individuais de cada elemento (Figura 60).

Figura 60: Estrutura da matriz de elementos e objetos do Veterans Affairs

Fonte: Autor

Conjuntos de propriedades utilizados na estrutura conceitual

Ressaltamos que o uso do trabalho da *Veterans Affairs* deve ser adequado às práticas das empresas e da cultura construtiva local, pois o seu desenvolvimento foi baseado nas práticas Norte Americanas.

Nesse sentido a proposta feita de inclusão desse conteúdo na estrutura conceitual tem o objetivo de estimular e desenvolver o seu uso e não o de apenas fazer a sua aplicação direta. Exemplificamos essa possibilidade propondo conjuntos específicos de propriedades para o atendimento de alguns requisitos da norma de desempenho.

Conforme Wix (2002) os conjuntos de propriedades ou *property sets* são uma extensão do modelo IFC, permitindo que essa extensão ocorra sem alteração do modelo e fornecendo uma estrutura conhecida por “meta-modelo” para as definições feitas pelo próprio usuário proporcionando a capacidade de ampliação do modelo (Figura 61).

Conforme Ferreira (2005), “qualquer propriedade que se conforma com um dos tipos de propriedades permitidos pode ser incluída. Não há limites para o número de propriedades que podem ser definidas dentro de um Conjunto de Propriedades [...]”.

Figura 61: Conceito de conjunto de propriedades

Fonte: Adaptado de Wix (2002)

A Figura 62 ilustra a ideia adotada na estrutura conceitual: os níveis de desenvolvimento variando de 100 até 500 sendo associados aos diferentes tipos de propriedades que podem ser criados pelo usuário em função do tipo de uso pretendido para o BIM e aplicados aos objetos do edifício que serão categorizados conforme o sistema Uniformat.

Figura 62: Nível de desenvolvimento e conjuntos de propriedades

Fonte: Autor

Em nossa proposição parte das propriedades propostas pelo *Veterans Affairs* foi traduzida para a língua portuguesa a título de exemplificação e a outra parte foi mantida no formato original.

É apresentado na Figura 63 o mapeamento dentro da classificação Unifomat onde foram identificadas as categorias nas quais foram desenvolvidos tipos de propriedades pelo *Veterans Affairs*, as que foram traduzidas para a língua portuguesa; as proposições de conjuntos de propriedades para a norma de desempenho e as categorias onde falta ser feito desenvolvimento de propriedades (Figura 63).

Figura 63: Mapeamento das categorias Unifomat *versus* o desenvolvimento de tipos de propriedades

Elementos conforme a classificação UNIFORMAT						
Nível 1		Nível 2		Nível 3		Estados
Maiores grupos de elementos		Grupos de elementos		Elementos individuais		Existente Traduzido A ser criado
A	INFRAESTRUTURA	A10	Fundações	A1010	Fundações comuns	
				A1020	Fundações especiais	
				A1030	Lajes inclinadas	
		A20	Construção do subsolo	A2010	Escavação de subsolo	
				A2020	Paredes cortina de subsolo	
B	CASCA OU ENVOLTÓRIA	B10	Superestrutura	B1010	Construção do piso	
				B1020	Construção da cobertura	
		B20	Fechamento externo	B2010	Paredes externas	
				B2020	Janelas externas	
				B2030	Portas externas	
		B30	Cobertura	B3010	Acabamentos da cobertura	
				B3020	Aberturas da cobertura	
C	INTERIORES	C10	Construções internas	C1010	Vedações	
				C1020	Portas internas	
				C1030	Acessórios	
		C20	Escadas	C2010	Construção da escada	
				C2020	Acabamentos da escada	
		C30	Acabamentos internos	C3010	Acabamentos de paredes	
				C3020	Acabamento de pisos	
				C3030	Acabamento de forros	
D	SERVIÇOS	D10	Transporte	D1010	Elevadores	
				D1020	Escadas rolantes	
				D1090	Outros sistemas de transporte	
		D20	Sistemas Hidraulicos <i>parcialmente desenvolvido</i>	D2010	Fixação de tubulações	
				D2020	Distribuição doméstica de água	
				D2030	Esgoto sanitário	
				D2040	Drenagem de águas pluviais	
				D2090	Outros sistemas hidráulicos	
		D30	Sistemas de Ar condicionado <i>parcialmente desenvolvido</i>	D3010	Suprimento de energia	
				D3020	Sistemas de geração de calor	
				D3030	Sistemas de refrigeração	
				D3040	Sistemas de distribuição	
				D3050	Terminais	
				D3060	Controles e instrumentação	
				D3070	Testes e balanceamento	
				D3090	Outros sistemas	

Elementos conforme a classificação UNIFORMAT								
Nível 1		Nível 2		Nível 3		Estados		
Maiores grupos de elementos		Grupos de elementos		Elementos individuais		Existente	Traduzido	A ser criado
		D40	Proteção contra incêndio	D4010	Sprinklers			
		Criado conjunto de propriedades para atender aos requisitos da norma de desempenho (requisitos gerais: incêndio)		D4020	Tubulações			
				D4030	Sistemas especiais de proteção			
				D4090	Outros sistemas			
		D50	Sistemas Elétricos	D5010	Distribuição elétrica			
		parcialmente desenvolvido		D5020	Iluminação e fiação			
				D5030	Comunicações e segurança			
				D5090	Outros sistemas			
E	EQUIPAMENTOS	E10	Equipamentos	E1010	Equipamentos comerciais			
	E MOBILIÁRIO	parcialmente desenvolvido		E1020	Equipamentos institucionais			
				E1030	Equipamentos de veículos			
				E1090	Outros equipamentos			
		E20	Mobiliário	E2010	Mobiliários fixos			
				E2020	Mobiliários removíveis			
F	CONSTRUÇÃO	F10	Construção especial	F1010	Estruturas especiais			
	ESPECIAL E DEMOLIÇÃO			F1020	Construções integradas			
				F1030	Sistemas de construções especiais			
				F1040	Sistemas de instalações especiais			
				F1050	Controles especiais e instrumentação			
		F20	Demolição seletiva	F2010	Demolição de elementos do edifício			
				F2020	Demolição de elementos perigosos			
G	CANTEIRO DE OBRAS	G10	Preparação do canteiro	G1010	Limpeza do terreno			
		parcialmente desenvolvido		G1020	Demolições			
				G1030	Movimento de terra			
				G1040	Remoção de resíduos perigosos			
		G20	Melhorias do canteiro	G2010	Acessos			
				G2020	Estacionamento			
				G2030	Acessos para pedestres			
				G2040	Desenvolvimento do canteiro			
				G2050	Paisagismo			
		G30	Utilidades civis e mecânicas	G3010	Suprimento e distribuição de água			
				G3020	Sistemas de esgotos sanitários			
				G3030	Captação de águas de chuva			
				G3040	Distribuição de aquecimento			
				G3050	Distribuição de resfriamento			
				G3060	Distribuição de combustível			
				G3090	Outras utilidades			
		G40	Utilidades elétricas do canteiro	G4010	Distribuição elétrica			
				G4020	Iluminação do canteiro			
				G4030	Comunicações e segurança			
				G4090	Outras utilidades elétricas			
		G50	Outras construções	G5010	Túneis			
				G5090	Outros sistemas e equipamentos			
Totais						12	6	67

Fonte: Autor

Podemos observar no campo de totais da Figura 63 que 12 elementos possuem propriedades atribuídas (14%), 6 foram traduzidos (7%) e 67 ainda precisam ser desenvolvidos (79%). Esse

número mostra o potencial de trabalho ainda existente para a configuração completa e pode ser uma proposição para trabalhos futuros nesse sentido.

Proposta de inclusão de conjuntos de propriedades para o atendimento de alguns requisitos da norma de desempenho

Para exemplificar a capacidade potencial de ampliação e flexibilidade da estrutura conceitual foram desenvolvidos alguns conjuntos de propriedades para a norma de desempenho, especificamente: requisitos gerais para proteção contra incêndio conforme ABNT NBR 15575-1 (2012) e requisitos para sistemas de vedações verticais externas e internas conforme ABNT NBR 15575-4 (2012).

Os conjuntos de propriedades foram escritos em PSD (Property Set Definition language) que é um esquema codificado na linguagem XML (eXtensible Markup Language), porém como os esquemas nesse momento não serão propostos para o *Model Support Group*, não foi feita sua especificação em IFC com o uso da linguagem EXPRESS.

Para a criação dos conjuntos de propriedades, conforme a recomendação de Ferreira (2005) foram seguidos estes passos:

1. Procurar um Conjunto de Propriedades predefinido que possa ser reutilizado.
2. Definir a especificação. O Conjunto de Propriedades deve ter um nome (*Name*), uma conexão a uma classe IFC específica (*TypedClass*) e um tipo predefinido (*TypeName*).
3. Procurar uma propriedade predefinida que possa ser reutilizada.
4. Definir uma nova proposta de propriedade. Essa propriedade deve possuir um dos tipos previstos pelo IFC: um valor simples (com ou sem unidade), uma enumeração de valores (com ou sem unidade), um valor limítrofe (com ou sem unidade), uma lista de valores (com ou sem unidade), uma faixa de valores (com ou sem unidade), uma referência a um objeto, uma propriedade complexa. Ferreira (2005) p. 103

A Figura 64 mostra o conjunto de propriedades para os requisitos de desempenho para o sistema de vedações verticais externas e internas. Foi reaproveitado o conjunto de propriedades *Pset_WallCommon*. As propriedades na cor cinza foram acrescentadas para atender à norma de desempenho e as na cor branca são as existentes no conjunto de propriedades *Pset_WallCommon*. Esse novo conjunto de propriedades foi denominado *Pset_WallCommon_desempenho*.

Figura 64: Conjunto de propriedades para requisitos de desempenho de vedações**IFC2x3 Property Set Definition Reference****PropertySet Definition:**

PropertySet Name	Pset_WallCommon_desempenho
Applicable Entities	IfcWall IfcWallStandardCase
Applicable Type Value	
Definition	Definição da ABNT NBR 15575-1: Especificações quantitativas dos requisitos de desempenho, expressos em termos de quantidades mensuráveis a fim de que possam ser objetivamente determinados. São definidos os requisitos comuns a todas as ocorrências de IfcWall and IfcWallStandardCase.

Property Definitions:

Name	Property Type	Data Type	Definition
Referencia	IfcPropertySingleValue	IfcIdentifier	Identificador de referência para o tipo especificado no projeto, (p.ex. tipo 'A-1')
Estabilidade	IfcPropertySingleValue	IfcLabel	Apresentar nível de segurança considerando as combinações de ações passíveis de ocorrerem durante a vida útil do edifício habitacional ou sistema. Critério: estado limite último.
Deslocamentos Fissuras Descolamentos	IfcPropertySingleValue	IfcLabel	Limitar os deslocamentos, fissurações e descolamentos, de forma a assegurar o livre funcionamento de elementos e componentes do edifício habitacional.
Solicitações de cargas	IfcPropertySingleValue	IfcForceMeasure	Resistir às solicitações originadas pela fixação de peças suspensas.
Impacto de corpo mole	IfcPropertySingleValue	IfcEnergyMeasure	Resistir a energia dos impactos de corpo mole.
Impacto nas portas	IfcPropertySingleValue	IfcEnergyMeasure	Resistir aos impactos causados pelas batidas de portas.
Impacto de corpo duro	IfcPropertySingleValue	IfcEnergyMeasure	Resistir a energia dos impactos de corpo duro.
Cargas em guarda-corpos	IfcPropertySingleValue	IfcForceMeasure	Resistir às cargas de ocupação que atuam nos guarda-corpos e parapeitos.
IsExternal	IfcPropertySingleValue	IfcBoolean	Indicação se o elemento é designado para o uso externo (VERDADEIRO) ou não (FALSO). Se o valor for (VERDADEIRO) o elemento é externo e suas faces são externas ao edifício.
Segurança contra incêndio	IfcPropertySingleValue	IfcLabel	Requisito geral do espaço da edificação - IfcSpace - Conforme ABNT NBR 15575-1
Uso e operação	IfcPropertySingleValue	IfcLabel	Requisito geral do espaço da edificação - IfcSpace - Conforme ABNT NBR 15575-2

IFC2x3 Property Set Definition Reference

PropertySet Definition:

PropertySet Name	Pset_WallCommon_desempenho
Applicable Entities	IfcWall IfcWallStandardCase
Applicable Type Value	
Definition	Definição da ABNT NBR 15575-1: Especificações quantitativas dos requisitos de desempenho, expressos em termos de quantidades mensuráveis a fim de que possam ser objetivamente determinados. São definidos os requisitos comuns a todas as ocorrências de IfcWall and IfcWallStandardCase.

Property Definitions:

Name	Property Type	Data Type	Definition
Estanqueidade	IfcPropertySingleValue	IfcReal	Ser estanque à água proveniente de chuva ou outras fontes.
Umidade decorrente da ocupação	IfcPropertySingleValue	IfcReal	Não permitir infiltração de água, através de suas faces, quando em contato com áreas molháveis e molhadas.
ExtendToStructure	IfcPropertySingleValue	IfcBoolean	Indica se o objeto é extensão da estrutura acima (VERDADEIRO) ou (FALSO).
LoadBearing	IfcPropertySingleValue	IfcBoolean	Indica se o objeto foi projetado para receber cargas (VERDADEIRO) ou não (FALSO).
Compartmentation	IfcPropertySingleValue	IfcBoolean	Indica se o objeto é designado para servir como um ambiente para compartimentação do fogo (VERDADEIRO) ou (FALSO).
Combustible	IfcPropertySingleValue	IfcBoolean	Indicação se o objeto é feito de material combustível (VERDADEIRO) ou não (FALSO).

Copyright (c) 2000 - 2007 International Alliance for Interoperability

Fonte: Autor

Observações sobre os termos em inglês utilizados nas Figuras 64³⁹ e 65.

O esquema desse conjunto de propriedades está escrito na linguagem XML. É apresentado a seguir um trecho do código.

```
<?xml version="1.0"?>
<?xml-stylesheet type="text/xsl" href="../../PSD_R2x3.xsl"?>
<PropertySetDef>
  <IfcVersion version="2x3 TC1" schema="IfcSharedBldgElements"/>
  <Name>Pset_WallCommon_desempenho</Name>
```

³⁹ Os nomes das propriedades pré-existent no conjunto foram mantidos na língua inglesa apenas para diferenciar dos novos que foram escritos na língua portuguesa.

<Definition>Definição da ABNT NBR 15575-1: Especificações quantitativas dos requisitos de desempenho, expressos em termos de quantidades mensuráveis a fim de que possam ser objetivamente determinados. São definidos os requisitos comuns a todas as ocorrências de IfcWall and IfcWallStandardCase.</Definition>

<Applicability>IfcWall, IfcWallStandardCase entity.</Applicability>

<ApplicableClasses>

<ClassName>IfcWall</ClassName>

<ClassName>IfcWallStandardCase</ClassName>

</ApplicableClasses>

<ApplicableTypeValue/>

<PropertyDefs>

<PropertyDef>

<Name>Referencia</Name>

<PropertyType>

<TypePropertySingleValue>

<DataType type="IfcIdentifier"/>

</TypePropertySingleValue>

</PropertyType>

<ValueDef/>

<Definition>Identificador de referência para o tipo especificado no projeto, (p.ex. tipo 'A-1')</Definition>

</PropertyDef>

<PropertyDef>

<Name>Estabilidade</Name>

<PropertyType>

<TypePropertySingleValue>

<DataType type="IfcLabel"/>

</TypePropertySingleValue>

</PropertyType>

<ValueDef/>

<Definition>Apresentar nível de segurança considerando as combinações de ações passíveis de ocorrerem durante a vida útil do edifício habitacional ou sistema. Critério: estado limite último.</Definition>

</PropertyDef>

<PropertyDef>

<Name>Deslocamentos Fissuras Descolamentos</Name>

<PropertyType>

<TypePropertySingleValue>

<DataType type="IfcLabel"/>

</TypePropertySingleValue>

</PropertyType>

<ValueDef/>

<Definition>Limitar os deslocamentos, fissurações e descolamentos, de forma a assegurar o livre funcionamento de elementos e componentes do edifício habitacional.</Definition>

</PropertyDef>

<PropertyDef>

<Name>Solicitações de cargas</Name>

<PropertyType>

<TypePropertySingleValue>

<DataType type="IfcForceMeasure"/>

</TypePropertySingleValue>

</PropertyType>

<ValueDef/>

<Definition>Resistir às solicitações originadas pela fixação de peças suspensas.</Definition>

</PropertyDef>

<PropertyDef>

<Name>Impacto de corpo mole</Name>

<PropertyType>

<TypePropertySingleValue>

<DataType type="IfcEnergyMeasure"/>

</TypePropertySingleValue>

</PropertyType>

<ValueDef/>

<Definition>Resistir a energia dos impactos de corpo mole.</Definition>

</PropertyDef>

```

<PropertyDef>
  <Name>Impacto nas portas</Name>
  <PropertyType>
    <TypePropertySingleValue>
      <DataType type="IfcEnergyMeasure"/>
    </TypePropertySingleValue>
  </PropertyType>
</ValueDef/>

```

A Figura 65 mostra o conjunto de propriedades para o sistema de vedações verticais externas e internas. Foi reaproveitado o conjunto de propriedades *Pset_SpaceFireSafetyRequirements*. As propriedades na cor cinza foram acrescentadas a partir dos requisitos da norma de desempenho e as brancas foram reaproveitadas do conjunto original. O novo conjunto foi denominado *Pset_SpaceFireSafetyRequirements_desempenho*.

Figura 65: Conjunto de propriedades para requisitos de incêndio

IFC2x3 Property Set Definition Reference

Definição do conjunto de propriedades:

PropertySet Name	Pset_SpaceFireSafetyRequirements_Desempenho
Applicable Entities	IfcSpace IfcZone
Applicable Type Value	
Definition	Definition da IA: Propriedades relacionadas para a proteção contra fogo dos espaços que são aplicáveis as entidades e

Definições das Propriedades:

Nome	Tipo de propriedade	Tipo de dados	Definição
DescargasAtmosféricas	IfcPropertySingleValue	IfcLabel	Proteção contra descargas atmosféricas
Riscolgñição	IfcPropertySingleValue	IfcLabel	Proteção contra o risco de ignição das instalações elétricas
RiscoVazamentoGás	IfcPropertySingleValue	IfcLabel	Proteção contra o risco de vazamento nas instalações de gás
PropagaçãoUnidadesContíguas	IfcPropertySingleValue	IfcLabel	Dificultar a propagação do incêndio para unidades contíguas.
IsolamentoRiscoDistância	IfcPropertySingleValue	IfcLabel	Isolamento de risco à distância.
FireRiskFactor	IfcPropertySingleValue	IfcLabel	Fator de risco de incêndio atribuída ao espaço de acordo com a classificação de normas específicas.
FlammableStorage	IfcPropertySingleValue	IfcBoolean	Indicação se o espaço é projetado para estocar materiais inflamáveis. (VERDADEIRO) ou (FALSO).
FireRating	IfcPropertySingleValue	IfcLabel	Taxa de proteção ao fogo do objeto de acordo com a classificação de normas específicas.
FireExit	IfcPropertySingleValue	IfcBoolean	Facilitar a fuga em situações de incêndio, critério: rotas de fuga.Indicação se o objeto (no caso um corredor, ou uma porta ou passagem) foi projetado para servir de saída em caso de incêndio (VERDADEIRO) ou não (FALSO).
SprinklerProtection	IfcPropertySingleValue	IfcBoolean	Indicação de o espaço é protegido por sprinkler (VERDADEIRO) ou não (FALSO).

Copyright (c) 2000 - 2007 International Alliance for Interoperability

Fonte: Autor

Conjuntos de tipos de propriedades utilizados na estrutura conceitual

A seguir é apresentado o resumo dos tipos de propriedades utilizados na estrutura conceitual codificados por cores (Tabela 21).

Tabela 21: Tipos de propriedades da estrutura conceitual

Tipo de informação	Código de cor
Programa do edifício e metadados do projeto
Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM
Localização geoespacial dos elementos e objetos
Requisitos específicos de informação do fabricante
Especificações
Estimativas de custos
Análises energéticas
Materiais sustentáveis conforme critérios LEED
Ambiente e condições do terreno
Validação e observância do programa de necessidades
Cumprimento de códigos de segurança
Planejamento da obra
Sequencia e logística da construção
Comissionamento da obra
Instalações e ativos da edificação
Requisitos da norma de desempenho NBR 15571

Fonte: Autor

Propriedades do elemento “espaço” definidas na estrutura conceitual

É apresentado a seguir, o elemento “espaço” e suas propriedades (Tabela 22).

