

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL

**Diagnóstico da Implantação do BIM em Empresas
Construtoras com foco nos Processos de
Planejamento, Orçamento e Controle de Obras**

José Martins Cavalcanti da Costa

**São Carlos
2015**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL

**Diagnóstico da Implantação do BIM em Empresas Construtoras
com foco nos Processos de Planejamento, Orçamento e Controle
de Obras**

José Martins Cavalcanti da Costa

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Estruturas e Construção Civil.

Linha de Pesquisa: Gestão, tecnologia e sustentabilidade na construção civil.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a. Sheyla Mara Baptista Serra

São Carlos
2015

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

C837di Costa, José Martins Cavalcanti da.
Diagnóstico da implantação do BIM em empresas
construtoras com foco nos processos de planejamento,
orçamento e controle de obras / José Martins Cavalcanti da
Costa. -- São Carlos : UFSCar, 2015.
197 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São
Carlos, 2015.

1. Construção civil. 2. Orçamento. 3. Planejamento e
controle. I. Título.

CDD: 690 (20^a)

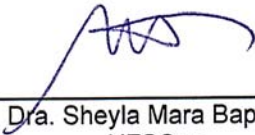


UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil

Folha de Aprovação

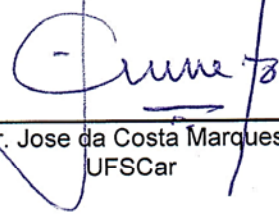
Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato José Martins Cavalcanti da Costa, realizada em 27/08/2015:



Profa. Dra. Sheyla Mara Baptista Serra
UFSCar



Profa. Dra. Regina Coeli Ruschel
UNICAMP



Prof. Dr. Jose da Costa Marques Neto
UFSCar

Dedico esta dissertação aos meus pais, meus irmãos e a minha esposa, pelo amor incondicional, apoio e companheirismo.

AGRADECIMENTOS

À Deus por me dar sempre força para enfrentar os desafios.

Agradeço, especialmente, aos meus pais, José Ronaldo e Nadja Celina pela educação que me proporcionaram, me ensinaram os princípios da dignidade e perseverança para seguir em frente em busca dos meus objetivos.

Aos meus irmãos, Isabely e Ronaldo, pelo amor e companheirismo.

À minha esposa, Daysy, pelo amor, participação e apoio em todos os momentos dedicados ao desenvolvimento desta dissertação.

À Professora Sheyla pela orientação, apoio, confiança e entusiasmo que muito me ajudaram nesta importante etapa pessoal e profissional.

À minha tia e madrinha, Andrea Rita, pelo amor incondicional que tens pela minha pessoa.

Aos professores do PPGE Civ, sem eles este objetivo não seria alcançado.

Aos meus amigos que sempre incentivaram e acompanharam a minha caminhada. E aos novos amigos que conquistei em São Carlos pelo acolhimento e receptividade.

As empresas participantes da pesquisa, por terem acreditado neste trabalho e colaborado para o seu desenvolvimento.

Ao CNPq e o projeto FINEP/CanTechHis – “Tecnologias para Canteiro de Obras Sustentável em Habitação de Interesse Social” pelo apoio financeiro e concessão de bolsas de estudo.

RESUMO

COSTA, José Martins Cavalcanti da. **Diagnóstico da Implantação do BIM em Empresas Construtoras com foco nos Processos de Planejamento, Orçamento e Controle de Obras**. 2015. 197 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015.

O orçamento, planejamento e controle adequados assumem um papel imprescindível na obtenção de lucro no cenário atual do setor da construção civil, e o Building Information Modeling (BIM) pode ser um fator fundamental para o sucesso das empresas. Este trabalho tem como propósito analisar os principais impactos da tecnologia BIM sobre os processos de planejamento, orçamento e controle, bem como apresentar uma representação esquemática do impacto do BIM sobre o fluxo dos processos estudados. A metodologia utilizada no desenvolvimento da pesquisa foi o estudo de campo, dividido basicamente em três etapas: exploração preliminar, coleta de dados e impacto sobre os fluxos. Por meio de uma proposta de esquematização do fluxo dos processos estudados, foi possível propor um detalhamento dos requisitos de troca, bem como a intensidade do impacto do uso do BIM em cada atividade. Neste contexto, constatou-se que a plataforma BIM impacta os processos de orçamento, planejamento e controle de forma moderada.

Palavras-chave: Building Information Modeling, BIM, Orçamento, Planejamento, Controle.