Tabela 22: Conjunto de propriedades para espaço

A1020 - Zonas de espaço, área, cômodo					
	<div> <div>quarto</div> <div>numero 3</div> <div>área= 10 m2</div> </div>	Descrição: um elemento em duas ou três dimensões. São os elementos que dão a base estrutural para o edifício. Podem ser paredes estruturais, blocos, vigas baldrame, entre outros			
ND	Categoria de informação por item de informação. (verificar a planilha mestra das informações).	Item de informação (informação específica do objeto ou elemento)	Responsável pela modelagem do objeto	Fonte da informação	Suporte das classe IFC
ND 100 - Concepção					
Estudos de massa com indicações de área, peso, volume, locação e orientação	Programa do edifício e metadados do projeto	Identificador da instalação			IfcSpace->IfcBuilding.Name
	Programa do edifício e metadados do projeto	Nome da instalação			IfcSpace->IfcBuilding.LongName
	Programa do edifício e metadados do projeto	Descrição da instalação			IfcSpace->IfcBuilding.Description
	Programa do edifício e metadados do projeto	Função da instalação			IfcSpace->IfcClassificationReference
	Programa do edifício e metadados do projeto	Forma da instalação			IfcSpace->IfcClassificationReference
	Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Comprimento total			IfcSpace->IfcQuantity.Length.Name="Length"
	Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Largura total			IfcSpace->IfcQuantity.Length.Name="Width"
	Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Altura total			IfcSpace->IfcQuantity.Length.Name="Height"
	Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Área total			IfcSpace->IfcQuantity.Area.Name="GrossFloorArea"
	Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Volume total			IfcSpace->IfcQuantity.Volume.Name="GrossVolume"
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Tipo de posição			IfcSpace.ObjectPlacement
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Restrições de localização			(clarify) - IfcConstraint
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Restrições de códigos de normas			(clarify) - IfcConstraint
	Requisitos para estimativas de custos	Custo conceitual			IfcSpace->IfcCostValue.CostType="Conceptual"
	Requisitos para estimativas de custos	Unidade do custo conceitual			IfcSpace->IfcCostValue.CostType="Conceptual" + UnitBasis
	Requisitos para estimativas de custos	Premissas de custos futuros			IfcSpace->IfcCostValue.CostType="Whole life"
	Requisitos para análises energéticas	Bases de desempenho energético			
	Requisitos para análises energéticas	Bases de desempenho dos sistemas de Ar Condicionado, exaustão e ventilação			
	Materiais sustentáveis conforme critérios LEED	Hipóteses para requisitos verdes			IfcSpace->IfcEnvironmentalImpactValue or IfcPropertySet with local LEED agreement
	Materiais sustentáveis conforme critérios LEED	Estratégias verdes			IfcSpace->IfcEnvironmentalImpactValue or IfcPropertySet with local LEED agreement
	Materiais sustentáveis conforme critérios LEED	Certificações LEED, bronze, prata, ouro			IfcSpace->IfcEnvironmentalImpactValue or IfcPropertySet with local LEED agreement
	Materiais sustentáveis conforme critérios LEED	Base de desempenho luminotécnico			IfcSpace->IfcEnvironmentalImpactValue or IfcPropertySet with local LEED agreement
	Materiais sustentáveis conforme critérios LEED	Base de desempenho de calor radiante			IfcSpace->IfcEnvironmentalImpactValue or IfcPropertySet with local LEED agreement
	Ambiente e condições do terreno	Dados das utilidades			
	Validação do programa de necessidades	Código do espaço			IfcSpace->IfcClassificationReference
	Validação do programa de necessidades	Requisitos departamentais			IfcSpace->IfcZone
	Validação do programa de necessidades	Área bruta planeável			IfcSpace->Pset_SpaceCommon->IfcProperty.Name="GrossAreaPlanned"
	Validação do programa de necessidades	Unidade de área bruta planeável			IfcUnitAssignment -> assignment of a global length unit [m, mm, inch, feet]
	Validação do programa de necessidades	Área interna planeável			IfcSpace->Pset_SpaceCommon->IfcProperty.Name="NetAreaPlanned"
	Validação do programa de necessidades	Unidade de área interna planeável			IfcUnitAssignment -> assignment of a global length unit [m, mm, inch, feet]
	Planejamento da obra	Fases (conf. Tabela 32 da OmniClass)			IfcProject->IfcTask.Name (stages) + IfcClassificationReference to OmniClass
	Planejamento da obra	Duração global			IfcProject->IfcTask->IfcScheduleTimeControl.ScheduleDuration
	Requisitos da Norma de Desempenho ABNT NBR 15575	DescargasAtmosféricas			IfcSpace->Pset_SpaceFireSafetyRequirements_Desempenho
	Requisitos da Norma de Desempenho ABNT NBR 15576	Riscolgñição			IfcSpace->Pset_SpaceFireSafetyRequirements_Desempenho
	Requisitos da Norma de Desempenho ABNT NBR 15577	RiscoVazamentoGás			IfcSpace->Pset_SpaceFireSafetyRequirements_Desempenho
	Requisitos da Norma de Desempenho ABNT NBR 15578	PropagaçãoUnidadesContíguas			IfcSpace->Pset_SpaceFireSafetyRequirements_Desempenho
	Requisitos da Norma de Desempenho ABNT NBR 15579	IsolamentoRiscoDistância			IfcSpace->Pset_SpaceFireSafetyRequirements_Desempenho
	Requisitos da Norma de Desempenho ABNT NBR 15580	FireRiskFactor			IfcSpace->Pset_SpaceFireSafetyRequirements_Desempenho
	Requisitos da Norma de Desempenho ABNT NBR 15581	FlammableStorage			IfcSpace->Pset_SpaceFireSafetyRequirements_Desempenho
	Requisitos da Norma de Desempenho ABNT NBR 15582	FireRating			IfcSpace->Pset_SpaceFireSafetyRequirements_Desempenho
	Requisitos da Norma de Desempenho ABNT NBR 15583	FireExit			IfcSpace->Pset_SpaceFireSafetyRequirements_Desempenho
	Requisitos da Norma de Desempenho ABNT NBR 15584	SprinklerProtection			IfcSpace->Pset_SpaceFireSafetyRequirements_Desempenho

proposição da estrutura conceitual

A1020 - Zonas de espaço, área, cômodo					
quanto numero 3 área= 10 m2	Descrição: um elemento em duas ou três dimensões. São os elementos que dão a base estrutural para o edifício. Podem ser paredes estruturais, blocos, vigas baldramas, entre outros				
ND	Categoria de informação por item de informação. (verificar a planilha mestra das informações).	Item de informação (informação específica do objeto ou elemento)	Responsável pela modelagem do objeto	Fonte da informação	Suporte das classe IFC
ND 200- Definição - geometria aproximada					
Sistemas gerais ou montagens com quantidades aproximadas, tamanho, forma, localização e orientação	Programa do edifício e metadados do projeto	Requisitos do espaço			IfcSpace->Pset_SpaceThermalOccupancyLightingFireSafetyRequirements
	Programa do edifício e metadados do projeto	Adjacências do espaço			IfcSpace->IfcRelSpaceBoundary->IfcSpace
	Programa do edifício e metadados do projeto	Tipo e categoria do espaço			IfcSpace.ObjectType
	Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Comprimento			IfcSpace->IfcQuantityLength.Name="Length"
	Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Largura			IfcSpace->IfcQuantityLength.Name="Width"
	Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Altura			IfcSpace->IfcQuantityLength.Name="Height"
	Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Área			IfcSpace->IfcQuantityArea.Name="GrossFloorArea"
	Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Volume total			IfcSpace->IfcQuantityVolume.Name="GrossVolume"
	Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Tamanho máximo			
	Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Espaço mínimo requerido			
	Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Propósito			
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Número do pavimento			IfcColumn->IfcBuildingStory.Name
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Nome e zona do espaço			IfcColumn->IfcZone.LongName (new in IFC2x4)
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Número da zona e do espaço			IfcColumn->IfcZone.Name
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Nome do ambiente			IfcColumn->IfcSpace.LongName
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Número do ambiente			IfcColumn->IfcSpace.Name
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Identificador do piso			IfcColumn->IfcBuildingStory.Name
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Nome do piso			IfcColumn->IfcBuildingStory.LongName
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Descrição do piso			IfcColumn->IfcBuildingStory.Description
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Elevação do piso			IfcColumn->IfcBuildingStory.Elevation
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Unidades da altura total do piso			IfcUnitAssignment -> assignment of a global length unit [m, mm, inch, feet]
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Altura total do piso			IfcBuildingStorey->IfcQuantityLength.Name="Height"
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Unidades da altura total do piso			IfcUnitAssignment -> assignment of a global length unit [m, mm, inch, feet]
	Requisitos para estimativas de custos	Valor base de custo (p.ex: custo /m2)			IfcColumn->IfcCostValue.CostType="Estimated" + UnitBasis
	Requisitos para análises energéticas	Requisitos de umidade			IfcSpace->Pset_SpaceThermalRequirements->IfcProperty="Humidity"
	Requisitos para análises energéticas	Requisitos de calor radiante			
	Requisitos para análises energéticas	Requisitos de circulação do ar			IfcSpace->Pset_SpaceThermalRequirements->IfcProperty="Natural/Mechanical VentilationRate"
	Requisitos para análises energéticas	Requisitos da variação de temperatura			IfcSpace->Pset_SpaceThermalRequirements->IfcProperty="SpaceTemperature Min/Max"
	Materiais sustentáveis conforme critérios LEED	Ítems LEED por valores de quantidades			IfcColumn->IfcEnvironmentalImpactValue or IfcPropertySet with local LEED agreement
	Materiais sustentáveis conforme critérios LEED	Requisitos luminotécnicos			IfcColumn->IfcEnvironmentalImpactValue or IfcPropertySet with local LEED agreement
	Materiais sustentáveis conforme critérios LEED	Requisitos de iluminação natural			IfcColumn->IfcEnvironmentalImpactValue or IfcPropertySet with local LEED agreement
	Validação do programa de necessidades	Volume do espaço			
	Validação do programa de necessidades	Nível de ruído			
	Validação do programa de necessidades	Etiqueta de identificação do nome do cômodo			
	Validação do programa de necessidades	Formas do espaço 3D (limites rígidos ou maleáveis)			
	Validação do programa de necessidades	Linha de visão			
	Validação do programa de necessidades	Requisitos da fachada			
	Validação do programa de necessidades	Requisitos do programa dos cômodos			
	Validação do programa de necessidades	Requisitos líquidos e brutos do espaço			
	Cumprimento de códigos de segurança	Requisitos para escape do edifício			IfcSpace->Pset_SpaceFireSafetyRequirements->IfcProperty="FireExit"
	Cumprimento de códigos de segurança	Requisitos de circulação			IfcSpace->Pset_SpaceCommon->IfcProperty="PubliclyAccessible"
	Cumprimento de códigos de segurança	Requisitos de proteção contra incêndio			IfcSpace->Pset_SpaceFireSafetyRequirements->IfcProperty="FireRiskFactor"
	Cumprimento de códigos de segurança	Seleção da tipologia do edifício			IfcColumn->IfcBuilding->IfcConstrain
	Planejamento da obra	Sequência das atividades no tempo			IfcProject->IfcTask->IfcRelSequence + assign IfcColumn->IfcRelAssignsToProcess
	Planejamento da obra	Ordem das atividades marco			IfcProject->IfcTask.IsMilestone->IfcRelSequence + assign IfcColumn->IfcRelAssignsToProcess

proposição da estrutura conceitual

A1020 - Zonas de espaço, área, cômodo					
quarto numero 3 área= 10 m2	Descrição: um elemento em duas ou três dimensões. São os elementos que dão a base estrutural para o edifício. Podem ser paredes estruturais, blocos, vigas baldrame, entre outros				
ND	Categoria de informação por item de informação. (verificar a planilha mestra das informações).	Item de informação (informação específica do objeto ou elemento)	Responsável pela modelagem do objeto	Fonte da informação	Suporte das classe IFC
ND 300- Desenvolvimento - geometria precisa					
Sistemas gerais ou montagens com quantidades precisas, tamanho, forma, localização e orientação	Programa do edifício e metadados do projeto	Função do espaço			
	Programa do edifício e metadados do projeto	Forma do espaço			
	Programa do edifício e metadados do projeto	Nome do edifício			
	Programa do edifício e metadados do projeto	Número do edifício			
	Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Tamanho nominal			
	Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Capacidade			
	Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Altura do teto			
	Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Altura do forro removível			
	Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Perímetro			
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Elevação			total height, sum up by IfcSlab.ObjectPlacement.RelativePlacement.Location.[Z] + building
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Elevação em relação a outro referencial (Datum)			total height, sum up by IfcSlab.ObjectPlacement.RelativePlacement.Location.[Z] + building
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Ângulo de rotação			IfcSlab.ObjectPlacement.RelativePlacement.RefDirection
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Identificador da coordenada			IfcGeometricRepresentationContext.ContextIdentifier
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Tipo de coordenada			IfcGeometricRepresentationContext.ContextType
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Coordenada do eixo x			IfcSlab.ObjectPlacement.RelativePlacement.Location.[X]
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Unidade da coordenada do eixo x			IfcUnitAssignment -> assignment of a global length unit [m, mm, inch, feet] - given consistently to all elements
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Coordenada do eixo y			IfcSlab.ObjectPlacement.RelativePlacement.Location.[Y]
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Unidade da coordenada do eixo y			IfcUnitAssignment -> assignment of a global length unit [m, mm, inch, feet] - given consistently to all elements
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Coordenada do eixo z			IfcSlab.ObjectPlacement.RelativePlacement.Location.[Z]
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Unidade da coordenada do eixo z			IfcUnitAssignment -> assignment of a global length unit [m, mm, inch, feet] - given consistently to all elements
	Especificações	Acabamento do piso			
	Especificações	Base			
	Especificações	Coroa			
	Especificações	Acabamento da parede			
	Especificações	Acabamento do forro			
	Especificações	Identificador do atributo			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)
	Especificações	Conjunto de tipos de atributos			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)
	Especificações	Identificador da referência do atributo			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)
	Especificações	Nome do atributo			IfcColumn->IfcProperty.Name
	Especificações	Descrição do atributo			IfcColumn->IfcProperty.Description
	Especificações	Valor do atributo			IfcColumn->IfcProperty.NominalValue
	Especificações	Unidade do atributo			IfcColumn->IfcProperty.Unit
	Especificações	Referência do atributo			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)
	Especificações	Prioridade do atributo			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)
Validação do programa de necessidades	Materiais sustentáveis conforme critérios LEED	Consumo de carbono			IfcColumn->IfcEnvironmentalImpactValue or IfcPropertySet with local LEED agreement
	Materiais sustentáveis conforme critérios LEED	Quantidade de luz			IfcColumn->IfcEnvironmentalImpactValue or IfcPropertySet with local LEED agreement
	Validação do programa de necessidades	Impedância acústica			
	Validação do programa de necessidades	Resistência de transmissão do som			
	Validação do programa de necessidades	Altura do forro			
	Validação do programa de necessidades	Informação do pavimento			
	Validação do programa de necessidades	Espaço utilizável adequado			
	Validação do programa de necessidades	Utilidades requeridas existentes			
	Validação do programa de necessidades	Equipamentos requeridos existentes			
	Validação do programa de necessidades	Mobiliário requerido existente			
	Validação do programa de necessidades	Construções pré-existent			
	Validação do programa de necessidades	Acabamentos requeridos existentes			
	Validação do programa de necessidades	Identificador do espaço			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)
	Validação do programa de necessidades	Lista de identificadores do espaço			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)
	Validação do programa de necessidades	Função do espaço			IfcColumn->IfcRelSpaceBoundary->IfcSpace : space classification
	Validação do programa de necessidades	Identificador da referência do espaço			IfcColumn->IfcRelSpaceBoundary->IfcSpace : space identifier
	Validação do programa de necessidades	Número do espaço			IfcColumn->IfcRelSpaceBoundary->IfcSpace.Name

proposição da estrutura conceitual

A1020 - Zonas de espaço, área, cômodo					
quarto numero 3 área= 10 m2	Descrição: um elemento em duas ou três dimensões. São os elementos que dão a base estrutural para o edifício. Podem ser paredes estruturais, blocos, vigas baldrame, entre outros				
ND	Categoria de informação por item de informação. (verificar a planilha mestra das informações).	Item de informação (informação específica do objeto ou elemento)	Responsável pela modelagem do objeto	Fonte da informação	Suporte das classe IFC
ND 300- Desenvolvimento - geometria precisa					
Sistemas gerais ou montagens com quantidades precisas, tamanho, forma, localização e orientação	Validação do programa de necessidades	Nome do espaço			IfcColumn->IfcRelSpaceBoundary->IfcSpace.LongName
	Validação do programa de necessidades	Descrição do espaço			IfcColumn->IfcRelSpaceBoundary->IfcSpace.Description
	Validação do programa de necessidades	Altura utilizável do espaço			IfcColumn->IfcRelSpaceBoundary->IfcSpace.space quantity height
	Validação do programa de necessidades	Unidades da altura utilizável do espaço			IfcUnitAssignment -> assignment of a global length unit [m, mm, inch, feet] - given consistently to all elements
	Cumprimento de códigos de segurança	Altura para escape			
	Cumprimento de códigos de segurança	Largura para escape			
	Cumprimento de códigos de segurança	Resistência ao fogo			
	Cumprimento de códigos de segurança	Prevenção de incêndio			IfcSpace->Pset_FireSafetyRequirements->IfcProperty="SprinklerProtection"
	Cumprimento de códigos de segurança	Mitigação do risco de incêndio			
	Cumprimento de códigos de segurança	Acesso para deficientes			IfcSpace->Pset_SpaceCommon->IfcProperty="HandicapAccessible"
	Cumprimento de códigos de segurança	Capacidade de ocupação			IfcSpace->Pset_OccupancyRequirements->IfcProperty="OccupancyNumber"
	Cumprimento de códigos de segurança	Área de piso por ocupante			
	Cumprimento de códigos de segurança	Meios de escape			IfcSpace->Pset_FireSafetyRequirements->IfcProperty="FireExit"
ND 400- PEO - projetos para produção e preparação para a execução da obra					
Montagens ou execução precisas em termo de tamanho, forma, locação, quantidades e orientação com o detalhamento das informações.	Validação do programa de necessidades	Área externa bruta			
	Validação do programa de necessidades	Unidade da área externa bruta			
	Validação do programa de necessidades	Área interna bruta			
	Validação do programa de necessidades	Unidade da área interna bruta			
	Planejamento da obra	Identificador do calendário			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)
	Planejamento da obra	Aprovado por			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)
	Planejamento da obra	Entregue por			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)
	Planejamento da obra	Atividade no calendário			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)
	Sequencia e logística da construção	Identificador da transmissão			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)
	Sequencia e logística da construção	Lista de identificadores das transmissões			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)
	Sequencia e logística da construção	Número da transmissão			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)
	Sequencia e logística da construção	Revisão da transmissão			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)
	Sequencia e logística da construção	Desvio da transmissão			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)
	Sequencia e logística da construção	Nome da transmissão			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)
	Sequencia e logística da construção	Descrição da transmissão			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)
	Sequencia e logística da construção	Identificador da ação			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)
	Sequencia e logística da construção	Código da ação			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)
	Sequencia e logística da construção	Descrição da ação			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)
	Sequencia e logística da construção	Identificador da tarefa			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)
	Sequencia e logística da construção	Status da tarefa			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)
	Sequencia e logística da construção	Prioridade da tarefa			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)
	Sequencia e logística da construção	Número da tarefa			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)
	Sequencia e logística da construção	Nome da tarefa			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)
	Sequencia e logística da construção	Descrição da tarefa			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)
	Sequencia e logística da construção	Duração da tarefa			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)
	Sequencia e logística da construção	Unidade de duração da tarefa			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)
	Sequencia e logística da construção	Início da tarefa			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)
	Sequencia e logística da construção	Unidade de início da tarefa			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)
	Sequencia e logística da construção	Frequencia da tarefa			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)
	Sequencia e logística da construção	Unidade de frequencia da tarefa			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)
	Sequencia e logística da construção	Identificador de segurança da tarefa			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)
	Sequencia e logística da construção	Identificador de problemas da tarefa			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)
	Instalações e ativos da edificação	Identificador do registro			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)
	Instalações e ativos da edificação	Nome do teste			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)
	Instalações e ativos da edificação	Descrição do teste			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)
	Instalações e ativos da edificação	Identificador do certificado			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)

proposição da estrutura conceitual

A1020 - Zonas de espaço, área, cômodo					
quarto numero 3 área= 10 m2	Descrição: um elemento em duas ou três dimensões. São os elementos que dão a base estrutural para o edifício. Podem ser paredes estruturais, blocos, vigas baldrames, entre outros				
ND	Categoria de informação por item de informação. (verificar a planilha mestra das informações).	Item de informação (informação específica do objeto ou elemento)	Responsável pela modelagem do objeto	Fonte da informação	Suporte das classe IFC
	Instalações e ativos da edificação	Descrição do certificado			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)
	Instalações e ativos da edificação	Identificador da tarefa de início de operação			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)
	Instalações e ativos da edificação	Identificador da tarefa de desligamento de operação			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)
	Instalações e ativos da edificação	Identificador da tarefa de emergência			atualização a ser verificada com o padrão COBIE(2)
ND 500-Como construído					
Conforme construído com precisão em termos de tamanho, forma, locação, quantidades e orientação.	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Etiqueta GIS			{IfcCoordinateReferenceSystem->IfcMapConversion (added in IFC2x4)}
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Etiqueta GPS			assigned to IfcSite with Ref.Longitude, Ref.Latitude, Ref.Elevation
	Localização geoespacial dos elementos e objetos	Posição GPS			assigned to IfcSite with Ref.Longitude, Ref.Latitude, Ref.Elevation
	Requisitos para estimativas de custos	Custo realizado			IfcColumn->IfcCostValue : CostType="Recorded Actual"
	Requisitos para estimativas de custos	Custo da instalação			IfcColumn->IfcCostValue : CostType="Installed"
	Requisitos para estimativas de custos	Custo que foi excedido do previsto			IfcColumn->IfcCostValue : CostType="Over-Run"
	Materiais sustentáveis conforme critérios LEED				IfcColumn->IfcEnvironmentalImpactValue or IfcPropertySet with local LEED agreement
	Materiais sustentáveis conforme critérios LEED				IfcColumn->IfcEnvironmentalImpactValue or IfcPropertySet with local LEED agreement
	Ambiente e condições do terreno	Registro de desempenho do sistema de Ar Condicionado			
	Validação do programa de necessidades	Área rentável utilizável			
	Validação do programa de necessidades	Unidades da área rentável utilizável			

Fonte: Autor

Metodologia de cálculo para o ND

Nível de desenvolvimento = ND

Cálculo

O cálculo é efetuado através de uma planilha Excel e o software Solibri - podendo ser utilizados outros que façam as mesmas operações.

Os passos para o cálculo serão fornecidos a seguir a partir de um exemplo.

Passo 1: contar o número de objetos do modelo BIM, com o Solibri, classificando-os conforme o critério da Unifomat - nesse passo é importante verificar se o modelo possui objetos “não classificados” e se for o caso fazer as correções, pois uma modelagem sem levar em conta essa questão pode induzir a erros (Figura 66).

Figura 66: Contagem de objetos através do Solibri

Building Element Type	Component	Count
B1010 Floor Construction	Beam	1,655
B1010 Floor Construction	Column	133
B1010 Floor Construction	Slab	1,257
B1020 Roof Construction	Roof	4
B2020 Exterior Windows	Curtain Wall	226
B2020 Exterior Windows	Wall	112
B2020 Exterior Windows	Window	85
B2030 Exterior Doors	Door	690
C1010 Partitions	Wall	3,330
C2010 Stair Construction	Stair	72
C2020 Stair Finishes	Railing	68
C3030 Ceiling Finishes	Suspended Ceiling	193
E1090 Other Equipment	Furniture	337
E1090 Other Equipment	Object	428

Fonte: Autor

Passo 2: gerar no Solibri um relatório analítico que classifique os objetos em função do tipo da propriedade que está sendo pesquisada. Com esse relatório teremos a condição de identificar os objetos que têm e os que não têm valores atribuídos para a propriedade (Figura 67)⁴⁰.

Figura 67: Exemplo de relatório analítico dos objetos e propriedades

V21Quantities					
Model Name		Atrium Offices - PROJETO_EXECUTIVO - 2012.06.01_optimized+T			
Checker		Leonardo			
Organization					
Date		January 3, 2013			
Atrium Offices -		Date: 2012-06-04 10:40:54 Application: Autodesk Revit Architecture 2012 IFC: IFC2X3			
Building Element Type	Component	Type	Material	Count	
A2020 Basement Walls	Wall	Basic Wall:AG Gesso vertical 12,5mm	PB 12 mm	1	
A2020 Basement Walls	Wall	Basic Wall:AG Gesso vertical 12,5mm_PINTURA PRETA	PP 12 mm	3	
A2020 Basement Walls	Wall	Basic Wall:AG Gesso vertical 25mm	PB 25 mm	19	
A2020 Basement Walls	Wall	Basic Wall:AG divisória 1cm	AG divisória EV 12 mm	4	
A2020 Basement Walls	Wall	Basic Wall:AG_ALV_ALM1_E05_REC	ALM1 15 mm, BLC-alvenaria bco	205	
A2020 Basement Walls	Wall	Basic Wall:AG_ALV_BLC1_009	BLC1 90 mm	1	
A2020 Basement Walls	Wall	Basic Wall:AG_ALV_BLC1_009_PB	PB 10 mm, BLC1 90 mm	1	
A2020 Basement Walls	Wall	Basic Wall:AG_ALV_BLC1_014	BLC1 140 mm	4	
A2020 Basement Walls	Wall	Basic Wall:AG_ALV_BLC1_014_FM1	FM1 10 mm, BLC1 140 mm	177	
A2020 Basement Walls	Wall	Basic Wall:AG_ALV_BLC1_014_PB	PB 10 mm, BLC1 140 mm	4	
A2020 Basement Walls	Wall	Basic Wall:AG_ALV_BLC1_014_REC_PB	PB 10 mm, BLC1 140 mm, REC 25	29	
A2020 Basement Walls	Wall	Basic Wall:AG_ALV_BLC1_014_RI	RI 10 mm, BLC1 140 mm	4	
A2020 Basement Walls	Wall	Basic Wall:AG_ALV_BLC1_014_RI_FM1	RI 10 mm, BLC1 140 mm, FM1 10	68	
A2020 Basement Walls	Wall	Basic Wall:AG_ALV_BLC1_014_RI_RI	RI 10 mm, BLC1 140 mm, RI 10 mm	39	
A2020 Basement Walls	Wall	Basic Wall:AG_ALV_BLC1_019	BLC1 190 mm	2	
A2020 Basement Walls	Wall	Basic Wall:AG_ALV_BLC1_019_FM1	FM1 10 mm, BLC1 190 mm	4	
A2020 Basement Walls	Wall	Basic Wall:AG_ALV_BLC1_019_PB	PB 10 mm, BLC1 190 mm	5	
A2020 Basement Walls	Wall	Basic Wall:AG_ALV_BLC1_019_REB	REC 25 mm, BLC1 190 mm	54	
A2020 Basement Walls	Wall	Basic Wall:AG_ALV_BLC1_019_REC	REC 25 mm, BLC1 190 mm, RI 10	116	
A2020 Basement Walls	Wall	Basic Wall:AG_ALV_BLC1_019_REC_RI	RI 10 mm, BLC1 190 mm	5	
A2020 Basement Walls	Wall	Basic Wall:AG_ALV_BLC1_019_RI	PC 10 mm, BLC1 190 mm	31	
A2020 Basement Walls	Wall	Basic Wall:AG_ALV_BLC1_019_RI_PC	RI 10 mm, BLC1 190 mm, FM1 10	5	
A2020 Basement Walls	Wall	Basic Wall:AG_ALV_BLC1_019_RI_FM1	RI 10 mm, BLC1 190 mm, FM1 10	1	
A2020 Basement Walls	Wall	Basic Wall:AG_ALV_BLC1_019_RI_RI	RI 10 mm, BLC1 190 mm, RI 10	35	
A2020 Basement Walls	Wall	Basic Wall:AG_ALV_BLC2_009	AG Enchimento 40 mm, BLC2 140	4	
A2020 Basement Walls	Wall	Basic Wall:AG_ALV_BLC2_009_ENCH_E040_ENCH_E040	AG Enchimento 40 mm, BLC2 140	6	
A2020 Basement Walls	Wall	Basic Wall:AG_ALV_BLC2_014	AG Enchimento 40 mm, BLC2 140	1	
A2020 Basement Walls	Wall	Basic Wall:AG_ALV_BLC2_014_ENCH_004_ENCH_004	AG Enchimento 40 mm, BLC2 140	4	
A2020 Basement Walls	Wall	Basic Wall:AG_ALV_BLC2_014_ENCH_040_ENCH_040	AG Enchimento 40 mm, BLC2 140	6	
A2020 Basement Walls	Wall	Basic Wall:AG_ALV_BLC2_014_ENCH_040_ENCH_040_ENCH_040	AG Enchimento 40 mm, BLC2 140	1	
A2020 Basement Walls	Wall	Basic Wall:AG_ALV_BLC2_014_ENCH_040_ENCH_040_ENCH_040_ENCH_040	AG Enchimento 40 mm, BLC2 140	132	
A2020 Basement Walls	Wall	Basic Wall:AG_ALV_BLC2_014_PB	PB 10 mm, BLC2 140 mm		

Fonte: Autor

Passo 3: lançar os dados na planilha Excel que efetuará todos os cálculos (Figura 68).

A Figura 68 é apresentada com as fórmulas utilizadas possibilitando assim que possa ser criada e aproveitada por outros pesquisadores. Nela se destacam campos numerados que serão identificados e explicados a seguir.

⁴⁰ Foi mantida a nomenclatura em inglês original do software para os cabeçalhos do relatório.

Figura 68: Planilha de cálculo do ND

1	B	C	D	E	F	G	H
2	C1010 - Parede - vedações internas						
3		Descrição: um elemento em duas ou três dimensões. Um elemento de superfície vertical utilizado para dividir ambientes dentro de um edifício. Uma parede interna pode ser ou não um elemento estrutural.					
4	ND	Categoria de informação por item de informação. (verificar a planilha mestre das informações).	Item de informação (informação específica do objeto ou elemento)	Pesos	Notas	Número de objetos que tem valores atribuídos para as propriedades	Número de objetos que tem valores atribuídos para as propriedades de acordo com os requisitos
5	ND 100 - concepção	Número total de objetos	5000	1 Número de objetos de acordo com a classe Unifomat analisada			
6	Estudos de massa com indicações de área, peso, volume, localização e orientação	Programa do edifício e metadados do projeto	Identificador da instalação	2 Dados colhidos no relatório analítico de propriedades do Solibri.		4000	3800
7		Programa do edifício e metadados do projeto	Nome da instalação			3000	2987
8		Programa do edifício e metadados do projeto	Descrição da instalação			1000	990
9		Peso e nota					
10		Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Comprimento total	3 Dados colhidos que atendem aos requisitos do programa ou resultantes da validação pela análise crítica.		5000	5000
11		Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Largura total			5000	5000
12	Valor teórico do ND estudado	Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Peso total			4000	4000
13		Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Área total			5000	5000
14		Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Volume total			5000	5000
15		Peso e nota					
16	Requisitos para estimativas de custos	Custos conceituais		4 Cálculo do número de tipos de propriedade do conjunto respectivo. O peso do item é igual ao número de tipos de propriedade.		3000	3000
17	Requisitos para estimativas de custos	Unidades dos custos conceituais				3000	3000
18	Requisitos para estimativas de custos	Hipóteses de custos futuros				200	200
19	Peso e nota						
20	Requisitos para análises energéticas	Bases de desempenho energético				2000	2000
21	Peso e nota						
22	Materiais sustentáveis conforme critérios LEED	Hipóteses de requisitos verdes		5 Cálculo da média aritmética dos valores obtidos dividido pelo número de tipos de propriedade		3500	3000
23	Materiais sustentáveis conforme critérios LEED	Certificações LEED, bronze, prata, ouro				5000	5000
24	Peso e nota						
25	Planejamento da obra	Fases				3000	2800
26	Planejamento da obra	Duração global				5000	5000
27	Peso e nota						
28	Requisitos da Norma de Desempenho	DescargasAtmosféricas		6 Nota do item é o resultado da divisão entre o valor obtido na coluna H (número médio de propriedades que atendem aos requisitos) dividido pelo número total de objetos (célula D5)		4000	3800
29	Requisitos da Norma de Desempenho	RiscoIncêndio				4000	3800
30	Requisitos da Norma de Desempenho	RiscoVazamentoGás				4000	3800
31	Requisitos da Norma de Desempenho	PropagaçãoUnidadesContíguas				4000	3800
32	Requisitos da Norma de Desempenho	IsolamentoRiscoDistância				4000	3800
33	Requisitos da Norma de Desempenho	FireRiskFactor				4000	3800
34	Requisitos da Norma de Desempenho	FlammableStorage				4000	3800
35	Requisitos da Norma de Desempenho	FireRating				4000	3800
36	Requisitos da Norma de Desempenho	FireExit				4000	3800
37	Requisitos da Norma de Desempenho	SprinklerProtection				4000	3800
38	Peso e nota						
39	Total dos pesos						
40	Nota ponderada						
41	Valor de ND-100						

Fonte: Autor

Observações sobre o uso da língua inglesa para os nomes de algumas propriedades nas Figuras 68⁴¹ e 69.

⁴¹ As propriedades pré-existent no conjunto de requisitos para a norma de desempenho foram mantidos em inglês para destacar os novos, propostos em português, dos existentes, escritos em inglês.

Campo 1: preencher com o número total de objetos da classe Unifomat que está sendo analisada. No exemplo da figura foi utilizada a planilha para a classe C1010 – paredes.

Campo 2: preencher com os dados obtidos no relatório analítico do Solibri conforme a Figura 67. Nesse campo são colocados todos os objetos que possuem valores atribuídos para o conjunto de propriedade em estudo independentemente se esses valores estão ou não validados de acordo com o programa de necessidades.

Campo 3: analisar os resultados obtidos no relatório do *Solibri* da Figura 67 e verificar se eles estão de acordo com o programa de necessidades. Na ausência do programa de necessidades ou se este se encontrar desatualizado, os dados podem ser inseridos somente após passarem por um processo de análise crítica e validação feita pela coordenação do projeto, pelo proprietário e pelo profissional responsável pelo projeto específico.

Campo 4: esse campo é calculado automaticamente. Ele conta o número de tipos de propriedades que estão sendo consideradas no conjunto de propriedades escolhida. O número de propriedades para o conjunto escolhido servirá como o peso a ser atribuído para o item.

Campo 5: esse campo é calculado automaticamente. Ele calcula a média aritmética entre o número de objetos dividido pelo número de tipos de propriedade que foram calculados no campo 4. A média obtida dos objetos relativos ao campo 2 é calculada somente para servir de referencial. O valor que será efetivamente adotado é o que foi descrito no campo 3.

Campo 6: esse campo calcula automaticamente a “nota” obtida no item, demonstrando o “quanto” do item foi atendido. Esse dado é obtido através da divisão do número médio de propriedades que atendem aos requisitos – calculado no campo 5 – pelo número total de objetos.

Campo 7: esse campo é calculado automaticamente. Nele é calculada a somatória dos pesos – que são calculados no campo 4.

Campo 8: esse campo é calculado automaticamente. Nesse campo é calculada a média ponderada entre as notas dos itens multiplicada por seus pesos e dividida pela somatória dos pesos.

Campo 9: esse campo calcula automaticamente o valor do ND através da média ponderada – calculada no campo 8, transformada em percentual e multiplicada pelo valor do ND teórico da fase (no exemplo igual a 100, porém, esse valor pode ser 200, 300, 400 ou 500, dependendo da fase em estudo).

A seguir na Figura 69 é mostrado um exemplo numérico do cálculo do ND de uma parede em ND teórico 100.

Figura 69: Planilha com exemplo de cálculo numérico do ND

1	B	C	D	E	F	G	H
2	C1010 - Parede - vedações internas						
3		Descrição: um elemento em duas ou três dimensões. Um elemento de superfície vertical utilizado para dividir ambientes dentro de um edifício. Uma parede interna garante a privacidade entre espaços adjacentes. Uma parede interna pode ser ou não um elemento estrutural.					
4	ND	Categoria de informação por item de informação. (verificar a planilha mestra das informações).	Item de informação (informação específica do objeto ou elemento)	Pesos	Notas	Número de objetos que tem valores atribuídos para as propriedades	Número de objetos que tem valores atribuídos para as propriedades de acordo com os requisitos
5	ND 100 - concepção	Número total de objetos	5.000				
6	Estudos de massa com indicações de área, peso, volume, locação e orientação	Programa do edifício e metadados do projeto	Identificador da instalação			4.000	3.800
7		Programa do edifício e metadados do projeto	Nome da instalação			3.000	2.987
8		Programa do edifício e metadados do projeto	Descrição da instalação			1.000	990
9			Peso e nota	3	51,85	2.667	2.592
10		Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Comprimento total			5.000	5.000
11		Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Largura total			5.000	5.000
12		Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Peso total				
13		Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Área total			5.000	5.000
14		Propriedades físicas dos elementos e objetos BIM	Volume total			5.000	5.000
15			Peso e nota	5	80,00	4.000	4.000
16	Requisitos para estimativas de custos	Custos conceituais				3.000	3.000
17	Requisitos para estimativas de custos	Unidades dos custos conceituais				3.000	2.800
18	Requisitos para estimativas de custos	Hipóteses de custos futuros				200	200
19			Peso e nota	3	40,00	2.067	2.000
20	Requisitos para análises energéticas	Bases de desempenho energético				2.000	2.000
21			Peso e nota	1	40,00	2.000	2.000
22	Materiais sustentáveis conforme critérios LEED	Hipóteses de requisitos verdes				3.500	3.000
23	Materiais sustentáveis conforme critérios LEED	Certificações LEED, bronze, prata, ouro				5.000	5.000
24			Peso e nota	2	80,00	4.250	4.000
25	Planejamento da obra	Fases				3.000	2.800
26	Planejamento da obra	Duração global				5.000	5.000
27			Peso e nota	2	78,00	4.000	3.900
28	Requisitos da Norma de Desempenho	DescargasAtmosféricas				4.000	3.800
29	Requisitos da Norma de Desempenho	RiscoIncignição				4.000	3.600
30	Requisitos da Norma de Desempenho	RiscoVazamentoGás				4.000	3.500
31	Requisitos da Norma de Desempenho	PropagaçãoUnidadesContiguas				4.000	3.000
32	Requisitos da Norma de Desempenho	IsolamentoRiscoDistância					
33	Requisitos da Norma de Desempenho	FireRiskFactor					
34	Requisitos da Norma de Desempenho	FlammableStorage				4.000	4.000
35	Requisitos da Norma de Desempenho	FireRating				4.000	3.800
36	Requisitos da Norma de Desempenho	FireExit				4.000	3.800
37	Requisitos da Norma de Desempenho	SprinklerProtection				4.000	3.800
38			Peso e nota	10	58,60	3.200	2.930
39		Total dos pesos	26				
40		Nota ponderada			62,21		
41		Valor de ND-100			62,21		

Fonte: Autor

Cálculo do ND para o projeto como um todo

Para o cálculo do ND para a totalidade do projeto a rotina apresentada deverá ser repetida para os tipos de objetos existentes e os respectivos conjuntos de propriedades associadas.

A partir dos resultados obtidos em cada uma das planilhas individuais de análise, deve ser preenchida a planilha de medição do projeto. Essa planilha se constitui dos tipos e quantidades de objetos existentes e dos valores de ND medidos para cada um deles. O cálculo do ND, nesse caso, é a média ponderada entre os diversos NDs para cada tipo de elemento, tendo como peso o número de objetos existentes por tipo. É exemplificada a medição de um projeto para ND 200.

Figura 70: Cálculo do ND para o projeto como um todo

Cálculo do ND para um projeto como todo										
Nível 1		Nível 2		Nível 3						
Maiores grupos de elementos		Grupos de elementos		Elementos individuais		ND	Pesos = número de objetos			
A	INFRAESTRUTURA	A10	Fundações	A1010	Fundações comuns	90	2300			
B	CASCA OU ENVOLTÓRIA	B10	Superestrutura	B1010	Construção do piso	88	3045			
				B20	Fechamento externo	B2010	Paredes externas			
						B2020	Janelas externas	96	423	
		B2030	Portas externas	100	690					
		B30	Cobertura	B3010	Acabamentos da cobertura					
				B3020	Aberturas da cobertura					
C	INTERIORES	C10	Construções internas	C1010	Vedações	88	3330			
		C30	Acabamentos internos	C3010	Acabamentos de paredes					
				C3020	Acabamento de pisos					
				C3030	Acabamento de forros	90	198			
D	SERVIÇOS	D10	Transporte	D1010	Elevadores					
				D1020	Escadas rolantes					
				D1090	Outros sistemas de transporte					
		D20	Sistemas Hidraulicos	D2010	Fixação de tubulações					
				D2020	Distribuição doméstica de água					
		D30	Sistemas de Ar condicionado	D3010	Suprimento de energia					
				D3020	Sistemas de geração de calor					
		D40	Proteção contra incêndio	D4010	Sprinklers					
		D50	Sistemas Elétricos	D5010	Distribuição elétrica					
				D5020	Iluminação e fiação					
E	EQUIPAMENTOS E MOBILIÁRIO	E10	Equipamentos	E1010	Equipamentos comerciais	60	230			
				E1020	Equipamentos institucionais					
F	CONSTRUÇÃO ESPECIAL E DEMOLIÇÃO	F10	Construção especial	E2010	Mobiliários fixos					
				F1010	Estruturas especiais					
				F1020	Construções integradas					
				F1030	Sistemas de construções especiais					
				F1040	Sistemas de instalações especiais					
				F1050	Controles especiais e instrumentação					
		F20	Demolição seletiva	F2010	Demolição de elementos do edifício					
				F2020	Demolição de elementos perigosos					
				Somatória dos pesos		10.216				
				Média ponderada	89,00					
				Cálculo do ND para ND teórico 200	178,00					

Fonte: Autor

Esse mesmo critério de média ponderada pode ser utilizado para subconjuntos de propriedades ou para os projetos das especialidades individualmente.

Foco

Objetivo: avaliar o nível de desenvolvimento do projeto como um todo ou de uma disciplina específica.

Tipo de medida: quantitativa.

Estágio de maior impacto: como o índice é aplicável a todas as fases do projeto o impacto ocorre em todas elas.

Perfil dos dados

Período de coleta dos dados: a cada atualização feita no modelo BIM da disciplina específica ou no modelo central.

Frequência de emissão de relatórios: devem ser emitidos relatórios a cada atualização do modelo e antes das reuniões de coordenação de projetos.

Alvos

Tendência: ao analisarmos a metodologia de cálculo verificamos que quanto mais próximo o ND obtido for do ND teórico da fase do projeto melhor é o desempenho, portanto sua tendência é boa conforme o seu valor aumenta.

Parametrização

O nível de desenvolvimento é um valor relativo e depende do que for normalizado ou acordado entre os agentes. Depende dos usos específicos que serão dados ao BIM, pois o conjunto das propriedades associadas está diretamente submetido ao uso do BIM. As propriedades também podem ser estendidas através do desenvolvimento de novos conjuntos de *property sets* ou reduzidas em função do acordado.

Classificações absolutas dependerão do desenvolvimento de padrões a partir de normas ou especificações de associações de profissionais, governo e outros.

Limitações

O cálculo do ND tem algumas limitações e ressalvas comentadas a seguir.

1. **Propriedades pré-existentes na biblioteca de objetos do projetista (*default*).**

Normalmente, a biblioteca de objetos dos projetistas encontra-se desenvolvida e o seu reaproveitamento deve ser feito de forma criteriosa, uma vez que poderemos ter conjuntos de propriedades não especificados para existir; propriedades com valores atribuídos a priori e objetos com detalhes geométricos incorretos ou desnecessários são fatores que podem levar a medidas enganosas do ND. Portanto se recomenda que inicialmente ao processo de projeto todos os integrantes revejam suas bibliotecas e façam as adequações necessárias.

2. **Inexistência, incompletude ou desatualização do programa de necessidades.**

Não é frequente, na prática de trabalho, o cliente preencher formalmente os requisitos do programa, pois é comum que isso ocorra de maneira informal e em diversas fases do processo. Por outro lado é necessário diferenciar os requisitos do cliente – por natureza requisitos de desempenho – daqueles eminentemente técnicos, próprios das especialidades de projeto envolvidas. Portanto, o preenchimento prévio de uma tabela com todos os requisitos especificados parece ser impraticável, recomendando-se que a avaliação dos resultados obtidos se baseie também em análises críticas qualitativas e não somente numéricas.

3. **Retrabalho**

O indicador ND não tem como objetivo medir o retrabalho, porém ele existe na prática e a sua ocorrência pode alterar os valores do ND, portanto o retrabalho influencia o nível de desenvolvimento do projeto.

O retrabalho pode ocorrer a partir de uma combinação de diversos fatores: os objetos podem ser eliminados ou alterados nas propriedades geométricas e não geométricas, podem ser criados novos objetos e novos requisitos de programa podem ser criados ou alternados. Uma mudança que combine esses fatores não deve ser considerada retrabalho sem que suas causas sejam analisadas. As mudanças ocorrem tanto para a

melhoria do processo quanto para a sua piora. Porém como isso pode ser avaliado? Simplesmente contabilizar o número e o tipo de mudanças não leva a uma conclusão, mas apenas a evidências de mudanças.

Entendemos que o retrabalho somente possa ser avaliado através da interpretação do coordenador de projetos em conjunto com sua equipe, analisando e avaliando os impactos e a natureza das mudanças.

4. Precisão da geometria

Os termos “geometria aproximada” e “geometria precisa”, embora usuais nas definições correntes do LOD, são pouco precisos na avaliação do desenvolvimento do modelo. Caso o objetivo do modelo seja o da pré-fabricação de estruturas de concreto, metálicas ou mesmo de componentes como kits hidráulicos ou banheiros, a “precisão” requerida para os processos industriais é da ordem de milímetros. A precisão requerida para a construção convencional é da ordem de centímetros para a maioria dos casos. Outro ponto a ser considerado é a confirmação de medidas, pois em um ND 200 os objetos podem ser inseridos apenas para a sua macrodefinição como soluções ou partidos; porém, em um estágio superior de desenvolvimento será necessária a confirmação de medidas, pois os objetos serão compatibilizados e detalhados. Em todos os casos, a precisão deve ser entendida dentro do contexto onde está inserida e sua avaliação deve ser feita com essas considerações em mente.

4.3.4 Compatibilidade geométrica

A compatibilidade geométrica é um requisito de qualidade do processo de modelagem. Conforme referenciado na revisão bibliográfica, diversos tipos de problemas decorrentes de falta de compatibilidade poderão ocorrer durante o processo de modelagem. Mas esses problemas podem ser detectados com softwares específicos, como o *Solibri* ou o *Navisworks*. O processo de verificação da compatibilidade geométrica é parametrizável, podendo ser escolhidos os objetos a serem comparados e também predefinir o valor das tolerâncias (Figura 71).

Figura 71: Compatibilidade geométrica

Fonte: Autor

Para o uso objetivo definimos o indicador chave de desempenho (ICD), denominado densidade de interferências (DI), conforme descrição e métodos de cálculo mostrados a seguir.

Densidade de interferências = DI

Definição

Definimos **DI** (densidade de interferências) como a razão entre o número de interferências – verificadas através de softwares de análises de modelos BIM, categorizadas segundo critérios de criticidade – e o volume da envoltória do edifício.

Cálculo

Variáveis

- **ni**: número de interferências, valor calculado pelo software sendo função do tipo de parametrização adotada;
- **ve**: volume total do edifício, valor definido pelo cálculo do volume da superfície envoltória do edifício ⁴².
- **ve /1.000 m3**: volume anteriormente calculado dividido por 1.000 m3 ⁴³.

Fórmula

$$DI = \frac{ni}{ve/1000}$$

Unidade de medida: número de interferências / 1.000 m3

⁴² Normalmente os edifícios, ou conjunto de edifícios em um condomínio, se subdividem em partes distintas como: torre, embasamento, subsolo e anexos. Entendendo que essa subdivisão seja de compreensão comum sendo facilmente reconhecíveis pelos profissionais da área, recomendamos que essa subdivisão seja feita para organizar o cálculo dos volumes, lembrando que ao final todos esses volumes serão totalizados.

O software Solibri® pode fazer esse cálculo automaticamente, porém para que os valores resultantes sejam confiáveis é necessário que durante a modelagem os espaços sejam identificados com nome, tipo e número.

⁴³ A finalidade dessa taxa é facilitar a visualização da densidade, uma vez que um volume de 1.000 m³ é obtido por um espaço com as dimensões de 10 m × 10 m × 10 m – mais facilmente “visualizáveis” para os profissionais em geral.

Foco

Objetivo: avaliar a qualidade do processo de modelagem das disciplinas e da coordenação do projeto como um todo, visando garantir a qualidade do processo de projeto.

Tipo de medida: quantitativa.

Estágio de maior impacto: projetos executivos⁴⁴.

Perfil dos dados

Período de coleta dos dados: a cada atualização feita no modelo BIM.

Frequência de emissão de relatórios: devem ser emitidos relatórios a cada atualização do modelo e antes das reuniões de coordenação de projetos.

Alvos

Tendência: ao analisar a fórmula, verificamos que para um dado volume a **DI** varia em função direta do “**ni**”, ou seja, a **DI** aumenta na razão direta do número das interferências; portanto, sua tendência é boa quando seu valor diminui, tendendo a zero ao longo do tempo.

Parametrização

Uma característica importante no cálculo da DI é que as interferências podem ser parametrizadas, sendo a DI, portanto, função do grau de liberdade arbitrado no projeto, não se tratando, pois, de um ICD absoluto, mas relativo ao ambiente do projeto. São relacionadas a seguir as variáveis que podem ser parametrizadas⁴⁵.

⁴⁴ A fase de concepção e de estudos iniciais irá normalmente gerar macrointerferências, pois nessas fases se dá a conceituação dos principais espaços técnicos e dos partidos arquitetônicos e estruturais, sendo normal ocorrerem muitas interferências, dado o processo de negociação existente entre a equipe de projeto. Porém, na fase dos projetos executivos, que é uma fase “dura” do processo, onde os principais conceitos estão congelados e o fluxo de informação e de trocas aumenta consideravelmente, a aplicabilidade do índice é mais recomendada.

⁴⁵ Foram adotados os conjuntos de parametrizações existentes no software *Solibri V8.0*.

- **Escolha do tipo de componentes**

Essa opção permite selecionar quais tipos de objetos serão verificados, possibilitando filtrar dentre todos os objetos do edifício aqueles que forem essenciais para garantir a qualidade do modelo, como, por exemplo: paredes, componentes da estrutura, fachada.

- **Escolha do tipo de disciplinas**

Além do filtro de componentes, podem ser também escolhidas as disciplinas que serão interfaceadas no teste, podendo ser configuradas diversas situações: arquitetura x estrutura, estrutura x instalações, etc.

- **Escolha do tipo de interferências**

O tipo de interferência a ser verificado pode ser escolhido a partir de três possibilidades:

1. **Objetos duplicados**

Essa categoria lista todas as instâncias de intersecções onde os componentes foram duplicados, o que significa a existência de um ou mais componentes com forma e localização idênticas. Esse tipo de problema é de grau crítico, uma vez que representa redundâncias no modelo. No exemplo da Figura 72 vemos a existência de paredes duplicadas que aparecem em vermelho.

Figura 72: Componentes duplicados: paredes

Fonte: Autor

2. Objetos dentro de outros

Esta categoria lista todas as instâncias de intersecções nas quais os componentes estejam ‘embutidos’ dentro de outros.

3. Objetos sobrepostos

Esta categoria lista todas as instâncias de intersecções nas quais os componentes estejam sobrepostos a outros, normalmente ocorrem cruzamentos entre vigas e paredes, objetos da estrutura e objetos de instalações, etc. No exemplo da Figura 73 é mostrada a interferência de um pilar com diversas paredes em vários pavimentos. O pilar está na cor vermelha. A Figura 74 mostra a interferência de uma viga com uma parede cortina. A viga está em vermelho.

proposição da estrutura conceitual

Figura 73: Interferências entre componentes diferentes sobrepostos: pilar x parede

Fonte: Autor

Figura 74: Interferências entre componentes diferentes sobrepostos: viga x parede cortina

Fonte: Autor

- **Categorização das interferências**

As interferências podem ser também categorizadas de acordo com os seguintes critérios: intersecções entre o mesmo tipo de componente, entre diferentes tipos de componentes e entre mobiliário e outros objetos. A Tabela 23 relaciona detalhadamente essas categorias.

Tabela 23: Categorização das interferências

Categorias de interferências	Regra	Descrição da regra
		Totais
Intersecções entre o mesmo tipo de componente	Esta regra verifica interferências entre o mesmo tipo de componentes.	Sub-total
	Parede x parede	
	Laje x laje	
	Telhado x telhado	
	Viga x viga	
	Pilar x pilar	
	Portas x porta	
	Janela x janela	
	Escada x escada	
	Corrimão x corrimão	
	Rampa x rampa	
	Forro suspenso x forro suspenso	
Intersecção entre diferentes tipos de componentes	Esta regra verifica interferências entre componentes de tipos diferentes	Sub-total
	Janelas	Janelas x outros componentes (exceto portas)
	Pilares	Pilares x outros componentes (exceto portas e janelas).
	Vigas	Vigas x outros componentes (exceto portas, janelas e pilares).
	Portas	Portas x outros componentes
	Escadas	Escadas x outros componentes (exceto portas, janelas, pilares e vigas).
	Corrimãos	Corrimão x outros componentes (exceto portas, janelas, pilares e escadas).
	Paredes	Paredes x telhados, lajes, forros suspensos e rampas
	Lajes	Lajes x telhado, forros suspensos e rampas
	Telhado x telhado	Telhados x forros suspensos e rampas
	Forro suspenso	Forros suspensos x rampas
Intersecção entre mobiliário e outros objetos	Esta regra verifica interferências entre mobiliário e outros objetos	Sub-total
	Objetos	Mobiliário x outros objetos
	Objetos e outros componentes	Mobiliário o outros objetos x outros componentes
	Portas, janelas e objetos	Portas ou janelas x mobiliário e outros objetos

Fonte: Autor, com o uso do software Solibri

Tolerâncias: as tolerâncias podem ser configuradas conforme as categorias a seguir.

- **Tolerância horizontal**

No caso de ocorrer um cruzamento entre objetos, se a maior dimensão horizontal desse cruzamento for maior que o valor da tolerância horizontal, o teste resulta em um problema de interferência.

- **Tolerância vertical**

No caso de ocorrer um cruzamento entre objetos, se a maior dimensão vertical desse cruzamento for maior que o valor da tolerância vertical, o teste resulta em um problema de interferência.

- **Tolerância volumétrica**

- No caso de ocorrer um cruzamento entre objetos, o teste retorna positivo para interferência se o volume da intersecção resultante entre os objetos for maior que o valor da tolerância volumétrica. Esse teste somente é válido para sólidos geométricos, de acordo com o manual do *Solibri*.

- **Parâmetros de criticidade:**

A criticidade das interferências a serem verificadas pode ser escolhida a partir de três possibilidades, e os parâmetros de criticidade podem ser configuráveis. Conceitualmente, porém, elas se classificam em:

1. **Crítica:** são as interferências mais severas como componentes duplicados e componentes uns dentro de outros. A Figura 75 ilustra esse conceito mostrando duas paredes, uma dentro da outra.

Figura 75: Interferência crítica: parede dentro de outra

Fonte: Autor

2. **Moderada:** são classificadas nessa categoria as interferências entre elementos em que a magnitude da interferência é menor que a crítica. As Figuras 76 e 77 ilustram esse conceito. Na Figura 76 observamos a interferência entre a laje do pavimento com um beiral e na Figura 77 observamos a interferência entre a escada com elementos da estrutura.

Figura 76: Interferência moderada: laje x beiral

Fonte: Autor

Figura 77: Interferência moderada: escada x estrutura

Fonte: Autor

3. **Baixa:** são as interferências nas quais ocorrem pequenos cruzamentos resultando em pequenos volumes. A Figura 78 ilustra esse conceito através de um cruzamento de paredes, pode ser observada a baixa magnitude da interferência.

Figura 78: Interferência de grau baixo

Fonte: Autor

4.3.5 Planejamento e controle do processo de projeto

O processo de planejamento e controle formulado para a estrutura conceitual aborda tanto o processo de gestão quanto o processo de modelagem.

Portanto a principal questão a ser resolvida pela estrutura conceitual é como relacionar ambos os processos. A proposição é trabalhar com três níveis de planejamento hierarquicamente organizados: estratégico, tático e operacional (Figura 79) e com uma estrutura integrada, composta pela estrutura analítica do projeto (EAP) e a estrutura analítica do modelo (EAM) (Figura 80).

Para facilitar a leitura, a EAP encontra-se apresentada em separado na Figura 81 e a EAM na Figura 82.

Figura 79: Relacionamento entre a gestão do projeto e a gestão do modelo

Fonte: Autor

proposição da estrutura conceitual

Figura 80: Estrutura analítica integrada: EAP + EAM

Fonte: Autor

Figura 81: EAP do projeto exemplo

Fonte: Autor

Figura 82: Estrutura analítica do modelo (EAM)

Fonte: Autor

Planejamento estratégico (longo prazo)

Passo 1: modelagem do processo de projeto.

A título de exemplo consideramos a modelagem do processo de projeto de um edifício simples em alvenaria estrutural e concreto armado (Figura 83). Os usos previstos do modelo BIM para esse exemplo são: desenhos para execução da obra, orçamento e planejamento.

Figura 83: Edifício exemplo

Fonte: Autor

A representação do processo de projeto foi feita no formato BPMN, uma vez que esse formato permite de maneira clara a identificação das disciplinas, das trocas de informações e da evolução das fases do projeto. A Figura 84 representa o conceito geral adotado para o macrofluxo do processo de projeto e de modelagem.

Foram adotadas quatro fases para o processo de projeto, conforme a definição da estrutura conceitual: concepção, definição, desenvolvimento e documentação. Para o exemplo adotamos as disciplinas: arquitetura, estrutura, decoração, instalações elétricas e hidráulicas e os agentes: construtor e proprietário.

Os diagramas do processo estão representados em quatro figuras, uma para cada fase do processo de projeto: Figura 86 - fase de concepção, Figura 87 - fase de definição, Figura 88 - fase de desenvolvimento e Figura 89 - fase de documentação e projetos para produção.

Figura 84: Macro-fluxo do processo de projeto e modelagem

Fonte: Autor

O macro fluxo mostra que ao início de cada fase sempre existe a atividade de verificação e atualização do programa, pois conforme visto no estudo de Kiviniemi (2005), o programa e as soluções de projeto devem estar alinhados. Ao final de cada fase é feita a análise crítica, conforme recomendado por Melhado (2009), e são calculados os indicadores chave de desempenho.

Foram adotados dois procedimentos para a criação da estrutura analítica do projeto: o primeiro foi descrever as atividades do projeto de forma sintética (abordagem *top-down*), para simplificar a representação da entrada de dados na DSM e o segundo associar a essas atividades os tipos de objetos correspondentes a classificação Unifomat, para possibilitar o uso das informações da matriz de elementos BIM, conforme VA_BIM_Guide (2010), e assim estabelecer o relacionamento entre o processo de gestão e o processo de modelagem (Figura 85).

Figura 85: Fontes de informação da DSM

Fonte: Autor

[illegible]

Fonte: Autor

Figura 87: Fase de definição

Fonte: Autor

Figura 88: Fase de desenvolvimento

Fonte: Autor

Figura 89: Fase de documentação e projetos para produção

Fonte: Autor

Passo 2: montagem da DSM e do cronograma

A DSM foi construída a partir das relações entre as atividades estabelecidas nos diagramas de processo em BPMN (Figura 90). Após a montagem da DSM, as relações de precedência foram exportadas para um software de programação de projetos – *MsProject*, os prazos foram estabelecidos e assim o cronograma geral do projeto ficou definido (Figura 91).

[illegible]

Fonte: Autor

proposição da estrutura conceitual

Figura 91: Cronograma geral

Fonte: Autor

Planejamento tático e operacional (médio e curto prazo)

Nessas etapas do planejamento ocorre o detalhamento das atividades das fases de projeto. Recomenda-se utilizar de maneira associada a técnica da DSM para o mapeamento do processo junto com os mapas de processo desenvolvidos através da BPMN.

Esta fase é adequada para gerar planos mais detalhados em intervalos de tempo aproximados entre um a três meses. Neste nível de detalhe do planejamento é possível definir a transferência de informações reais que podem ser monitoradas utilizando o ciclo de controle. Para isso deve ser feita a associação dos objetos desenvolvidos na fase do processo com os conjuntos de propriedades da matriz de elementos em BIM e a partir daí inserir essas propriedades diretamente nas classes de objetos correspondentes no modelo.

O planejamento de médio prazo, para cada uma das fases, deve ser um esforço de colaboração em equipe, onde os diferentes agentes se reúnem para preparar os mapas dos processos e definir as trocas de informação entre si.

Esse processo terá como resultado um plano factível, que poderá posteriormente ser detalhado para o curto prazo, produzindo planos semanais de trabalho.

Tomando-se como exemplo a fase de desenvolvimento – ND 300, as atividades de projeto e os respectivos modelos BIM associados com cada uma dessas atividades foram relacionados com os objetos a serem desenvolvidos nessa fase (Figura 93).

Figura 93: Relacionamento entre as atividades e os objetos

Fonte: Autor

Observando-se a Figura 94 temos a associação da atividade de desenvolvimento do modelo integrado de arquitetura e estrutura com os objetos dos grupos B10, B20, C10, C20 e C30. O desenvolvimento do modelo das instalações hidráulicas está associado com os objetos do grupo D20 e o modelo das instalações elétricas com os objetos do grupo D50. As atividades denominadas “outros usos do BIM” possuem relações com todas as atividades de projeto e com os conjuntos de propriedades dos objetos.

A Figura 94 apresenta o mapeamento dos conjuntos de propriedades da matriz de elementos em BIM associados com os objetos relacionados no parágrafo acima. Através desse mapeamento é possível se estabelecerem valores para essas propriedades integrando assim as atividades de projeto com as propriedades a serem obtidas a cada fase do processo.

Figura 94: Mapeamento de propriedades aplicáveis aos objetos

CONJUNTOS DE PROPRIEDADES		DISCIPLINAS DE PROJETO									
		Arquitetura e estrutura						Hidráulica		Elétrica	
		OBJETOS APLICÁVEIS									
Requisitos para estimativas de custos											
Custo da montagem básica	B10		B20					C10	C30	D20	D50
Frete	B10		B20					C10	C30	D20	D50
Taxas adicionais	B10		B20					C10	C30	D20	D50
Custo total de propriedade	B10		B20					C10	C30	D20	D50
Planejamento da obra											
Tempo de ciclo	B10		B20					C10	C30	D20	D50
Ordem de precedências das atividades	B10		B20					C10	C30	D20	D50
Ordem de precedências das montagens	B10		B20					C10	C30	D20	D50
Duração	B10		B20					C10	C30	D20	D50
Requisitos de informação do fabricante											
Tipo	B10		B20					C10	C30	D20	D50
Material	B10		B20					C10	C30	D20	D50
Disponibilidade	B10		B20					C10	C30	D20	D50
Acabamento do piso		B1010						C30			
Especificações											
Acabamento externo	B10			B2010	B2020	C1020	C1020		C30	D20	D50
Área de acabamento da superfície externa	B10			B2010	B2020	C1010	C1020		C30	D20	D50
Capacidade estrutural	B10			B2010	B2020	C1010	C1020			D20	D50
Tipo de núcleo estrutural				B2010	B2020		C1020				
Capacidade estrutural				B2010	B2020		C1020				
Tipo de núcleo estrutural				B2010	B2020		C1020				
Transmissão de calor				B2010	B2020		C1020				
Infiltração de ar				B2010	B2020		C1020				
Resistência térmica				B2010	B2020		C1020				
Acabamento interno					B2020		C1020				
Superfície do acabamento interno					B2020		C1020				
Capacidade estrutural					B2020		C1020				
Espaço mínimo					B2020		C1020			D20	D50
Espaço mínimo em frente					B2020		C1020			D20	D50
Unidade de tamanho					B2020		C1020				
Unidade de altura					B2020		C1020				
Unidade de largura					B2020		C1020				
Abertura brusca					B2020		C1020				
Unidade de tipo e operação					B2020		C1020				
Articulações					B2020		C1020				
Conjunto de equipamentos					B2020						
Espessura da moldura					B2020		C1020				
Largura da moldura					B2020		C1020				
Estilo da moldura					B2020		C1020				
Guarnição incluída					B2020		C1020				
Bandeira inclusa					B2020						
Altura da divisão horizontal					B2020						
Posição do montante					B2020						
Espessura do montante					B2020						
Largura do montante					B2020						
Número de folhas					B2020						
Vidro					B2020						
Área total envidraçada					B2020						
Espessura do vidro					B2020						
Direção da abertura					B2020						
Tipo de peitoril					B2020						
Ângulo do peitoril					B2020						
Material do peitoril					B2020						
Profundidade do peitoril					B2020						
Material interno da guarnição					B2020						
Material externo da guarnição					B2020		C1020				
Material interno da moldura					B2020		C1020				
Material externo da moldura					B2020						
Material interno da folha do caixilho					B2020						
Material externo da folha do caixilho					B2020						

Fonte: Autor

O mapeamento feito permite associar os conjuntos de propriedades diretamente com as atividades do cronograma de médio prazo possibilitando estabelecer metas de curto prazo para as definições de propriedades.

O trabalho de definição de propriedades pode ser convertido para pacotes de informações a serem obtidos – representados na Figura 96, na cor laranja –, permitindo que haja controle sobre essas atividades (Figura 95).

Figura 95: Programação semanal incluindo as definições de propriedades

Fonte: Autor

Comentários sobre a gestão do processo de projeto no médio e curto prazos

A divisão do planejamento em “fatias” de tempo tem por objetivo melhorar a previsibilidade dos planos e facilitar o processo de controle.

Por outro lado, a adoção dessa estratégia requer cuidados para evitar que se torne uma armadilha para o próprio coordenador do projeto. O principal ponto a ser salientado é a natureza do processo de projeto, cíclica e interativa, que é diferente do processo de produção, essencialmente linear.

O processo de projeto consiste em um fluxo de informações que são trocadas e compartilhadas continuamente, sendo importante estabelecer medidas desse fluxo para que o controle do processo possa ser feito.

O processo de produção, por sua vez, se caracteriza por “entregas” de produtos, sendo relativamente simples medir os seus resultados, bastando apenas contar o número de produtos entregues e compará-los com alguma meta prevista, e dessa forma estabelecer índices de produtividade ou de atendimento de metas.

Tome-se como exemplo o indicador *plan percent complete* (PPC), um dos indicadores chave do sistema *last planner*, utilizado em sistemas de produção como indicador do funcionamento do sistema de planejamento.

Utilizar indicadores semelhantes a esse no processo de projeto pode levar a condução do processo baseando-se em suas “entregas” (*delivery based*), que é um dos maiores enganos que ocorre no meio profissional, pois dá foco excessivo na produção e entrega de desenhos e se esse raciocínio for estendido para o BIM pode levar ao conceito de “entrega de modelos”, por mais estranho que isso possa parecer.

A diferença entre utilizar a metodologia *last planner* para o projeto é oposta para o conceito adotado para a produção, pois em projeto suas próprias atividades são as restrições para as outras.

Assim, ao se fazer o mapeamento do processo, com o uso da DSM, as restrições comuns para o processo, como a falta de informações, a solicitações de novas ou alterações nas informações existentes, podem ser analisadas e tornadas explícitas, e atividades específicas podem ser atribuídas para garantir que sejam realizadas.

Agindo dessa forma é possível a criação de planos e de indicadores que permitam avaliar a evolução do processo, mesmo em horizontes curtos como os semanais.

Portanto esclarecer o que se entende por “controle” é importante para a condução do tema.

Medidas para o controle do fluxo da informação para o processo de projeto já foram estudadas por Sacks e Tribelsky (2007), sendo medidas quantitativas em termos de volume ou de número de informações produzidas ou recebidas durante um intervalo de tempo definido.

Porém utilizar diretamente esses conceitos sem a devida adequação para o BIM pode ser enganoso, pois os objetos inseridos no modelo podem conter inúmeras propriedades desnecessárias ou com valores atribuídos sem critério, induzindo a medidas de fluxo que mascarem a avaliação correta do processo.

As medidas de fluxo em BIM precisam ser não só quantitativas como também qualitativas.

Não basta contar o número de objetos e suas propriedades; é preciso constatar também se as propriedades inseridas no modelo correspondem ao que foi programado existir.

Esse fato leva à necessidade da definição prévia junto com os projetistas das propriedades que deverão ser consideradas, necessitando que todos verifiquem previamente o conteúdo existente em suas bibliotecas.

Essas observações levam a recomendar a utilização do indicador ND (nível de desenvolvimento) mesmo que para horizontes curtos. Nesses casos podem ser tomadas as medidas de desenvolvimento apenas de determinados objetos ou de subconjuntos trabalhados no período de curto prazo. Porém é necessário combinar a medida do ND com os demais itens da estrutura conceitual para que se possa avaliar a evolução do projeto como um todo.

Outro fator importante é a impossibilidade prática de se estabelecerem metas numéricas antecipadas para o número de objetos a serem criados em um determinado intervalo de tempo, visto que isso contraria a natureza do projeto, e agir dessa forma conduziria novamente à visão do projeto como um conjunto de “entregas de objetos”.

Portanto o conceito de evolução, em projeto, é mais importante do que o de produção.

Evoluir em projeto significa conduzi-lo para estágios de maior amadurecimento e de atendimento de requisitos, que podem ser medidos a partir da riqueza semântica proporcionada pelo BIM.

O conceito de produção traz implícito o conceito de “conversão de insumo em produto”, o que faz pouco sentido em projeto, ao contrário dos conceitos de “transformação” e de “evolução”, que são mais adequados e pertinentes.

O indicador do nível de desenvolvimento – ND possibilita acompanhar o processo de forma contínua e medi-lo semanalmente é uma prática recomendável, pois assim se pode observar o comportamento e a evolução do processo e consequentemente manter controle sob ele.

Concluindo o raciocínio, a Figura 96 ilustra e resume a metodologia proposta para a gestão de médio e curto prazo uma vez que as devidas adequações e ressalvas foram feitas.

Figura 96: Ciclos de planejamento e controle de médio e curto prazo

Fonte: Autor

O desenvolvimento da estrutura conceitual possibilita a realização de algumas simulações com os indicadores chave de desempenho criados.

No capítulo 5 a seguir os indicadores ND e DI serão aplicados em dois modelos desenvolvidos em situações e para usos diferentes do BIM.

5 Simulações

Os indicadores chave de desempenho ND e DI podem ser aplicados em situações de diagnóstico ou de acompanhamento da evolução de um projeto.

Foram escolhidas dois casos para isso, no primeiro foi acompanhado o desenvolvimento de um projeto e foram analisadas as suas vinte versões com os indicadores. Na segundo caso obteve-se um modelo BIM já concluído onde os indicadores foram aplicados.

Foi possível a sua aplicação nos dois casos e os resultados e condições de contorno serão desenvolvidas ao longo do capítulo.

4.1 Caso 1

Esse primeiro caso consiste em um projeto de um edifício comercial, com baixa complexidade técnica, visando com isso isolar o modelo de outros fatores relacionados principalmente a dificuldade técnica de uso dos softwares de modelagem por parte dos profissionais de projeto (Figura 97).

A empresa responsável pelo projeto de arquitetura desenvolveu o modelo com o objetivo de gerar desenhos. A troca entre os profissionais foi feita através do formato dwg , uma vez que somente a empresa de arquitetura utilizou-se do BIM para o projeto.

Figura 97: Vistas em Perspectiva do Empreendimento analisado

Fonte: Autor

A opção dessa empresa foi pelo uso do software de modelagem Revit onde a equipe demonstra maior habilidade e o uso dessa ferramenta já é praticado em torno de quatro anos segundo informado pelo coordenador do projeto.

O projeto do empreendimento é composto pelas seguintes especialidades: arquitetura, caixilhos, climatização, elevadores, estrutura de concreto, estrutura metálica, fundações, instalações elétricas, instalações hidráulicas, interiores, luminotecnica e paisagismo. A coordenação do projeto está sendo feita pela própria empresa de projeto de arquitetura.

De todas as especialidades relacionadas, somente a de arquitetura está utilizando modelo BIM, segundo informação do coordenador do projeto. A especialidade de estrutura está sendo também modelada em BIM, porém ao invés do uso da exportação a partir do software TQS⁴⁶, a empresa preferiu ela própria fazer a modelagem dessa especialidade.

⁴⁶ TQS é um software para projetos estruturais. Disponível em <http://www.tqs.com.br>, acesso em 11/02/2013.

O motivo alegado é a falta de interesse da empresa de projetos estruturais contratada pelo BIM aliado ao relato que a exportação feita a partir do software TQS gera problemas de qualidade como: falhas na representação de vigas inclinadas e superfícies curvas entre outros.

O processo de modelagem em BIM ocorre paralelamente ao processo de projeto convencional que é desenvolvido pelas outras empresas. Nesse caso o BIM está sendo utilizado apenas para a geração de desenhos que servem de base para os demais projetistas. A compatibilização dos projetos foi feita manualmente pela empresa de arquitetura.

Observou-se que a empresa não diferencia em suas funções os profissionais responsáveis pelo modelo de arquitetura e estrutura. O modelo foi feito misturando-se ambas as disciplinas e sem subdivisões que pudessem identificar o uso de uma estrutura analítica de modelo.

Em relação ao planejamento do processo de projeto, a empresa não adota uma metodologia estruturada. Esta se constitui apenas de uma planilha, na qual são previstas as “entregas” dos desenhos (Figura 98).

Figura 98: Tabela com datas de entregas dos projetos

Fonte: Autor

Segundo informações da empresa o modelo BIM somente começou a ser desenvolvido na fase de projetos executivos correspondendo na Figura 98 aos meses de janeiro e fevereiro. Anteriormente a essas datas o modelo estava sendo preparado, mas não utilizado para as operações propostas.

Dadas as condições do experimento e o uso do BIM proposto – geração de desenhos e bases 2D, decidiu-se investigar o comportamento de dois indicadores: o ND e o DI.

O projeto foi acompanhado desde a fase de projetos executivos até o seu final. No total foram geradas 20 versões do modelo, que serão analisadas a seguir.

Cálculo do ND

A fase de projetos executivos corresponde na estrutura conceitual ao nível de desenvolvimento ND 400 e as medidas estão referenciadas à esse valor. Como o objetivo do modelo BIM foi somente o da geração de documentos o conjunto de propriedades utilizado da matriz de elementos BIM foi o de “requisitos de informações do fabricante”.

O conjunto dessas propriedades prevê para o ND 300 as seguintes informações: tipo, material e disponibilidade e para o ND 400: nome do fabricante, nome do executor do serviço, número de série, número da classificação Unifomat, número de inventário, número do modelo, número do pedido de compra, identificador do produto, nome do produto, ano de produção e acessórios.

Analisando-se as informações disponíveis e os objetivos do BIM optou-se por analisar isoladamente a propriedade “material”, sustentada pela classe *IfcMaterial.Name*.

Foi utilizado o software *Solibri* e feitas as leituras do nome do material especificado. O cálculo do ND foi feito conforme a metodologia proposta nesta tese.

Análise dos resultados

Os resultados dos testes foram tabulados na Tabela 24, que foi estruturada em função do número de versões do modelo e dos objetos classificados, segundo a Unifomat, pelo autor do projeto. Para cada uma das versões foram tabulados os números de objetos encontrados no modelo e calculado ao lado a porcentagem dos mesmos que tinham valores atribuídos para as suas propriedades. Ao final, segundo o método proposto, foi calculada a média ponderada entre objetos e porcentagem atendida de cada um. Essa média ponderada foi convertida em percentual e multiplicada pelo valor requerido para o ND da fase.

Tabela 24: Cálculo do ND

	V1		V2		V3		V4		V5	
	Objetos	ND	Objetos	ND	Objetos	ND	Objetos	ND	Objetos	ND
A2020-Paredes cortina de subsolo	2.590	100	2.589	100	2.590	100	2.749	100	2.756	100
B1010-Construção do piso	1.478	77	1.412	76	1.478	77	1.695	74	1.705	74
B2020-Janelas externas	71	-	71	-	71	-	78	12	78	-
B2030-Portas externas	688	-	688	-	688	-	685	0	685	-
C2010-Construção da escada	78	-	78	-	78	-	78	-	78	-
C3020-Acabamento de pisos	30	100	30	100	30	100	50	96	50	96
E1090-Outros equipamentos	497	-	499	-	497	-	699	0	726	2
Não classificados	73	19	74	19	73	19	72	19	72	19
TOTAL DE OBJETOS	5.505		5.441		5.505		6.106		6.150	
MÉDIA PONDERADA		68		68		68		67		67
ND calculado para ND previsto 400		274		272		274		267		266

	V6		V7		V8		V9		V10	
	Objetos	ND	Objetos	ND	Objetos	ND	Objetos	ND	Objetos	ND
A2020-Paredes cortina de subsolo	2.754	100	2.991	100	2.997	100	3.221	95	3.198	97
B1010-Construção do piso	2.171	80	2.270	80	2.286	80	2.286	80	2.255	82
B2020-Janelas externas	126	-	132	-	132	34	185	-	185	-
B2030-Portas externas	685	0	686	-	686	-	688	-	657	5
C2010-Construção da escada	78	-	76	-	76	-	76	-	76	-
C3020-Acabamento de pisos	50	96	50	96	80	95	80	95	80	95
E1090-Outros equipamentos	729	-	730	-	730	-	853	-	859	-
Não classificados	72	19	71	23	71	23	72	24	72	24
TOTAL DE OBJETOS	6.665		7.006		7.058		7.461		7.382	
MÉDIA PONDERADA		68		70		70		66		68
ND calculado para ND previsto 400		273		278		281		266		273

	V11		V12		V13		V14		V15	
	Objetos	ND	Objetos	ND	Objetos	ND	Objetos	ND	Objetos	ND
A2020-Paredes cortina de subsolo	3.200	100	3.208	96	3.208	96	3.213	96	3.210	96
B1010-Construção do piso	2.255	82	2.234	82	2.250	82	2.301	83	2.307	83
B2020-Janelas externas	185	-	203	-	202	-	200	-	701	71
B2030-Portas externas	657	-	656	-	656	-	656	-	656	-
C2010-Construção da escada	76	-	76	-	76	-	76	-	76	-
C3020-Acabamento de pisos	80	95	80	95	80	95	80	95	79	95
E1090-Outros equipamentos	11.597	18	849	-	849	-	863	-	861	-
Não classificados	72	24	72	24	72	25	73	21	73	21
TOTAL DE OBJETOS	18.122		7.378		7.393		7.462		7.963	
MÉDIA PONDERADA		40		68		68		68		70
ND calculado para ND previsto 400		159		271		271		272		280

	V16		V17		V18		V19		V20	
	Objetos	ND	Objetos	ND	Objetos	ND	Objetos	ND	Objetos	ND
A2020-Paredes cortina de subsolo	3.457	97	3.216	96	3.164	96	3.184	96	3.442	96
B1010-Construção do piso	2.491	79	2.532	78	2.533	78	2.460	78	3.045	82
B2020-Janelas externas	208	-	216	-	218	-	244	-	311	-
B2030-Portas externas	697	-	725	-	725	-	696	-	690	-
C2010-Construção da escada	76	-	74	-	74	-	74	-	72	-
C3020-Acabamento de pisos	149	50	149	50	149	50	155	52	193	63
E1090-Outros equipamentos	897	-	869	-	867	-	907	63	765	-
Não classificados	73	25	68	19	68	19	68	19	68	26
TOTAL DE OBJETOS	8.048		7.849		7.798		7.788		8.586	
MÉDIA PONDERADA		67		66		65		72		69
ND calculado para ND previsto 400		267		263		262		289		276

Fonte: Autor

A Figura 99 apresenta a série dos NDs obtidos ao longo das vinte versões do modelo.

Embora o modelo possuísse inicialmente 5.500 objetos e ao final 8.600, observa-se que o ND sofreu praticamente pouca oscilação mantendo-se na média de 272 (Figura 99).

O ponto do gráfico na versão 11 refere-se a um erro de modelagem, confirmado pelo autor, onde os objetos do tipo E 1090 passaram bruscamente de 859 para 11.597 e posteriormente continuaram com sua média inicial terminando com 765 objetos. A utilização do ND possibilitou indicar rapidamente e com clareza a ocorrência desse erro.

Figura 99: Evolução do ND

Fonte: Autor

Buscando-se investigar melhor os objetos que mais contribuíram para melhorar o índice e os que mais contribuíram para diminuí-lo foi plotado o gráfico da Figura 100.

Figura 100: Variação do ND *versus* número de objetos

Fonte: Autor

A análise da Figura 101 possibilita identificar que os objetos dos tipos A2020-paredes cortina de subsolo, B1010-construção do piso e C3020-acabamentos de piso foram os que mais possuíam valores atribuídos para a propriedade materiais enquanto que os objetos dos demais tipos C2010-construção da escada, B2020-janelas externas, B2030-portas externas e E1090-outros equipamentos, não tinham sequer valor para a propriedade.

Figura 101: ND em função das categorias e números de objetos

Fonte: Autor

A figura 102 mostra a distribuição percentual dos tipos de objetos conforme a classificação adotada no modelo.

Figura 102: Distribuição dos tipos de objetos

Fonte: Autor

Comentários

O índice médio obtido - 272, ficou muito aquém do esperado - 400. Os desenhos contudo foram analisados e apresentavam boa qualidade em uma inspeção visual o que incluía a especificação de grande parte dos materiais podendo ser considerados razoáveis para a execução e orçamento da obra. Ao investigar essa discrepância observou-se que o escritório não utilizava totalmente a propriedade registrada dentro dos objetos para especificar os materiais nos desenhos. Foi observado que foram usadas etiquetas (*tags*) inseridas manualmente pois esse recurso é permitido pelo Revit. Dessa maneira parte dos métodos tradicionais continuaram a ser utilizados o que explica a ocorrência de um ND baixo.

O fato dos demais agentes não utilizarem o modelo BIM, o que inclui a própria construtora, serviu de fator desmotivador para que a equipe de arquitetos buscasse maior precisão e obtivesse um ND superior.

Outro comentário deve ser feito a respeito da classificação Uniformat utilizada no modelo, pois se observam diversos objetos “não classificados” e outros classificados de maneira inadequada.

Por exemplo, a classificação A-2020 é chamada no texto original de *basement walls*, o que poderia ser traduzido como paredes do subsolo, ou paredes cortina. Observando-se o modelo verificou-se que essas paredes deveriam estar classificadas nas categorias B-2010 - paredes externas e C-1010- vedações internas.

Outra falha observada foi na classificação C-3020 - acabamentos de piso, pois os elementos no modelo com essa classificação eram na verdade os forros devendo a classificação ter que ser alterada para C-3030 - acabamentos de forro.

Os acabamentos de piso por sua vez foram incorporados no tipo B-1010 - construção do piso. Essa classe na verdade engloba os elementos da estrutura porém possui um nome que pode gerar confusões. O que ocorreu, observando-se o arquivo fonte no formato .rvt foi a criação de um objeto composto de laje mais os seus acabamentos. Os acabamentos de piso, por sua vez, foram incorporados no tipo B-1010 - construção do piso. Essa classe na verdade engloba os elementos da estrutura, mas possui um nome que pode gerar confusões. O que ocorreu, observando-se o arquivo fonte no formato .rvt foi a criação de um objeto composto de laje mais os seus acabamentos. O software Revit, ao exportar os objetos compostos no formato IFC, acaba por transformá-los em objetos únicos; contudo, conservando as propriedades, o que possibilitou a sua leitura.

Esse fator limitante devido a problemas na geração do IFC pelo Revit limita a análise pois introduz fatores de erro ao diminuir o número de objetos, pois eles são condensados, e dificulta a análise dos valores das propriedades.

Não foi possível a comparação entre os valores obtidos nos objetos com os valores requeridos no programa, já que o programa não estava estruturado para tanto. Em relação a esse aspecto o autor informou que já no princípio da modelagem os objetos foram preparados com as especificações previstas. Essa informação foi verificada e confirmada na análise do modelo pois as variações que ocorreram em sua grande maioria entre as versões foi de acréscimo, eliminação ou edição das propriedades geométricas apenas.

Por esse motivo o cálculo do ND foi simplificado porém garantido pela informação dada.

Cálculo da DI

O mesmo projeto foi submetido ao cálculo da DI.

O volume do edifício considerado no cálculo foi composto pelo volume delimitado pelas superfícies envoltórias externas da torre, dos dois subsolos e do anexo da entrada. Esse volume totalizou 54.522,58 m³. Por se tratar de um projeto executivo, as dimensões externas desses componentes tiveram alterações mínimas ao longo do projeto, que foram desprezadas para efeito de cálculo. Dessa maneira, o volume total permaneceu constante no decorrer do experimento.

Descrição do experimento

Foram estudadas as 20 versões que fizeram parte dos projetos executivos.

Foram feitos testes de interferências simulando dois tipos de parametrizações distintas no software Solibri V 8.0, uma com menor grau de tolerância dimensional - correspondendo a configuração padrão do software e outra com maior grau de tolerância - aproximadamente com o dobro de folga admitida nos parâmetros. Essas simulações foram denominadas de S1 (menor grau de tolerância) e S2 (maior grau de tolerância). No total foram feitas 40 simulações. As tolerâncias foram explicadas anteriormente no tópico 4.5.4 - compatibilidade geométrica.

Tipos de interferências verificadas

Para o teste de interferências foi utilizada a ‘regra de intersecções gerais do Solibri’ que possibilita a verificação de interferências entre componentes. Essa regra possibilita selecionar as disciplinas a serem verificadas, os tipos de componentes, o tipo de intersecções e a tolerância de verificação. As disciplinas verificadas no teste foram as de Arquitetura e Estrutura. A disciplina de Instalações não foi modelada nesse projeto.

A Tabela 25 apresenta os resultados da simulação S1 e a Tabela 26 apresenta os da S2.

Os dados das interferências foram classificados em função do tipo de objeto envolvido e foi calculada a média aritmética das vinte versões para cada problema. Foram consideradas apenas as interferências de grau crítico, as demais foram desprezadas.

Tabela 25: S1 - Classificação das interferências críticas pelo tipo de objeto envolvido

Verificação de interferências - parâmetros com menor tolerância		
Model Name		V1-Atrium(1)		
Checker		Leonardo		
Organization				
Date		December 31, 2012		
V1-Atrium(1)		Date: 2011-11-23 12:21:48 Application: Autodesk Revit Architecture 2012 IFC: IFC2X3		
Categorias de interferências	Regra	Descrição da regra	Número médio	
		Totais	1653	
Intersecções entre o mesmo tipo de componente	Esta regra verifica interferências entre o mesmo tipo de componentes.	Sub-total	66	
	Parede x parede		32	
	Laje x laje		24	
	Telhado x telhado		0	
	Viga x viga		1	
	Pilar x pilar		3	
	Portas x porta		-	
	Janela x janela		-	
	Escada x escada		-	
	Corrimão x corrimão		-	
	Rampa x rampa		-	
	Forro suspenso x forro suspenso		6	
	Intereseccão entre diferentes tipos de componentes	Esta regra verifica interferências entre componentes de tipos diferentes	Sub-total	1573
		Janelas	Janelas x outros componentes (exceto portas)	1
Pilares		Pilares x outros componentes (exceto portas e janelas).	844	
Vigas		Vigas x outros componentes (exceto portas, janelas e pilares).	710	
Portas		Portas x outros componentes	13	
Escadas		Escadas x outros componentes (exceto portas, janelas, pilares e vigas).	0	
Corrimãos		Corrimão x outros componentes (exceto portas, janelas, pilares e escadas).	-	
Paredes		Paredes x telhados, lajes, forros suspensos e rampas	5	
Lajes		Lajes x telhado, forros suspensos e rampas	-	
Telhado x telhado		Telhados x forros suspensos e rampas	-	
Forro suspenso		Forros suspensos x rampas	-	
Intereseccão entre mobiliário e outros objetos		Esta regra verifica interferências entre mobiliário e outros objetos	Sub-total	14
		Objetos	Mobiliário x outros objetos	1
		Objetos e outros componentes	Mobiliário o outros objetos x outros componentes	13
	Portas, janelas e objetos	Portas ou janelas x mobiliário e outros objetos	-	

Fonte: Autor

Tabela 26: S2 - Classificação das interferências críticas pelo tipo de objeto envolvido

Verificação de interferências - parâmetros com maior tolerância	
Model Name	V1-Atrium(1)		
Checker	Leonardo		
Organization			
Date	December 31, 2012		
V1-Atrium(1)	Date: 2011-11-23 12:21:48 Application: Autodesk Revit Architecture 2012 IFC: IFC2X3		
Categorias de interferências	Regra	Descrição da regra	Número médio
		Total	624
Intersecções entre o mesmo tipo de componente	Esta regra verifica interferências entre o mesmo tipo de componentes.	Sub-total	59
	Parede x parede		30
	Laje x laje		22
	Telhado x telhado		0
	Viga x viga		0
	Pilar x pilar		1
	Portas x porta		-
	Janela x janela		-
	Escada x escada		-
	Corrimão x corrimão		-
	Rampa x rampa		-
	Forro suspenso x forro suspenso		6
Intersecção entre diferentes tipos de componentes	Esta regra verifica interferências entre componentes de tipos diferentes	Sub-total	553
	Janelas	Janelas x outros componentes (exceto portas)	0
	Pilares	Pilares x outros componentes (exceto portas e janelas).	251
	Vigas	Vigas x outros componentes (exceto portas, janelas e pilares).	285
	Portas	Portas x outros componentes	13
	Escadas	Escadas x outros componentes (exceto portas, janelas, pilares e vigas).	0
	Corrimãos	Corrimão x outros componentes (exceto portas, janelas, pilares e escadas).	-
	Paredes	Paredes x telhados, lajes, forros suspensos e rampas	4
	Lajes	Lajes x telhado, forros suspensos e rampas	-
	Telhado x telhado	Telhados x forros suspensos e rampas	-
	Forro suspenso	Forros suspensos x rampas	-
Intersecção entre mobiliário e outros objetos	Esta regra verifica interferências entre mobiliário e outros objetos	Sub-total	12
	Objetos	Mobiliário x outros objetos	1
	Objetos e outros componentes	Mobiliário o outros objetos x outros componentes	11
	Portas, janelas e objetos	Portas ou janelas x mobiliário e outros objetos	-

Fonte: Autor

A Tabela 27 apresenta os resultados dos testes de interferência realizados na série S1 de 20 versões do modelo e a Tabela 28 apresenta os resultados da série S2.

Nas tabelas as interferências estão classificadas de acordo com o grau de criticidade. A DI nas tabelas é apresentada também com sua distribuição normalizada de acordo com a seguinte fórmula:

Z = valor normalizado, X = valor da DI, μ = média e s = desvio padrão

$$Z = \frac{X - \mu}{s}$$

Tabela 27: S1 - Dados dos testes de interferências e cálculo da DI

ANÁLISE DE INTERFERÊNCIAS											
Versão do modelo	DI normalizada			DI = Densidade dos problemas (núm_prob/1000 m3)				Contagem de problemas			
	Críticas	Moderadas	Baixas	Total	Críticas	Moderadas	Baixas	Total	Críticos	Moderados	Baixos
1	-0,06	-0,87	-0,17	35	30	0	5	1.906	1.636	3	267
2	-3,18	2,35	3,11	35	12	2	20	1.906	681	131	1.094
3	-2,71	3,48	2,88	37	15	3	19	2.035	822	176	1.037
4	0,01	-0,32	-0,26	35	30	0	4	1.925	1.656	25	244
5	0,15	-0,04	-0,31	36	31	1	4	1.967	1.698	36	233
6	0,25	-0,02	-0,28	37	32	1	4	2.008	1.730	37	241
7	0,23	-0,27	-0,30	36	32	0	4	1.985	1.724	27	234
8	0,42	-0,32	-0,33	37	33	0	4	2.035	1.783	25	227
9	0,30	-0,29	-0,33	37	32	0	4	1.998	1.746	26	226
10	0,36	-0,29	-0,34	37	32	0	4	2.013	1.762	26	225
11	0,44	-0,29	-0,35	37	33	0	4	2.035	1.788	26	221
12	0,45	-0,27	-0,35	37	33	0	4	2.040	1.792	27	221
13	0,21	-0,29	-0,39	36	32	0	4	1.956	1.718	26	212
14	0,21	-0,29	-0,39	36	32	0	4	1.957	1.718	26	213
15	0,34	-0,44	-0,39	36	32	0	4	1.989	1.758	20	211
16	0,36	-0,37	-0,39	37	32	0	4	1.999	1.763	23	213
17	0,37	-0,37	-0,40	37	32	0	4	1.998	1.766	23	209
18	0,59	-0,37	-0,35	38	34	0	4	2.078	1.834	23	221
19	0,69	-0,39	-0,39	38	34	0	4	2.098	1.864	22	212
20	0,56	-0,32	-0,24	38	33	0	5	2.097	1.823	25	249
				Média	30	0,69	6				
				Desvio padrão	6	1	5				

Fonte: autor

Tabela 28: S2 - Dados dos testes de interferências e cálculo da DI

ANÁLISE DE INTERFERÊNCIAS											
Versão do modelo	DI normalizada			DI = Densidade dos problemas (núm_probl/1000 m3)				Contagem de problemas			
	Críticas	Moderadas	Baixas	Total	Críticas	Moderadas	Baixas	Total	Críticos	Moderados	Baixos
1	-2,23	-2,53	0,15	15	9	0	6	836	500	2	334
2	-2,23	-2,53	0,15	15	9	0	6	836	500	2	334
3	-0,41	-0,48	-0,88	17	11	0	6	945	601	24	320
4	-0,22	-0,48	0,22	18	11	0	6	971	612	24	335
5	0,43	0,91	1,25	19	12	1	6	1.036	648	39	349
6	0,31	0,82	2,65	19	12	1	7	1.047	641	38	368
7	0,69	0,91	1,03	19	12	1	6	1.047	662	39	346
8	0,51	0,63	0,81	19	12	1	6	1.031	652	36	343
9	0,22	0,73	0,59	19	12	1	6	1.013	636	37	340
10	-0,63	0,73	0,59	18	11	1	6	966	589	37	340
11	-0,16	0,73	0,08	18	11	1	6	985	615	37	333
12	-0,14	0,82	0,22	18	11	1	6	989	616	38	335
13	-0,70	0,45	-0,95	17	11	1	6	938	585	34	319
14	-0,72	0,45	-0,95	17	11	1	6	937	584	34	319
15	0,22	-0,48	-1,46	18	12	0	6	972	636	24	312
16	0,38	-0,48	-1,46	18	12	0	6	981	645	24	312
17	0,25	-0,48	-1,10	18	12	0	6	979	638	24	317
18	1,39	-0,48	-0,88	19	13	0	6	1.045	701	24	320
19	1,98	0,26	0,00	20	13	1	6	1.098	734	32	332
20	1,08	0,54	-0,07	19	13	1	6	1.050	684	35	331
				Média	11	1	6				
				Desvio padrão	1,02	0,20	0,25				

Fonte: autor

Os dados das Tabelas 27 e 28 foram plotados nas Figuras 103 e 104 com a série das DI's obtidas. Nesse gráfico além da DI para cada grau de criticidade foi plotado também o número total da DI.

Figura 103: S1 - Gráfico das DI's obtidas (dados sem normalização)

Figura 104: S2 - Gráfico das DI's obtidas (dados sem normalização)

Fonte: Autor

Para possibilitar uma melhor comparação sobre o efeito da mudança das tolerâncias entre as versões S1 e S2 foi feito um gráfico comparativo da variação da DI crítica comparando as duas situações simuladas (Figura 105).

Figura 105: Comparação da variação da DI crítica entre S1 e S2

Fonte: Autor

Os dados das Tabelas 27 e Tabela 28 foram plotados nas Figuras 106 e 107 com a série das DI's críticas normalizadas.

Figura 106: S1 - Gráfico das DI's críticas obtidas *(dados normalizados)*

Figura 107: S2 - Gráfico das DI's críticas obtidas *(dados normalizados)*

Fonte: Autor

Os problemas críticos foram classificados segundo o critério de Pareto⁴⁷ e plotados nos gráficos das Figuras 108 e 109. Eles foram ordenados nas colunas azuis do maior para o menor valor e na linha vermelha está plotada a sua participação percentual acumulada.

Figura 108: S1 - Gráfico de Pareto com a classificação dos tipos de problemas encontrados

Fonte: Autor

⁴⁷ Nota: Gráfico de Pareto ou Curva ABC consiste em uma ferramenta para classificação de causas como mais ou menos significativas. O princípio de Pareto sugere que a maioria dos efeitos deriva de um número relativamente pequeno de causas.

Figura 109: S2 - Gráfico de Pareto com a classificação dos tipos de problemas encontrados

Fonte: Autor

Comentários

A análise dos dados da Figura 110, permite observar que tendência de DI foi inicialmente aumentar até a versão 5 estabilizando-se no patamar de 12 por cinco versões depois baixando para 11 onde permaneceu por mais cinco versões aumentando em seguida para o patamar de 12 e finalizando no patamar de 13 nas três últimas versões. Ao longo da série, sua tendência foi, portanto, de aumento, não na mesma taxa de incremento dos objetos, mas observando-se a tendência de crescimento maior nas últimas versões, onde também ocorrem incrementos de objetos.

Figura 110: Variação da DI *versus* o número de objetos

Fonte: Autor

A análise dos gráficos de Pareto – Figuras 108 e 109 mostra a preponderância de problemas de interferência com os elementos da estrutura e paredes, responsáveis somente eles por 96% das interferências verificadas. Observa-se também na Tabela 25 que a preponderância das interferências ocorrem entre objetos de tipos diferentes levando concluir que as maiores interferências ocorreram entre a estrutura e o sistema de vedações.

A parametrização das tolerâncias feitas em S1 e S2 mostrou também que a DI reduz sensivelmente quando se dobra o valor das tolerâncias em relação ao valor padrão. Recomenda-se portanto que essa parametrização seja feita de maneira criteriosa e acordada previamente pelos participantes.

4.2 Caso 2

Esse caso possui características distintas do primeiro. O modelo BIM foi desenvolvido por uma grande empresa construtora e incorporadora de São Paulo e elaborado juntamente com uma série de outros cinco, com o objetivo de servir de protótipo para a implantação da tecnologia BIM nessa empresa.

Tratou-se de um dos projetos de implantação de BIM com bastante destaque no mercado servindo de referência para outras empresas.

O objetivo do modelo é o de possibilitar a extração de quantitativos para orçamento.

São apresentadas a seguir as imagens do edifício e de seus pavimentos (Figuras 111 e 112).

Figura 111: Perspectiva do empreendimento

Fonte: Site da empresa

Figura 112: Imagens dos pavimentos

Fonte: Autor

Neste caso foram aplicados os ICDs ND e DI com o objetivo de diagnosticar o modelo, uma vez que o processo de projeto não foi acompanhado.

Foram modeladas as disciplinas de arquitetura e estrutura.

Cálculo do ND

A tabela 29 apresenta um trecho da planilha de levantamento e análise dos objetos e propriedades.

Tabela 29: Trecho da planilha com as propriedades

Building Element Type	Component	Type	Material	Count
A2020 Basement Walls	Wall	Alvenaria::Bloco concreto 14cm	Alvenaria::Bloco concreto 14cm	70
A2020 Basement Walls	Wall	Alvenaria::Bloco concreto 19cm	Alvenaria::Bloco concreto 19cm	39
A2020 Basement Walls	Wall	Alvenaria::Bloco concreto 9cm	Alvenaria::Bloco concreto 9cm	2
A2020 Basement Walls	Wall	Alvenaria::Enchimento	Alvenaria::Enchimento	6
A2020 Basement Walls	Wall	Drywall::Drywall 10cm - Placa Standard	Drywall::Drywall 10cm - Placa Standard	4
A2020 Basement Walls	Wall	Gesso::Gesso Liso	Gesso::Gesso Liso	32
A2020 Basement Walls	Wall	Gesso::Gesso Liso A. Molhada	Gesso::Gesso Liso A. Molhada	6
A2020 Basement Walls	Wall	Revestimento Cerâmico::Atlas cor branca - 5x5	Revestimento Cerâmico::Atlas cor branca - 5x5	54
A2020 Basement Walls	Wall	Revestimento Cerâmico::Atlas cor balsamo - 5x10	Revestimento Cerâmico::Atlas cor balsamo - 5x10	15
A2020 Basement Walls	Wall	Revestimento Cerâmico::Atlas cor tabaco - 5x5	Revestimento Cerâmico::Atlas cor tabaco - 5x5	18
A2020 Basement Walls	Wall	Alvenaria::Bloco concreto 14cm	Alvenaria::Bloco concreto 14cm	28
A2020 Basement Walls	Wall	Alvenaria::Bloco concreto 19cm	Alvenaria::Bloco concreto 19cm	37
A2020 Basement Walls	Wall	Alvenaria::Bloco concreto 9cm	Alvenaria::Bloco concreto 9cm	2
A2020 Basement Walls	Wall	Alvenaria::Enchimento	Alvenaria::Enchimento	4
A2020 Basement Walls	Wall	Drywall::Drywall 10cm - Placa Standard	Drywall::Drywall 10cm - Placa Standard	4
A2020 Basement Walls	Wall	Gesso::Gesso Liso	Gesso::Gesso Liso	30
A2020 Basement Walls	Wall	Revestimento Cerâmico::Atlas cor branca - 5x5	Revestimento Cerâmico::Atlas cor branca - 5x5	25
A2020 Basement Walls	Wall	Revestimento Cerâmico::Atlas cor balsamo - 5x10	Revestimento Cerâmico::Atlas cor balsamo - 5x10	53
A2020 Basement Walls	Wall	Revestimento Cerâmico::Atlas cor tabaco - 5x5	Revestimento Cerâmico::Atlas cor tabaco - 5x5	18
A2020 Basement Walls	Wall	Alvenaria::Bloco concreto 14cm	Alvenaria::Bloco concreto 14cm	26
A2020 Basement Walls	Wall	Alvenaria::Bloco concreto 19cm	Alvenaria::Bloco concreto 19cm	36
A2020 Basement Walls	Wall	Alvenaria::Bloco concreto 9cm	Alvenaria::Bloco concreto 9cm	2
A2020 Basement Walls	Wall	Alvenaria::Enchimento	Alvenaria::Enchimento	4
A2020 Basement Walls	Wall	Drywall::Drywall 10cm - Placa Standard	Drywall::Drywall 10cm - Placa Standard	4
A2020 Basement Walls	Wall	Gesso::Gesso Liso	Gesso::Gesso Liso	30
A2020 Basement Walls	Wall	Revestimento Cerâmico::Atlas cor branca - 5x5	Revestimento Cerâmico::Atlas cor branca - 5x5	19
A2020 Basement Walls	Wall	Revestimento Cerâmico::Atlas cor balsamo - 5x10	Revestimento Cerâmico::Atlas cor balsamo - 5x10	11
A2020 Basement Walls	Wall	Revestimento Cerâmico::Atlas cor tabaco - 5x5	Revestimento Cerâmico::Atlas cor tabaco - 5x5	15
A2020 Basement Walls	Wall	Alvenaria::Bloco concreto 14cm	Alvenaria::Bloco concreto 14cm	22
A2020 Basement Walls	Wall	Alvenaria::Bloco concreto 19cm	Alvenaria::Bloco concreto 19cm	36
A2020 Basement Walls	Wall	Alvenaria::Bloco concreto 9cm	Alvenaria::Bloco concreto 9cm	2
A2020 Basement Walls	Wall	Alvenaria::Enchimento	Alvenaria::Enchimento	4
A2020 Basement Walls	Wall	Drywall::Drywall 10cm - Placa Standard	Drywall::Drywall 10cm - Placa Standard	4
A2020 Basement Walls	Wall	Gesso::Gesso Liso	Gesso::Gesso Liso	30
A2020 Basement Walls	Wall	Revestimento Cerâmico::Atlas cor branca - 5x5	Revestimento Cerâmico::Atlas cor branca - 5x5	23
A2020 Basement Walls	Wall	Revestimento Cerâmico::Atlas cor balsamo - 5x10	Revestimento Cerâmico::Atlas cor balsamo - 5x10	15
A2020 Basement Walls	Wall	Revestimento Cerâmico::Atlas cor tabaco - 5x5	Revestimento Cerâmico::Atlas cor tabaco - 5x5	15
A2020 Basement Walls	Wall	Parede básica:Acabamento - Cerâmica 4.0cm	Revestimento Cerâmico::Atlas cor balsamo - 5x10 40	1
A2020 Basement Walls	Wall	Parede básica:Acabamento - Cerâmica 4.0cm 1	Revestimento Cerâmico::Atlas cor branca - 5x5 40 m	1
A2020 Basement Walls	Wall	Parede básica:Acabamento - Cerâmica 4.0cm 10	Revestimento Cerâmico::Atlas cor tabaco - 5x 6 40 m	1
A2020 Basement Walls	Wall	Parede básica:Acabamento - Cerâmica 4.0cm 11	Revestimento Cerâmico::Atlas cor tabaco - 5x 7 40 m	1
A2020 Basement Walls	Wall	Parede básica:Acabamento - Cerâmica 4.0cm 12	Revestimento Cerâmico::Atlas cor tabaco - 5x 8 40 m	1
A2020 Basement Walls	Wall	Parede básica:Acabamento - Cerâmica 4.0cm 13	Revestimento Cerâmico::Atlas cor tabaco - 5x 9 40 m	1
A2020 Basement Walls	Wall	Parede básica:Acabamento - Cerâmica 4.0cm 14	Revestimento Cerâmico::Atlas cor tabaco - 5x 10 40 m	1
A2020 Basement Walls	Wall	Parede básica:Acabamento - Cerâmica 4.0cm 15	Revestimento Cerâmico::Atlas cor tabaco - 5x 11 40 m	1
A2020 Basement Walls	Wall	Parede básica:Acabamento - Cerâmica 4.0cm 16	Revestimento Cerâmico::Atlas cor tabaco - 5x 12 40 m	1
A2020 Basement Walls	Wall	Parede básica:Acabamento - Cerâmica 4.0cm 17	Revestimento Cerâmico::Atlas cor tabaco - 5x 13 40 m	1
A2020 Basement Walls	Wall	Parede básica:Acabamento - Cerâmica 4.0cm 18	Revestimento Cerâmico::Atlas cor balsamo - 5x 1 40 m	1
A2020 Basement Walls	Wall	Parede básica:Acabamento - Cerâmica 4.0cm 19	Revestimento Cerâmico::Atlas cor balsamo - 5x 2 40 m	1
A2020 Basement Walls	Wall	Parede básica:Acabamento - Cerâmica 4.0cm 2	Revestimento Cerâmico::Atlas cor balsamo - 5x 40 m	1

Fonte: Autor

Por se tratar de um modelo com o objetivo de levantamentos quantitativos o ND esperado é 400, com propriedades de especificações de materiais e geometria precisa.

O teste feito seguiu a metodologia proposta e seus resultados estão apresentados na Tabela 30.

Tabela 30: Resultados do cálculo do ND

	Objetos	ND
A2020 Basement Walls Total	19.737	98,80
B1010 Floor Construction Total	14.767	99,23
B2020 Exterior Windows Total	1.148	-
B2030 Exterior Doors Total	1.733	
E1090 Other Equipment Total	3.916	-
Unclassified Total	1.095	
TOTAL DE OBJETOS	42.395	
MÉDIA PONDERADA		79,74
ND calculado para ND previsto 400		318,98

Fonte: Autor

Comentários

Os resultados obtidos mostram praticamente 80% atingido resultando em um ND de 318,98.

O grupo B-2020 não teve a propriedade de material especificada. São caixilhos de alumínio, mas talvez o motivo seja o detalhamento feito por projetistas especializados, e nesse caso os objetos podem ser reaproveitados posteriormente. Porém, as especificações mínimas deveriam ter sido colocadas, como: cor, tipo de pintura ou anodização, espessura e tipos de vidros, marca dos acessórios, entre outras.

Da mesma forma, o grupo B-2030, composto por portas, poderia ter sido especificado. Trata-se de uma especificação relativamente simples, que inclui as características da porta: se ela será pintada ou envernizada e o tipo e marca de ferragens utilizado. A falta dessa especificação prejudica o levantamento de quantidades para orçamento.

Ao ler o grupo E-1090 percebe-se nele grande desorganização (Figura 113).

Figura 113: Problemas de falta de organização no grupo E-1090

E1090 Other Equipment	Object	IFC--IfcBeam 39		1
E1090 Other Equipment	Object	IFC--IfcBeam 43		1
E1090 Other Equipment	Object	IFC--IfcBeam 46		1
E1090 Other Equipment	Object	IFC--IfcBeam 68		1
E1090 Other Equipment	Object	IFC--IfcMember		1
E1090 Other Equipment	Object	IFC--IfcMember 426		1
E1090 Other Equipment	Object	IFC--IfcMember 429		1
E1090 Other Equipment	Object	IFC--IfcMember 430		1
E1090 Other Equipment	Object	IfcBeam : IFC:IfcBeam		251
E1090 Other Equipment	Object	IfcMember : IFC:IfcMember		161
E1090 Other Equipment	Object	--		15
E1090 Other Equipment	Object	Acabamento - Gesso 0.5cm		1
E1090 Other Equipment	Object	Ferro:Tela Metálica		2
E1090 Other Equipment	Object	Paisagismo:Piso Cimentado Polido		1
E1090 Other Equipment	Object	Paisagismo:Terra		2
E1090 Other Equipment	Object	Terreno:Lote		1
E1090 Other Equipment	Object	Terreno:Rua		1
E1090 Other Equipment	Object	Terreno:Terreno		1
E1090 Other Equipment	Object	:		2
E1090 Other Equipment	Object	--		7
E1090 Other Equipment	Object	Acabamento - Gesso 0.5cm		18
E1090 Other Equipment	Object	G321-Opening		4
E1090 Other Equipment	Object	Louças e Metais:Louça - Bacia Sanitária		18
E1090 Other Equipment	Object	Louças e Metais:Louça - Tanque		6
E1090 Other Equipment	Object	Louças e Metais:Metal - Chuveiro		16

Fonte: Autor

Ao observarmos esse fragmento da tabela, percebemos os seguintes tipos de materiais: louças e metais, bacia sanitária, tanque, chuveiro, acabamento de gesso, especificações de paisagismo, vigas e outros elementos não identificados em IFC.

A impressão dada foi o uso desse grupo como um repositório geral, o que é uma prática desaconselhada uma vez que tipos totalmente diferentes estão juntos na mesma categoria de classificação. Ao analisarmos os objetos “não classificados” na Tabela 31, observamos que se trata de corrimãos, guarda-corpos e elementos de cobertura – e constatamos que todos esses objetos poderiam ter sido classificados adequadamente.

Esses resultados mostram que mesmo obtendo um ND elevado a classificação dos objetos apresenta problemas e necessita ainda de evolução na sua aplicação.

Tabela 31: Análise dos elementos não classificados

Building Element Type	Component	Type	Material	Count
Unclassified	Railing			20
Unclassified	Covering			877
Unclassified	Railing			177
Unclassified	Railing			20
Unclassified Total				1.095

Fonte: Autor

Cálculo da DI

O volume calculado para o edifício foi de 86.905 m³. O número de interferências críticas obtidos está calculado na Tabela 32.

Tabela 32: Cálculo das interferências

Intersection Checking

Model Name	TIPOS-R00
Checker	Leonardo
Organization	Gafisa
Date	February 11, 2013
TIPOS-R00	Date: 2011-06-01 17:33:42-03:00 Application: TriForma IFC: IFC2X3

Conjunto de regras	Regra	Descrição	Resumo dos problemas críticos	Total de componentes verificados
Intersection Checking		This rule set contains different variations of interferences of construction components.	1226	36644
Intersections - Same Kind of Components		This rule set checks intersections of same type of components.	928	27025
Intersections - Different Kind of Components		This rule set checks intersections of different type of components.	171	8975
Intersections of Furniture and Other Objects		This rule set checks for possible problems with intersecting furniture and other objects.	127	644

Fonte: Autor

Utilizando-se a fórmula de cálculo da DI temos: $1.226/86,905 = 14,10$

Foi adotado para o teste o critério mais rigoroso conforme definido no teste anterior. O teste apresenta bons resultados comparativamente ao caso anterior. Cabe observar que a maior parte das interferências são intersecções com o mesmo tipo de componente.

Considerações sobre a metodologia de modelagem utilizada

A estratégia de modelagem foi adotar camadas separadas para cada elemento. A Figura 114 comprova que a camada de revestimento externo foi modelada como uma “parede”, fato que pode ser constatado por sua classificação na categoria A-2020, na figura.

Figura 114: Revestimento modelado como "parede"

Fonte: Autor

A Figura 115 mostra a mesma situação e destaca o elemento “alvenaria de bloco de concreto”.

Diferentemente do projeto estudado no tópico anterior, essa técnica garante que os objetos sejam exportados adequadamente para o IFC, porém gera um trabalho triplicado para o projetista, pois é necessário modelar o núcleo da parede e para cada uma de suas faces revestidas modelar objetos que são tratados de maneira errada como “paredes”.

Essa parece ser uma estratégia para contornar as limitações da exportação do IFC pelo software modelador, porém o retrabalho é muito grande. Tome-se como exemplo a inserção da janela que aparece na figura. Caso ela mude de local ou de dimensões as camadas de revestimento, tratadas como “paredes” precisarão ser refeitas, uma vez que a janela somente pode ter um objeto como hospedeiro, que nesse caso é o núcleo da parede, composto por bloco de concreto.

O projetista deve, portanto, modelar três vezes cada parede – uma vez a parede propriamente dita e duas vezes os seus revestimentos.

Figura 115: Modelagem da alvenaria

Fonte: Autor

Considerações finais sobre as simulações realizadas

Observou-se que em ambos os casos os indicadores de desempenho foram eficazes em identificar o nível de desenvolvimento e a densidade das interferências físicas.

Constatou-se também que usos diferentes do BIM irão requerer maior precisão e qualidade da modelagem. O caso 2 por necessitar de informações de quantitativos extraídas diretamente do modelo mostrou maior precisão e maior grau de desenvolvimento o que se constatou pelo valor mais elevado de ND e mais baixo de DI. Contudo ressaltamos que a estratégia de modelagem adotada é fator de indução de erros e de retrabalho para o projetista e nesse caso ficou evidente que a limitação imposta pelo software, ao não possibilitar a exportação da parede composta, obrigou o profissional de projeto a dar soluções “criativas”, porém incorretas sob o ponto de vista técnico.

6 Conclusões

Este capítulo apresenta as conclusões da tese, enfatizando as respostas obtidas para as questões da pesquisa.

Nele é feita uma reflexão sobre as atividades desenvolvidas ao longo da pesquisa, especialmente em relação ao seu objetivo principal de propor uma estrutura conceitual para a gestão do processo de projeto em BIM.

É destacada a contribuição trazida pela pesquisa, são discutidas suas implicações para aplicações práticas e são feitas sugestões para pesquisas futuras.

6.1 Conclusões gerais

A indústria da construção civil é constantemente alvo de críticas sobre o seu baixo desempenho, tanto no Brasil quanto no restante do mundo, em diferentes graus e pontos de vista.

A questão fundamental não se trata em discutir o óbvio, as causas já vem sendo discutidas exaustivamente e soluções vem sendo propostas já de há muito tempo.

Observa-se que a evolução geral do setor é bastante lenta comparada a outros como a indústria seriada e um dos motivadores da elaboração desta tese foi analisar como o setor está preparado para receber uma nova tecnologia como o BIM.

A constatação inicial é que essa tecnologia começou a surgir em anos recentes com muita força, introduzida, porém, pelos fabricantes sem as devidas considerações quanto à sua implantação dentro de um contexto mais amplo. Contudo, essa não é a função dos fabricantes, e sim das empresas, das universidades e dos profissionais.

Observaram-se muitas lacunas, naturais em um assunto que começa a ser discutido, e muito do que se utiliza como material de referência é baseado em práticas de outros países, com outras estruturas de organização profissional, normatização e gestão.

Com base nessas considerações iniciais, as questões formuladas no início da pesquisa serão retomadas aqui:

Como desenvolver uma estrutura de conceitos que possibilite a criação de metodologias de gestão que possam dar suporte ao trabalho colaborativo induzido pela tecnologia BIM?

Essa questão da pesquisa envolve outras questões subjacentes. Uma delas é a existência ou não de metodologias estruturadas tanto no âmbito da pesquisa quanto nos meios profissionais que tenham solucionado eficazmente os problemas causados pela gestão deficiente dos projetos.

Não cabe aqui levantar exemplos e referências de “casos”. Contudo, a observação profissional e a revisão da bibliografia nos mostram que este ainda é um aspecto problemático e muitas barreiras existem para sua evolução.

Tome-se como exemplo o entendimento de grande parte da cadeia produtiva que o projeto é um produto e um insumo da produção. Considerado dessa forma os profissionais de projeto são considerados “fornecedores” que tem como objetivo concretizar as suas “entregas” para cumprir seus contratos. Outro fato é que o projeto considerado como insumo de produção é tratado como “despesa” e, portanto postergada.

Essas duas observações mostram que enquanto o projeto for tratado como produto e não como serviço as suas entregas individuais pelos projetistas continuarão a existir como barreiras para a colaboração e surgirão cada vez mais demandas para a “compatibilização” de projetos e pouca importância será dada para a sua gestão.

Se o investimento em projeto fosse inteligentemente ampliado, dando condições para se anteciparem as principais decisões e com maior qualidade, seria muito facilitada a colaboração entre todos os agentes, fazendo avançar mais rapidamente a implementação da tecnologia BIM, que pressupõe exatamente isso, ou seja, a integração precoce de todas as disciplinas e parâmetros que condicionam o projeto.

Outra questão subjacente é se a tecnologia BIM “induz” o trabalho colaborativo?

Essa resposta foi dada por meio da revisão bibliográfica da tese onde ficaram colocados diversos aspectos favoráveis da tecnologia BIM que são agentes da indução para o trabalho colaborativo. O entendimento do BIM como um grande conjunto de bancos de dados relacionados e que possibilitam o compartilhamento e a integração de informações por parte dos diversos agentes foi a constatação da pesquisa que possibilita responder afirmativamente

a essa questão. Por outro lado a revisão bibliográfica mostrou que alguns pontos ainda estão imaturos tanto do lado da tecnologia, como os problemas de interoperabilidade e as limitações do IFC, quanto do lado da gestão, como os aspectos humanos que estão implícitos no estabelecimento de processos colaborativos.

Esses dois lados por vezes se transformam em um problema paradigmático do tipo “ovo-galinha”, que acaba por retardar e dificultar a evolução do setor.

Se a implantação da tecnologia for feita com o suporte adequado da gestão, com métodos adequados de planejamento e com incentivo constante ao trabalho colaborativo romperemos o círculo vicioso mencionado acima e partiremos para um estágio superior de desenvolvimento sem encontrarmos os problemas existentes hoje com a tecnologia CAD 2D nos projetos.

Portanto a existência da colaboração dependerá do amadurecimento das relações de natureza contratual entre os agentes, aspecto que é tratado pelo *Integrated Project Delivery*, American Institute of Architects (2007), e que foge ao escopo dessa tese, porém reforça a necessidade da estruturação de conceitos ou estruturas conceituais preliminarmente ao desenvolvimento de metodologias.

Nesse sentido, a revisão bibliográfica dos diversos guias de implementação do BIM mostrou que, se essas estratégias forem formuladas como “receitas”, o que ocorre na maioria dos casos estudados, ocorrerá o seu esgotamento em pouco tempo. As “receitas” não desenvolvem totalmente o escopo de seus problemas e, em muitos casos, não levam ao entendimento de suas limitações, principalmente naqueles onde houve a participação do fabricante de software; elas são “incentivadoras” do uso da tecnologia, fato que por si só não garante o alcance do que se espera.

A outra questão subjacente é o de “como” desenvolver essa estrutura de conceitos?

Novamente o estudo da bibliografia mostrou diversos conceitos que foram aproveitados no desenvolvimento da estrutura conceitual. Porém eles encontram-se dispersos e desestruturados sendo muitas vezes contraditórios e inconclusivos.

Muito do que foi lido sobre a implementação do BIM resume-se, em muitos casos, a versões de como se implantar um novo processo, qualquer que seja. Por exemplo, a necessidade de se estabelecerem objetivos, funções e responsabilidades, acompanhamento do processo, etc. cabe, por exemplo, na implantação de sistemas de gestão da qualidade, sustentabilidade e outros.

A especificidade do BIM foi buscada, e foram obtidas “pistas” que mostraram, durante o processo de reflexão, que o principal foco para o “como” é estabelecer um relacionamento consistente entre os domínios da gestão e da tecnologia da informação.

Muito desse “como” também vem revestido de um aspecto pragmático, que é resolver um problema através de fórmulas, algoritmos e até da automação de métodos

A conclusão desta tese é que o “como” é antes de tudo um problema conceitual e que deve ser pensado em suas raízes, não se trata, portanto do objetivo dessa tese em contribuir para o desenvolvimento de mais uma “receita”.

As outras três questões formuladas na pesquisa irão ser tratadas em bloco por serem correlatas:

Como criar um processo de trabalho simultâneo e interativo com metas claras e definidas?

Como planejar, controlar e avaliar o desempenho desse processo?

Como organizar o fluxo de trabalho e de informações através da gestão de um modelo central em BIM?

Antes de tudo se faz necessário reforçar nas conclusões que entender o processo de projeto como constituído por ciclos de interações é básico para a compreensão da estrutura proposta. Esse aspecto foi estudado na bibliografia e a sua demonstração foi feita com o uso da DSM, tanto na revisão bibliográfica quanto no Caso 1 das simulações – capítulo cinco.

Para que o processo de trabalho possa ocorrer de forma simultânea é necessário o esclarecimento de alguns pontos: a simultaneidade não implica necessariamente das ações ocorrerem na mesma hora e local – tempo real, e não obrigam a presença face-a-face dos colaboradores. A simultaneidade proposta diz respeito em se fazer um “corte vertical” na estrutura que possibilite a inclusão de todos os agentes seguindo o mesmo processo como guia. Nesse sentido a imagem proposta para a estrutura conceitual na Figura 50 demonstra o alinhamento necessário para a simultaneidade. Na figura é proposto o alinhamento vertical entre o processo do empreendimento, o processo de projeto e o processo de modelagem em BIM.

Para que esse alinhamento ocorra na prática é necessário que exista gestão para conduzir todos os agentes de maneira alinhada, o desenvolvimento de estruturas em graus inferiores é

tarefa para trabalhos futuros onde se desdobrem em níveis cada vez maiores os relacionamentos propostos.

O estabelecimento de “metas claras e definidas” pode ser entendido sob variados aspectos, sobre os quais encontramos alguns pontos limitantes na pesquisa.

Em se tratando das metas ao nível do “empreendimento”, que é a camada superior da estrutura conceitual, observam-se dois problemas: o primeiro diz respeito a informalidade como esse aspecto é tratado pelas empresas e pelos profissionais. Pouco registro é feito do programa de necessidades limitando-se apenas em muitos casos à observação do memorial descritivo constante nos panfletos de venda do empreendimento. Cabe ressaltar que essas definições que vão para os panfletos ocorrem na prática logo ao início do projeto e sem a participação de todos os agentes, logo as implicações dessas decisões serão entendidas como “problemas” nas fases posteriores de desenvolvimento do projeto.

Se os programas forem desenvolvidos de maneira integrada e ricos em informações técnicas, legais e mercadológicas, todos os agentes serão satisfeitos: os projetistas, os responsáveis pelas aprovações legais e principalmente o cliente final. Agindo-se dessa maneira as informações ficarão claras a todos o que facilitará que o projeto seja desenvolvido mais rapidamente e de maneira integrada.

O outro problema, observado na leitura da tese de Kiviniemi (2005), foi a falta de uma teoria de como relacionar os requisitos do programa com o modelo BIM. Embora o autor tenha resolvido o problema ao propor um modelo de requisitos independente do modelo do projeto a solução, proposta em 2005, ainda não foi implantada por parte de seus agentes como a buildingSMART e as indústrias de software.

A leitura aprofundada do IFC na revisão bibliográfica mostrou que ele fundamentalmente tem como objetivo sustentar a elaboração do projeto e pouca atenção é dada a sua gestão. Os requisitos de programa encontram-se dispersos em várias classes de maneira confusa requerendo antes de tudo que os mesmos sejam reorganizados.

Portanto a clareza e a objetividade no nível do empreendimento não foi solucionada pela pesquisa em função dos grandes obstáculos descobertos. O ponto que pode concluir nesse momento é o da sua necessidade e importância como norteador e até que mais pesquisas sejam feitas ele será ainda uma lacuna a ser preenchida.

Porém em relação à clareza e definição das metas de desenvolvimento do projeto e do modelo a tese obteve como uma de suas contribuições principais a revisão do conceito de LOD ampliando-o para nível de maturidade, que é uma estrutura onde se pode construir objetivos claros. Outra contribuição importante nesse aspecto foi a de propor uma forma de associar e medir o nível de desenvolvimento do projeto.

A associação foi demonstrada no relacionamento possível entre a estruturas analíticas de projeto e a estrutura analítica do modelo tendo como “tradutor” a classificação Unifomat.

Adotou-se a Unifomat pelo fato da mesma já existir como proposta na maioria dos softwares de modelagem existentes no mercado. Cabe porém no desenvolvimento da nova norma de BIM que está em discussão no Brasil se essa estrutura de classificação atenderá amplamente à todas as necessidades.

A defesa, porém de “alguma” estrutura de classificação para os elementos do projeto é uma conclusão importante e intransigente da pesquisa.

A ausência de uma organização normatizada a esse respeito dá margem a improvisações individuais e setorizadas por parte das organizações ou pelos profissionais motivados pela necessidade de se estabelecerem padrões para as trocas de informação.

Demonstrou-se na tese que a associação das estruturas de projeto e do modelo é perfeitamente possível tratando-se apenas de um problema de organização, classificação e sistematização para a construção de estruturas de projeto e planejamento.

A tese contribui também ao associar os níveis de desenvolvimento (ND) com indicadores de medida desse nível e dessa maneira possibilitar o cálculo objetivo como ficou demonstrado no capítulo cinco.

O planejamento, controle e avaliação do processo foram também solucionados. Parte foram utilizados métodos conhecidos de planejamento como a DSM porém foi sugerida a mudança na metodologia ADePT do uso da representação BPMN ao invés da IDEF0.

O uso da metodologia BPMN abre também uma porta para o desenvolvimento de IDMs a partir do desenvolvimento dos requisitos de troca que são mais bem focados a partir da DSM.

A questão mais importante no planejamento e controle foi em relação ao médio e curto prazo, uma vez que a tendência normal seria a de seguir as recomendações de outras metodologias

como o *last planner* que propõem o controle de curto prazo a partir da medição de fragmentos “entregáveis”.

Discordamos desse aspecto uma vez ser impraticável trazer totalmente para o projeto os métodos da produção sem as devidas considerações feitas.

Preferimos o indicador ND ao invés do conhecido indicador PPC pois o projeto vai se desenvolvendo em fluxos e ciclos e estabelecer “pacotes” mais rígidos somente irá reforçar o conceito de “entregas”.

A última questão foi a de como organizar o fluxo de trabalho e de informações através da gestão de um modelo central em BIM.

A revisão da bibliografia mostrou que existem diferentes métodos e tecnologias que possibilitam a integração de modelos das especialidades. Não se trata do escopo da tese discutir qual desses modelos é melhor ou pior e descer ao nível tecnológico dessa questão.

Uma constatação feita é que modelo central não é modelo único, e talvez seja necessário substituir o termo “modelo central” por modelo integrado para facilitar o entendimento.

A gestão do modelo integrado é possível através da combinação da tecnologia e da gestão sendo aí constatada e discutida na pesquisa a necessidade ou não de um profissional específico para isso, conhecido como “gerente de BIM”.

Nossa conclusão entende que não seja recomendável a adoção desse profissional e sim no momento atual de transição apenas como agente facilitador para possibilitar que os próprios profissionais e empresas tenham autonomia para superar as questões básicas trazidas pela nova tecnologia do BIM.

A superposição de funções entre o coordenador de projetos e o gerente de BIM levam a conclusões da necessidade da melhoria da capacitação do coordenador de projetos a longo prazo e não de restrições e limitações ao seu trabalho que somente iriam resolver questões de curto prazo.

Nesse caso a pesquisa conclui que o pragmatismo não é a melhor forma de se tratar com esse assunto recomendando-se melhorias na formação desse profissional a partir de cursos de pós-graduação já existentes em nosso mercado.

Outra contribuição importante da tese foi a revisão da organização do fluxo de trabalho, feita a partir da revisão da metodologia de planejamento onde foi possível consolidar e integrar a

DSM com as tabelas de informações dos objetos e diferentes níveis de desenvolvimento e ao se integrar as estruturas de planejamento com as de modelagem.

6.2 Atendimento aos objetivos da pesquisa

O objetivo geral da tese foi o desenvolvimento de uma estrutura conceitual para a gestão do processo de projeto mediante o uso do BIM e seus objetivos específicos foram definir a metodologia para o planejamento e controle e estabelecer indicadores-chave para medir a sua eficiência.

A tese ao buscar o desenvolvimento de uma estrutura conceitual buscou caminhos novos para questões antigas. Foi percebido que somente a integração e o relacionamento entre a gestão e o BIM possibilitariam a criação de uma estrutura para sua gestão.

Foram desenvolvidos dois indicadores para a medida da eficiência do processo: o nível de desenvolvimento (ND) e a densidade de interferências (DI).

Comentários sobre o ND

O ND foi a contribuição mais importante, pois se tratou de uma revisão e inovação do conceito existente no mercado e possibilitou o aprofundamento e a aproximação com o BIM através do uso da matriz de propriedades dos elementos BIM.

Outra contribuição importante nesse sentido foi a de propor a inclusão de novos conjuntos de propriedades sendo demonstrado que requisitos recentes, como os propostos pela norma de desempenho, podem ser incluídos dentro de novos conjuntos de propriedades.

A pesquisa trouxe também como contribuição a possibilidade de uso dos indicadores como instrumentos de diagnóstico de projetos, podendo ser utilizados de forma prática e eficiente com ferramentas disponíveis no mercado.

As ponderações feitas no cálculo do ND foram baseadas nas quantidades de objetos, porém elas podem ser ampliadas com pesos relativos à importância dos itens e não apenas as suas quantidades. Porém o aspecto qualitativo dessa ponderação não deve ser padronizado pois cada projeto é específico e as suas características precisarão ser avaliadas *a priori*.

A necessidade de essa valoração ser feita caso por caso é importante, pois em algumas situações um único elemento – como um pórtico principal da estrutura, terá o mesmo valor

que uma mera parede interna. O importante, contudo foi demonstrar a possibilidade de se medir a evolução de um projeto.

Nesse sentido a tese abre espaço para a mudança dos critérios de contratação de projetos, sendo esta mais uma de suas contribuições. Para os projetos em BIM os critérios de contratação e pagamento deverão ser reformulados como consequência natural. Nesse sentido a proposição que pode ser feita a partir das conclusões é que deixarão de existir “entregáveis”, uma vez que a evolução do projeto deve ser feita como um todo. Cada especialidade pode ser a partir dessa proposição ser efetivamente medida e a nota obtida tanto no ND quanto no DI pode servir de referência para o sistema de pagamentos dos projetistas.

Da mesma forma, o cálculo global da ND e da DI podem servir de critério para a avaliação do desempenho da coordenação do projeto e da equipe como um todo.

Comentários sobre a DI

A densidade de interferências foi definida como uma medida relativa a um volume identificável de 1.000 m³ para facilitar a visualização e a compreensão dos problemas.

Verificou-se que ela pode ser parametrizada podendo ser mais ou menos rigorosa o que dependerá de uma avaliação conjunta da equipe de projeto e de construção.

Muitas interferências de pequeno grau que são irrelevantes podem ser simplesmente eliminadas bastando parametrizar adequadamente os softwares que irão processar esses requisitos.

A pesquisa se preocupou em desenvolver esse indicador para ser utilizado conjuntamente com o ND para que ambos possam medir de maneira associada não somente a compatibilização geométrica como a compatibilização de informações.

Nesse sentido a tese contribui trazendo a ampliação do conceito de “compatibilização” ao incluir em seu escopo a verificação do atendimento das propriedades não geométricas.

6.3 Comentários sobre as simulações

As simulações destacaram dois cenários distintos existentes hoje: o uso do BIM para o desenvolvimento de desenhos - caso 1 e o uso do BIM para levantamentos quantitativos - caso 2.

6.3.1 Limitações das simulações estudadas

Os casos estudados são bastante limitados e não possibilitaram o teste completo dos ICDs propostos.

Limitações do primeiro caso

- Não se conhecia previamente o programa do edifício, o que impossibilitou sua comparação com o avanço do modelo;
- O escritório estudado não possui um modelo de planejamento do processo de projeto que mostre as relações entre as diversas disciplinas, o material disponibilizado foi apenas um "cronograma de entregas de desenhos";
- O BIM foi utilizado de uma maneira bem fraca - apenas para a geração de desenhos, sendo que a integração com os demais projetos complementares foi feita por métodos convencionais de superposição de desenhos 2D;
- O item anterior também foi limitado pelo fato de os demais participantes do projeto ainda não se utilizarem do BIM para seus projetos. Por esse motivo, o estudo da DI desse projeto somente foi possível para a especialidade Arquitetura, ficando impossibilitado o estudo das interferências com as outras especialidades;
- O resultado da evolução do ND nesse projeto mostrou muito pouca variação, o que sugere que as propriedades dos materiais haviam sido definidas previamente a partir da biblioteca do arquiteto e não com o objetivo consciente de acrescentar ou ajustar propriedades. Dadas as práticas de desenvolvimento desse modelo, podemos concluir que, pelas limitações mencionadas, o cálculo do ND não foi significativo como indicador desse modelo.

Limitações do segundo caso

O segundo caso mostrou resultados bem melhores que o primeiro, tanto para o ND quanto para a DI, justificados pelos objetivos de se obter a precisão requerida para o BIM, em caso de foco em levantamentos quantitativos.

- Contudo, uma investigação mais aprofundada no modelo demonstrou a utilização de práticas de modelagem bastante árduas e geradoras de erro e retrabalho, como modelar três vezes uma parede para se obterem os quantitativos dos revestimentos;
- A justificativa fornecida pela empresa foi a da limitação das ferramentas de modelagem na exportação do IFC, principalmente no caso em questão, que utilizou ferramentas de fabricantes distintos, caso no qual o IFC se faz necessário. Constatou-se que as ferramentas existentes ainda não oferecem soluções para a interoperabilidade aberta, mas somente para os seus formatos proprietários;
- Não foi possível acompanhar o histórico de desenvolvimento desse projeto - pois a empresa não autorizou - limitando as observações a apenas uma versão do modelo;
- As simulações mostraram também que o uso do BIM para propriedades não geométricas ainda precisa evoluir, dados os equívocos e a padronização observadas tanto na classificação dos tipos de objetos quanto na dos tipos de materiais. Recomenda-se que a nomenclatura dos materiais siga a classificação OmniClass, o que já está sendo tratado pela norma brasileira em desenvolvimento.

6.3.2 Lições aprendidas das simulações

Os casos apresentaram limitações para efeito de lições aprendidas, pois utilizam o BIM ainda de maneira bastante restrita, resultando em modelos pobres em informação. Porém, serviram como demonstração da necessidade de um grande investimento nos profissionais, para melhoria da qualidade do processo de modelagem e, portanto, da gestão; investimento que, se for efetivado, poderá melhor substancialmente a qualidade final dos modelos.

6.4 Sugestões e recomendações para trabalhos futuros

A seguir são feitas sugestões e recomendações que serão separadas por tópicos de interesse.

6.4.1 Proposições relativas ao desenvolvimento e melhorias da estrutura conceitual

Identificamos a necessidade de mais pesquisas para o desenvolvimento e melhorias da estrutura conceitual.

Implementação de um modelo para a gestão de requisitos

Esse foi um dos pontos onde foram encontrados grandes obstáculos na pesquisa. Sem a existência de um modelo de requisitos que possa ser gerido de forma independente, a sua comparação com os resultados obtidos ficará bastante impossibilitada, sendo viabilizada apenas pontualmente.

Esse foi um dos pontos onde foram encontrados grandes obstáculos na pesquisa. Sem a existência de um modelo de requisitos que possa ser gerido de forma independente do modelo a sua comparação com os resultados obtidos ficará bastante impossibilitada e sendo viabilizada apenas pontualmente.

O suporte fornecido hoje pelos softwares de modelagem é insuficiente, pois se baseia no registro das propriedades de maneira vinculada aos elementos do modelo, podendo ser alterado, eliminado ou simplesmente esquecido ao longo do tempo. Entendemos que essa não é uma boa solução.

Desenvolvimento de uma matriz de elementos em BIM adequada para nossa realidade

As simulações foram feitas com um modelo desenvolvido para uma instituição Norte-Americana com práticas e culturas distintas.

O importante foi o aproveitamento da estrutura proposta para a implementação do ND. Contudo os conjuntos de propriedades propostos não se aplicam atualmente aos padrões da AEC existentes.

Há que ser feito um esforço conjunto no sentido de melhorar um setor com baixa padronização e ao mesmo tempo se desenvolverem padrões adequados que possibilitem a melhoria gradual da padronização do setor.

A sugestão é que esse desenvolvimento seja feito de forma gradual. Algumas propriedades do BIM podem ser incluídas posteriormente – como as adequadas para a gestão de facilities – e alguns conjuntos de propriedades podem ser reduzidos para o mínimo necessário.

Em uma perspectiva de longo prazo podem ser traçadas metas de evolução setorial.

Desenvolvimento de novos indicadores chave de desempenho

A pesquisa inicialmente verificou a existência de uma série de outros indicadores desenvolvidos por Sacks e Tribelsky (2007) e a princípio se pensou em trazê-los em sua totalidade para o universo do BIM.

Contudo se observou que os indicadores relacionados a medidas de fluxo de informação, por exemplo, exigiriam o uso de servidores de modelo para a sua automação e se decidiu em não desenvolvê-los nesse momento, deixando-se essa oportunidade futura.

Existem também indicadores de desempenho que podem ser desenvolvidos para medir o atendimento a diversos requisitos de programa como demanda e ocupação de espaços, balanceamento do uso de áreas, consumo energético e outros que irão demandar contudo mais pesquisas pois o seu desenvolvimento e implementação irá ocorrer nas fases iniciais, menos estruturadas e mais complexas portanto.

Em virtude da limitação dos modelos estudados, apenas parciais e não contemplando todas as especialidades em BIM será necessário um desenvolvimento aprofundado do cálculo da D.I que leve em conta as interferências entre as diferentes possibilidades de combinações de sub-modelos (estrutura, instalações, etc) o que deverá resultar em uma fórmula mais complexa e adequada para o cálculo da DI.

Validação completa de todos os indicadores propostos na Estrutura Conceitual

Para a depuração e calibração dos ICDs e a criação de novos a partir da Estrutura Conceitual serão necessários testes em diversos projetos, com escalas diferentes e com todas as especialidades utilizando BIM, pois a utilização parcial do BIM nos projetos impede o desenvolvimento completo dos ICDs da estrutura conceitual

6.4.2 Proposições relacionadas à formação do coordenador de projetos

Um dos pontos chave para o desenvolvimento do BIM será a melhoria na capacitação dos profissionais. Dentre eles o coordenador de projetos desempenha papel fundamental.

Nesse sentido há de ser feito o questionamento e o levantamento de como o BIM já está sendo ensinado nas escolas de Engenharia e Arquitetura.

Como ferramenta ou como processo? Restrito a uma disciplina específica ou permeando o currículo sendo sua espinha dorsal?

Entendemos que a formação do coordenador de projeto não seja restrita apenas aos cursos de pós-graduação mas antes de tudo a formação básica nos cursos de graduação permitirá adquirir bases conceituais que poderão ser aprofundadas em cursos de pós-graduação.

A formação dos profissionais de projeto, destacando-se a do arquiteto, deverá ser revista em seu escopo, que ainda conserva em suas origens a visão tradicional do projeto, buscando a sua integração para um contexto global.

6.5 Considerações finais

Ao final cabem algumas reflexões sobre os resultados da Tese.

Acreditamos ter atingido os objetivos do trabalho, a formatação proposta de conceber uma estrutura conceitual foi atingida e demonstrada.

A preocupação inicial da pesquisa foi a da realização de “testes” que comprovassem as “hipóteses”, porém o desenvolvimento da tese mostrou que esse tipo de trabalho não é o de resolver apenas questões práticas, mas ampliar o conhecimento e mostrar a necessidade de reformulações.

A criação de estruturas de conceito irá possibilitar o desenvolvimento mais rápido de métodos de trabalho que contemplem os conceitos desenvolvidos nessa proposição.

As conclusões deste trabalho enfatizam que, muito mais que soluções pragmáticas e de curto prazo, torna-se necessária uma nova estrutura conceitual para guiar-nos no caminho da evolução do processo de projeto e de sua gestão, pois não se pode esperar que soluções trazidas diretamente por softwares viessem a nos mostrar esse caminho.

Concluimos nosso trabalho com a convicção de que, além de os objetivos da pesquisa terem sido alcançados, uma nova forma de pensar a tecnologia e os processos tenha sido criada.

Assim, entendemos que somente a combinação de esforços conjugados de pesquisa e de experimentação prática solucionem os problemas, o que efetivamente conduzimos ao longo desta tese.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT-NBR-13531: Elaboração de projetos de edificações - Atividades técnicas. 1995. 22 p.

_____. ABNT-NBR-15575-1: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho parte 1: Requisitos gerais. 2012. 15 p.

_____. ABNT-NBR-15575-4: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho parte 4: Sistemas de Vedações verticais externas e internas. 2012. 16 p.

_____. ABNT-NBR-ISO-12006-2: Construção de edificação: Organização de informação da construção. 2010. 8 p.

ASSOCIATED GENERAL CONTRACTORS OF AMERICA. AGCA: The Contractor's Guide to BIM. 2006. 48 p.

AIA, AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS. Integrated Project Delivery: A Guide. 2007, 62 p.

AKINTOYE, A.; MCINTOSH, G. A survey of supply chain collaboration and management in the UK construction industry. *European Journal of Purchasing & Supply Management*, v.6, p.159-168, 2000.

AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS. Integrated Project Delivery: A Guide - version 1. AIA California Council, 2007, 62 p.

_____. BIM PROTOCOL EXHIBIT: E202: BIM Protocol Exhibit. 2008. 9 p.

_____. EXHIBIT, B. P.: E202: Building Information Modeling Protocol Exhibit. 2008. 9 p.

_____. TAP update on BIM for design. Disponível em: <<http://www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/pdf/aiab080451.pdf>>. Acesso em: 23/01/2013.

_____. Contract Documents. Disponível em: <<http://www.aia.org/contractdocs/training/bim/aias078742>>. Acesso em: 15/12/2012.

_____. Tools and documents. Disponível em: <<http://www.aia.org/index.htm>>. Acesso em: 19/01/2012.

AMORIM, S. L. BIM - Uma tecnologia para o futuro imediato da construção. In: BIM - Building Information Modeling, 2011, Rio de Janeiro. Proceedings. 2011.

AMORIM, S. L.; SILVA, J. C. Relatório. Associação Brasileira de Normas Técnicas CEE-134, 2010, 17 p.

ANUMBA, C., et al. Collaborative design of structures using intelligent agents. *Automation in Construction*, v.11, n.1, p.89-103, 2002.

ASSOCIAÇÃO DE GESTORES E COORDENADORES DE PROJETOS. Manual de escopo de serviços de Arquitetura e Urbanismo. 132 p.

_____. Manual de escopo de serviços para Coordenação de Projetos. 2003b. 105 p.

ASSUMPÇÃO, J. F. P. Gerenciamento de empreendimentos na construção civil: modelo para planejamento estratégico da produção de edifícios. 1996. 206 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM-E1557-09: Standard Classification for Building Elements and Related Sitework UNIFORMAT II. 2005. 54 p.

AUSTIN, S. Analytical design planning technique: a model of the detailed building design process. *Design Studies*, v.20, n.3, p.279-296, 1999.

AUSTIN, S.; BALDWIN, A. A data flow model to plan and manage the build design process. *Journal of Engineering Design*, v.7, n.1, p.17, 1996.

AUSTIN, S.; HASSAM, T. Modelling information flow during the conceptual and schematic stages of building design. *Construction Management and Economics*, v.17, n.2, p.155-167, 1999.

AUSTIN, S., ET AL. Modelling and managing project complexity. *International Journal of Project Management*, v.20, n.3, p.191-198, 2002.

AUTODESK Parametric building modeling: BIM's foundation 2007. Disponível em: <http://www.consortech.com/bim2/documents/bim_parametric_building_modeling_EN.pdf>. Acesso em: 23/12/2012.

_____. Revit Server Overview. Disponível em:<http://wikihelp.autodesk.com/enu?adskContextId=EXLINK_RS_OVERVIEW&product=Revit&release=2013&language=enu>. Acesso em: 8/12/2012.

Revit Server overview. Disponível em:< http://wikihelp.autodesk.com/enu?adskContextId=EXLINK_RS_OVERVIEW&product=Revit&release=2013&language=enu >. Acesso em: 6/12/2012.

AYRES, C. Acesso ao modelo integrado do edifício. 2009. 254 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, 2009.

BALLARD, G.; KOSKELA, L. On the agenda of design management research. In: 6th Annual Conf., Int. Group for Lean Construction, International Group for Lean Construction, 1998, Proceedings. 1998.

BANNON, L.; SCHMIDT, K. CSCW: Four Characters in Search of a Context. In: First European Conference on Computer Supported Cooperative Work, 1989, Gatwick, London. Proceedings. 1989. p.358-372.

BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. An overview of BIM specialists. In: ICCBE-International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, 2010, Proceedings. 2010. 6 p.

BAZJANAC, V. Early Lessons from Deployment of IFC Compatible Software. In: 40. ECPPM, 2002, Proceedings. 2002.

BEDRICK, J. Organizing the development of a building information model. Disponível em:< <http://www.aecbytes.com/feature/2008/MPSforBIM.html> >. Acesso em: 11/12/2012.

BEETZ, J., et al. Advances in the development and application of an Open Source Model Server for Building Information. In: CIBW78, W102 Conference, 2011, Nice. Proceedings. 2011. p.7.

BENNING, P., et al. Collaboration processes. A State of the Art. Inpro Consortium, 2010a, 43 p.

BENNING, P., et al. Inpro Framework for Collaboration. Inpro Consortium, 2010.

BENTLEY, K. A response from Bentley to Autodesk BIM/REVIT proposal for the future. Bentley, 2003, 10 p.

BERARD, O.; KARLSHOEJ, J. Information Delivery Manuals to Integrate Building Product Information into Design. ITcon, v.17, p.63-74, 2011.

BERLO, L. V. Collaborative engineering with IFC: new insights and technology. In: ECPPM - European Conferences On Product And Process Modeling in the Building Industry, 2012, Islândia. Proceedings. 2012.

BERTALANFFY, L. V. Teoria geral dos sistemas. Editora Vozes, 1975, 125 p.

BIMSERVER. Open source building information model server. Disponível em:< <http://bimserver.org/> >. Acesso em: 8/12/2012.

BJÖRK, BO-CHRISTER. A conceptual model of spaces, space boundaries and enclosing structures. *Automation in Construction*, v.1, n.3, p.193-214, 1992.

BJÖRK, B. C. Requirements and information structures for building product data models. 1995. 89 p. Tese (Doutorado) - VTT Building Technology, 1995.

BJORKHAUG, L.; BELL, H. IFD in a nutshell. Disponível em:< http://dev.ifd-library.org/index.php/Ifd:IFD_in_a_Nutshell >. Acesso em: 3/12/2012.

BOOCH, G.; MAKSIMCHUK, R. A.; ENGLE, M. W. Object-oriented analysis and design with applications. Addison-Wesley, 2007, 691 p.

BRANDON, P. Collaboration: a technology or human interface problem? *Collaborative Construction Information Management*. Spon Press, 2009, Capítulo 18-35

BUILDING AND CONSTRUCTION AUTHORITY. Singapore BIM Guide. 2012, 74 p.

BUILDINGSMART. IfcSpaceProgram. Disponível em:< http://iaiweb.lbl.gov/Resources/IFC_Releases/R2x3_final/ifcarchitectedomain/lexical/ifcspacprogram.htm >. Acesso em: 21/01/2013.

_____. IFD library. Disponível em:< <http://www.ifd-library.org/index.php?title=Overview> >. Acesso em: 3/12/2012.

_____. Especificações técnicas. Disponível em:< <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications> >. Acesso em: 3/12/2012.

_____. IFC2x4 release summary. Disponível em:< <http://buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-releases/ifc2x4-release> >. Acesso em: 11 março 2012.

_____. IFC solutions factory - the model view definition site. Disponível em:< <http://www.blis-project.org/IAIMVD/> >. Acesso em: 2/12/2012.

_____. Industry Foundation Classes release 4 (IFC4) Disponível em:< <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC2x4/rc4/html/index.htm> >. Acesso em: 25/11/2012.

_____. Overview of information delivery manuals independent of their status. Disponível em:< <http://iug.buildingsmart.com/idms/overview> >. Acesso em: 2/12/2012.

CHASTAIN, T.; KALAY, Y. E.; PERI, C. Square peg in a round hole or horseless carriage? Reflections on the use of computing in architecture. *Automation in Construction*, v.11, n.2, p.237-248, 2002.

CHOO, H.J., et al. DePlan: a tool for integrated design management. *Automation in Construction*, v.13, n.3, p.313-326, 2004.

CODINHOTO, R. Diretrizes para o planejamento e controle integrado dos processos de projeto e produção da construção civil. 2003. 162 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

CRC AUSTRALIA. National guidelines for digital modeling. Cooperative Research Centre for Construction Innovation, 2009, 78 p.

CSI. MasterFormat. Disponível em:< <http://www.csinet.org/Home-Page-Category/Formats/MasterFormat.aspx> >. Acesso em: 4/12/2012.

_____. OmniClass - A strategy for classifying the built environment. Disponível em:< <http://www.omniclass.org/> >. Acesso em: 2/12/2012.

_____. Unifomat. Disponível em:< <http://unifomat.com/> >. Acesso em: 4/12/2012.

EAST, W. COBIE: construction operations building information exchange. Disponível em:< <http://www.wbdg.org/resources/cobie.php> >. Acesso em: 16/12/2012.

EASTMAN, C. Report on integrated practice. American Institute of Architects, 2006, 16 p.

EASTMAN, C., et al. Exchange Model and Exchange Object Concepts for Implementation of National BIM Standards. *Journal of Computing in Civil Engineering*, v.24, n.1, p.25-34, 2010.

EASTMAN, C., et al. Information Delivery Manual for precast concrete. Charles Pankow Foundation, 2009, 89 p.

EASTMAN, C., et al. The BIM handbook. 1a. edição. Wiley&Sons, 2008, 504 p.

ECKERT, C. M.; CLARKSON, P. J.; STACERY, M. K. Information flow in engineering companies: Problems and their causes. In: 13th International Conference on Engineering Design: Design Management – Process and Information Issues (ICED'01), 2001, Glasgow, UK. Proceedings. 2001.

EMMITT, S. Design management for architects. Wiley-Blackwell, 2007, 344 p.

EPPINGER, S., et al. A Model-Based Method for Organizing Tasks in Product Development. *Research in Engineering Design*, v.6, n.1, p.1-13, 1994.

EUROSTEP. Share-A-Space solutions. Disponível em:< <http://www.eurostep.com> >. Acesso em: 13 fev. 2012.

FABRÍCIO, M. M. Projeto simultâneo na construção de edifícios. 2002. 329 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

FALLON, K. K.; HAGAN, S. R. AIA Report on Integrated Practice: Information for the facility life cycle. American Institute of Architects, 2006, 17 p.

FELLOWS, R.; LIU, A. Research methods for construction. Malden, MA: Blackwell Science, 2003, 295 p.

FERREIRA, S. L. Proposta de ampliação do modelo IFC com a contribuição do IES LM-63: A luminária no ciclo de vida da Edificação. 2005. 288 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

FIATECH. Innovation that builds the world. Disponível em:< <http://www.fiatech.org/> >. Acesso em: 6/12/2012.

FONTENELLE, E. C. Estudo de caso sobre a gestão do projeto em empresas de incorporação e construção. 2002. 384 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

FORMOSO, C ., et al. Termo de Referência para o Processo de Planejamento e Controle da Produção em Empresas Construtoras. Porto Alegre: NORIE/UFRGS, 1999, 27 p.

FORMOSO, C ., et al. Developing protocol for managing the design process in the building industry. In: Proceedings 6th International Group for Lean Construction Conference, 1998, Guarujá, Brazil. Proceedings. 1998.

GALLAHER, M . P., et al. Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry. National Institute of Standards and Technology, 2004, 32 p.

GALLELLO, D. **The new “must have”**—the BIM manager 2008. Disponível em: < http://www.aecbytes.com/viewpoint/2008/issue_34.html >. Acesso em: 28/12/2012.

GENERAL SERVICES ADMINISTRATION. BIM Guides Serie 1. 2007, 49 p.

GEORGAKOPOULOS, D.; TSALGATIDOU, A. Technology and tools for comprehensive business process lifecycle management. Workflow management systems and interoperability. Springer- Verlag, 1998, NATO ASI Series F., 1998, Capítulo 13, 356-394

GIELINGH, W. General AEC reference model (GARM): an aid for the integration of application specific product definition models. In: CIBW78, 1988, Ljubljana. Proceedings. 1988. 14 p.

GOVE, P. B. Webster third new international dictionary. 1981.

GRAPHISOFT. Graphisoft BIM Server. Disponível em: <<http://www.graphisoft.com/products/archicad/ac15/teamwork.html> >. Acesso em: 8/12/2012.

GRAZIANO, F. Compatibilização de projetos. 2003. 145 p. Dissertação (Mestrado Profissionalizante) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, 2003.

GREIF, I. CSCW: What does it mean? In: Conference on Computer-Supported Cooperative Work., 1988, Portland, Oregon. Proceedings. 1988.

GU, N., et al. BIM adoption : expectations across disciplines. Handbook of research on building information modeling and construction informatics : concepts and technologies. 2010, Capítulo 22, p. 501-520

HANNUS, M. Construction ICT Roadmap Report D52 of the ROADCON: IST-2001-37278 project. 2003.

HOLZER, D. Are you talking to me? Why BIM alone is not the answer. In: Fourth International Conference of the Association of Architecture Schools of Australasia, 2007, Proceedings. 2007.

HOUAISS, A.; VILLAR, M. S.; FRANCO, F. M. M. Dicionário Houaiss da língua portuguesa. 2007, 2922 p.

HOWELL, I.; BATCHELER, B. Building Information Modeling Two Years Later – Huge Potential, Some Success and Several Limitations. Newforma white paper, p.9, 2004.

HUGHES, C. Disseminating qualitative research in educational settings: a critical introduction. Maidenhead: Open University Press, 2003, 153 p.

HUGHES, W. A comparison of two editions of the RIBA plan of work. Engineering Construction and Architectural Management, v.10, n.5, p.301-311, 2003.

HUOVILA, P.; KOSKELA, L. On foundations of concurrent engineering. In: Concurrent Engineering in Construction CEC '97, 1997, London. Proceedings. 1997. p.22-32.

IDMTEAM. Quick Guide - Business Process Modeling and Notation 2007, 44 p.

ISIKDAG, U.; UNDERWOOD, J. Two design patterns for facilitating Building Information Model-based synchronous collaboration. *Automation in Construction*, v.19, n.5, p.544-553, 2010.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO-10303-11: Industrial automation systems and integration - product data representation and exchange - Overview and fundamental principles. 1994. 20 p.

_____. ISO 10303 21: Industrial automation systems and integration - product data representation and exchange - Implementation methods: Clear text encoding of the exchange structure. 2002. 25 p.

_____. ISO 10303 22: Industrial automation systems and integration - product data representation and exchange - Implementation methods: Standard data access interface. 1998. 19 p.

_____. ISO 10303 28: Industrial automation systems and integration- product data representation and exchange- Implementation methods: Xml representations of express schemas and data, using xml schemas. 2007. 28 p.

_____. ISO 12006 2: Building construction - Organization of information about construction works - Part 2: Framework for classification of information. 2001. 21 p.

_____. ISO 12006 3: Building construction - Organization of information about construction works - Part 3: Framework for object-oriented information. 2007. 31 p.

_____. ISO 29481 1: Building information modelling -- Information delivery manual -- Part 1: Methodology and format. 2010. 38 p.

_____. ISO PAS 16739: Industry Foundation Classes, Release 2x, Platform Specification (IFC2x Platform). 2005. 42 p.

JEONG, Y. S., et al. Benchmark tests for BIM data exchanges of precast concrete. *Automation in Construction*, v.18, n.4, p.469-484, 2009.

JIM STEEL; DROGEMULLER, R.; TOTH, B. Model interoperability in building information modelling. *Software & Systems Modeling*, v.11, n.1, p.99-109, 2012.

JOHNSON, R. E.; LAEPPLE, E. S. Digital Innovation and Organizational Change in Design Practice. Texas: A&M University, 2003, 10 p.

JORGENSEN, K. A., et al. Use of IFC Model Servers - Modelling Collaboration Possibilities in Practice. Aalborg University, 2008, 60 p.

JOTNE. EDM Server. Disponível em:< <http://www.jotne.com/index.php?id=562520> >. Acesso em: 8/12/2012.

KALAY, Y. P3: Computational environment to support design collaboration. *Automation in Construction*, v.8, n.1, p.37-48, 1998.

_____. *Architecture's new media - principles, theories, and methods of computeraided design*. Cambridge: MIT Press, 2004, 251 p.

KARLSHOEJ, J. Process and building information modelling in the construction industry by using information delivery manuals and model view definitions. *eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction*. CRC Press, 2012, Capítulo 305-309

KHEMLANI, L. The IFC building model: a look under the hood. Disponível em:< <http://www.aecbytes.com/feature/2004/IFCmodel.html> >. Acesso em: 20/11/12.

_____. Top criteria for BIM solutions: AECbytes survey results. Disponível em:< <http://www.aecbytes.com/feature/2007/BIMSurveyReport.html> >. Acesso em: 6 de março 2012.

_____. Top Criteria for BIM Solutions: AECbytes Survey Results. Disponível em:< <http://www.aecbytes.com/feature/2007/BIMSurveyReport.html> >. Acesso em: 4/12/2012.

KIVINIEMI, A. Requirements management interface to building product models. 2005. 343 p. Tese (Doutorado) - Stanford University, 2005.

KIVINIEMI, A., et al. Review of the Development and Implementation of IFC compatible BIM,. *Erabuild*, 2008, 128 p.

KOSKELA, L.; HUOVILA, P.; LAUTANALA, M. Fast or concurrent - the art of getting construction improved. In: *Second International Workshop on Lean Construction*, 1994, Santiago do Chile. *Proceedings*. 1994.

KOSKELA, L.; HUOVILA, P.; LEINONEN, J. Design management in building construction: from theory to practice. *Journal of Construction Research*, v.3, n.1, p.1-16, 2002.

KVAN, T. Collaborative design: what is it? *Automation in Construction*, v.9, n.4, p.409-415, 2000.

LAUFER, A.; TUCKER, R. Is Construction Planning Really Doing Its Job? A Critical Examination of Focus, Role and Process. *Construction Management and Economics*, n.5, p.243-246, 1987.

LAWSON, B. How designers think - the design process demystified. 4. Architectural Press, Oxford., 2006.

LEICHT, R. M. A framework for planning effective collaboration using interactive workspaces. 2009. 277 p. Tese (Doutorado) - The Pennsylvania State University, 2009.

LEITE, M.; RAHAL, N. A. S. Programação orientada ao objeto: uma abordagem didática. Campinas: 2001. Disponível em: <http://www.ccuac.unicamp.br/revista/infotec/artigos/leite_rahall.html>. Acesso em: 23/12/2012.

LIPMAN, R. IFC file analyzer. Disponível em:< <http://www.nist.gov/el/msid/infotest/ifc-file-analyzer.cfm>>. Acesso em: 11 março 2012.

LONDON, K.; BAVINTON, N. Economic, social and cultural impediments and drivers for adoption of e-business innovations within the industrial structure of the construction sector. Clients driving construction innovation: moving ideas into practice. Brisbane: 2006, p. 313-336.

LONGMAN. Longman dictionary of contemporary English. Disponível em:< <http://www.ldoceonline.com/dictionary/framework>>. Acesso em: 9/01/2012.

LOWE, R. H.; MUNCEY, J. M. ConsensusDOCS 301 BIM Addendum. 2009, 9 p.

MANZIONE, L. Estudo de métodos de planejamento do processo de projeto de edifícios. 2006. 250 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

MANZIONE, L., et al. Challenges for implementation of a new model of collaborative design management: analyzing the impact of human factor. In: Architectural management in the digital arena, 2011a, Viena. Proceedings. 10 p.

MANZIONE, L., et al. Development and application of key performance indicators to analyze and improve management of information flow in the BIM design process. In: 2011b, Nice. Proceedings. 10 p.

MARX, K. O Capital. 4. Editora Civilização Brasileira S.A., 1890, 579 p.

MATTHEWS, O.; HOWELL, G. Integrated project delivery an example of relational contracting. 2005. Disponível em: < http://www.leanconstruction.org/lcj/V2_N1/LCJ_05_003.pdf>. Acesso em: 16/05/2011.

MCGRAWHILL. Interoperability in the Construction Industry. 2007.

MELHADO, S. B. Qualidade do projeto na construção de edifícios. 1994. 310 p. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

_____. Capítulo 2 - O processo de projeto e sua gestão, aula 4, disciplina PCC-2521. São Paulo, 2009.

MILES, M. B.; HUBERMAN, A. M. Qualitative data analysis: an expanded source book. SAGE Publications, 2nd Edition, 1994, 352 p.

MILLS, K. L. Computer-Supported cooperative work. 2003, p. 666-677

MOUM, A. Exploring relations between the architectural design process and ICT. 2008. 299 p. Tese (Doutorado) - Faculty of Architecture and Fine Art, Norwegian University of Science and Technology, Oslo, 2008.

MOUM, A.; KOCH, C.; HAUGEN, T. What did you learn from practice today? Exploring experiences from a Danish R&D effort in digital construction. *Advanced Engineering Informatics*, v.23, n.3, p.229-242, 2009.

MUEHLEN, M.; RECKER, J. How much language is enough? Theoretical and practical use of the business process modeling notation. *Advanced information systems engineering*. Springer Berlin Heidelberg, 2008, Capítulo 35, p. 465-479

NAVARRO, S. Planejamento de empreendimentos imobiliários: gestão de risco orientada a gestão de prazo com ênfase na identificação de alertas antecipados. 2007. 277 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

NEDERVEEN, S.; BEHESHTI, R.; GIELINGH, W. Modelling concepts for BIM. *Building information modeling and construction informatics - concepts and technologies*. New York: Information Science Reference, 2010, Capítulo 1, p. 1-15

NEWFORMA. AECO project information management. Disponível em: <<http://www.newforma.com/About-Newforma/Company-History.aspx> >. Acesso em: 27/11/2012.

NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES. NIBS: National Building Information Modeling Standard version 1 - Part 1: Overview, principles, and methodologies. 2008. 183 p.

NIST-FIATECH. NIST: General Buildings Information Handover Guide. 2007. 99 p.

_____. CIS/2 and IFC - product data standards for structural steel. Disponível em: <<http://cic.nist.gov/vrml/cis2.html> >. Acesso em: 6/12/2012.

NOBRE, J. A. P.; SANTOS, A. P. S.; BARROS NETO, J. P. O desenvolvimento de produto na construção civil: um estudo de caso em Fortaleza. In: ENEGEP: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2004, Florianópolis. Proceedings. 2004.

NUMMELIN, O., et al. Requirements for an open ICT platform Platform. InPro Consortium, 2010, 31 p.

O'BRIEN, J. A.; MARAKAS, G. M. Management information systems. McGraw-Hill Irwin, 2005, 592 p.

OLOFSSON, T., et al. The InPro Lifecycle Design Framework for Buildings. InPro Consortium, 2010, 62 p.

CONSTRUCTION SPECIFICATIONS INSTITUTE. OMNIGLASS: a strategy for classifying the built environment. 2006. 29 p.

OWEN, R. CIB White Paper on IDDS Integrated Design and Delivery Solutions. Rotterdam: CIB, 2009, 14 p.

OWEN, R., et al. Challenges for Integrated Design and Delivery Solutions. Architectural Engineering and Design Management, v.6, p.232-240, 2010.

PANUSHEV, I.; SACKS, R.; EASTMAN, C. Development of the National BIM Standard (NBIMS) for precast/prestressed concrete. In: Proceedings of the CIB W78 2010: 27th International Conference – Cairo, Egypt, 16-18 November, 2010, Cairo. Proceedings. 2010. 10 p.

PENSILVANIA UNIVERSITY. PENNSTATE: BIM Execution Planning Guide. 2010. 127 p.

PHILLIPS, E. M.; PUGH, D. S. How to get a PhD. Open University Press, 2000.

PRINS, M.; OWEN, R. Integrated Design and Delivery Solutions. Architectural Engineering and Design Management, v.6, p.1-5, 2010.

REKOLA, M.; KOJIMA, J.; MAKELAINEN, T. Towards Integrated Design and Delivery Solutions: Pinpointed Challenges of Process Change. Architectural Engineering and Design Management, v.6, p.264-278, 2010.

RODRIGUES, M.; HEINECK, L. Coordenação de projetos: uma experiência de 10 anos dentro de empresas construtoras de médio porte. In: II Simpósio Brasileiro de gestão da qualidade e organização do trabalho no ambiente construído, 2001, Fortaleza. Proceedings. 2001.

SACKS, R. Evento do Dia do Gerente de Projetos. Universidade de Tecnologia de Tallinn, 2012.

SACKS, R., et al. Introducing a new Methodology to Develop the Information Delivery Manual for AEC Projects. In: 27th International Conference - Applications of IT in the AEC Industry & Accelerating BIM Research Workshop, 2010, Cairo, Egypt. Proceedings. 2010. 10 p.

SACKS, R.; TRIBELSKI, E. An empirical study of information flows in multi-disciplinary civil engineering design teams using lean measures. Architectural Engineering and Design Management, 2010.

SACKS, R.; TRIBELSKY, E. Measures of Information Flow for Lean Design in Civil Engineering. In: Proceedings of CME25 Construction Management and Economics: Past, Present and Future, 2007, London, UK, University of Reading. Proceedings. 2007.

SCHÖN, D. The reflective practitioner: how professionals think in action. 1983, 374 p.

SENATE PROPERTIES. SENATE: BIM Requirements. 2007. 33 p.

SHEHABUDDEEN, N., et al. Representing and approaching complex management issues: part 1 - role and definition 1999. Disponível em: <http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1923155>. Acesso em: 9/01/2012.

SMITH, R.; EPPINGER, S. A Predictive Model of Sequential Iteration in Engineering Design. Management Science, v.43, n.8, p.1104-1120, 1997.

SMITH, R.; TJANDRA, P. Experimental Observation of Iteration in Engineering Design. Research in Engineering Design, v.10, n.2, p.107-117, 1998.

STEFIK, M.; BOBROW, D. G. Object-oriented programming: themes and variations. AI Magazine, v.6, n.4, 23 p., 1985.

STEWARD, D. The Design Structure System: a Method for Managing the Design of Complex Systems. IEEE Transactions on Engineering Management, v.28, p.71-74, 1981.

SUCCAR, B. Effects of BIM on project lifecycle phases. Disponível em:<<http://changeagents.blogs.com/thinkspace/2008/11/effects-of-bim-on-project-lifecycle-phases.html>>. Acesso em: 11/11/2012.

_____. Building information modelling maturity matrix. Handbook of research on building information modeling and construction informatics: concepts and technologies. 2009, Capítulo 4, p. 65-103

TARANDI, V.; HOUBAUX, P. D20, open Web-based ICT platform. Disponível em:<<http://www.inpro-project.eu/main.asp>>. Acesso em: 13 fev 2012.

TAYLOR, J. E.; BERNSTEIN, P. G. Paradigm Trajectories of Building Information Modeling Practice in Project Networks. *Journal of management in engineering*, v.25, n.2, p.8, 2009.

TZORTZOPOULOS, P. Contribuições para o desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte. 1999. 150 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

TZORTZOPOULOS, P.; FORMOSO, C. Considerations on application of lean construction principles to design management. In: 7th Annual Conf., Int. Group for Lean Construction, 1999, Proceedings. 1999, p.335-344.

ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D. Product design and development. New York: McGraw Hill, 1999, 185 p.

UNDERWOOD, J.; ISIKDAG, U. Preface: being lost or becoming lost. *Handbook of research on building information modeling and construction informatics : concepts and technologies*. 2010, Capítulo Preface, xxxi-xxxvii

UNITED STATES ARMY CORP OF ENGINEERS. USACE: Building Information Modeling (BIM) Roadmap. 2006. 51p.

_____. BIM Implementation Plan for Military Construction Projects, Autodesk Platform. 2010. 51 p.

DEPARTMENT OF VETERANS AFFAIRS. VA BIM GUIDE: BIM Guide v1.0. 2010. 45 p.

VERNADAT, F. Enterprise modeling and integration: principles and applications. London: Chapman & Hall, 1996.

VICO. Model progression specification. Disponível em:<<http://www.vicosoftware.com/model-progression-specification/tabid/85227/Default.aspx>>. Acesso em: 8 /02/2012.

VISHAL, S.; NING, G.; XIANGYU, W. A theoretical framework of a BIM-based multi-disciplinary collaboration platform. *Automation in Construction*, v.20, n.2, p.134-144, 2011.

VREEDE, G.; BRIGGS, R. O. Collaboration Engineering: Designing Repeatable Processes for High-Value Collaborative Tasks. In: Proceedings of the 38th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'05), 2005, Hawaii. Proceedings. 2005. 17 p.

WIDEMAN, M. Project and program risk management: a guide to managing project risks and opportunities. 1992.

WIKFORSS, Ö. Datorernas intåg, in Byggandets informationsteknologi - så används och utvecklas IT i byggandet. Estocolmo: Svensk byggtjänst, 2003, 30 p.

WIX, J. User defined property set Disponível em:
<<http://www.projects.buildingsmartalliance.org/files> >. Acesso em: 28/01/2012.

BUILDINGSMART. Information Delivery Manual Guide to Components and Development Methods. 2007. 82 p.

ZHANG, Y.; GUANGBIN, W. Cooperation between Building Information Modeling and Integrated Project Delivery Method Leads to Paradigm Shift of AEC Industry. In: Management and Service Science, 2009. MASS 09. International Conference on, 2009, Proceedings. 2009. p.1-4.