ABSTRACT

COSTA, José Martins Cavalcanti da. **Diagnosis of BIM Deployment in Building Companies focusing on planning processes, Budget and Construction Control.** 2015. 197 f. Dissertation (Master in Civil Construction) - Federal University of São Carlos, São Carlos, 2015.

The budget, proper planning and control play a vital role in getting profit in the current scenario in the construction sector, and the Building Information Modeling (BIM) can be a key factor in the success of businesses. This work aims to analyze the main impact of technology BIM about the planning, budgeting and control, as well as present a schematic representation of the impact of BIM on the flow of the processes studied. The methodology used in the research was the field of study, basically divided into three stages: preliminary exploration, data collection and impact on flows. Through a proposal schematisation of the flow of the processes studied, it was possible to propose details of the information exchange requirements, as well as the intensity of the impact of BIM use in each activity. In this context, it was found that the BIM platform has moderate impact in the budget, planning and control.

Keywords: Building Information Modeling, BIM, Budget, Planning, Control.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 – ETAPAS DO PROCESSO DE ORÇAMENTAÇÃO	32
FIGURA 2.2 – DIMENSÃO HORIZONTAL	36
FIGURA 2.3 – DIMENSÃO VERTICAL	38
FIGURA 2.4 – EQUILÍBRIO ENTRE ATIVIDADES DE PLANEJAMENTO E CONTROLE NO LONGO, MÉDIO E CURTO PRAZO	43
FIGURA 2.5 – ETAPAS DO PROCESSO DE EXECUÇÃO	46
FIGURA 2.6 – ETAPAS DO PROCESSO DE CONTROLE	47
FIGURA 2.7 – CURVA “S” TÍPICA	49
FIGURA 2.8 – PERÍODO DE TEMPO EM QUE CONSTRUTORES ESTÃO UTILIZANDO O BIM (POR LOCALIDADE)	56
FIGURA 2.9 – PRINCÍPIOS DAS CAMADAS DA ARQUITETURA DO PADRÃO IFC	66
FIGURA 2.10 – COMPONENTES DO IFC	67
FIGURA 2.11 – BASE DA MODELAGEM DA INFORMAÇÃO	68
FIGURA 2.12 – ARQUITETURA DO IDM	70
FIGURA 2.13 – REQUISITOS DE TROCA	74
FIGURA 2.14 – SEQUÊNCIA DE DESCOBRIMENTO DO PROCESSO E MINERAÇÃO DOS DADOS	75
FIGURA 2.15 – SEQUÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DAS REGRAS DE NEGÓCIO	76
FIGURA 2.16 – SEQUÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DA ENGENHARIA REVERSA	76
FIGURA 3.1 – FLUXOGRAMA DE ATIVIDADES PARA REALIZAÇÃO DO TRABALHO	79
FIGURA 3.2 – ETAPAS DA COLETA DE DADOS	81
FIGURA 3.3 – ESCALA GRADUAL	83
FIGURA 3.4 – CORRELAÇÃO DAS MÉDIAS COM A ESCALA GRADUAL	86
FIGURA 4.1 – FLUXO GERAL	89
FIGURA 4.2 – DETALHAMENTO DA ATIVIDADE A.2	91
FIGURA 4.3 – DETALHAMENTO DA ATIVIDADE A.8	92
FIGURA 4.4 – DETALHAMENTO DA ATIVIDADE A.9	92
FIGURA 4.5 – DETALHAMENTO DA ATIVIDADE A.10	93

FIGURA 4.6 – DETALHAMENTO DA ATIVIDADE A.11	93
FIGURA 4.7 – DETALHAMENTO DA ATIVIDADE A.15	94
FIGURA 4.8 – DETALHAMENTO DA ATIVIDADE A.16	95
FIGURA 4.9 – CARACTERIZAÇÃO DAS EMPRESAS PELO NÚMERO DE FUNCIONÁRIOS.....	104
FIGURA 4.10 – TIPOS DE EMPREENDIMENTO CONSTRUÍDOS PELAS EMPRESAS	106
FIGURA 4.11 – TEMPO DE UTILIZAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM PELAS EMPRESAS	107
FIGURA 4.12 – SOFTWARES UTILIZADOS PELAS EMPRESAS	108
FIGURA 4.13 – ESTÁGIO ATUAL DE IMPLANTAÇÃO DA TECNOLOGIA NAS EMPRESAS	109
FIGURA 4.14 – META DE UTILIZAÇÃO DO BIM PARAS AS EMPRESAS	111
FIGURA 4.15 – PRINCIPAIS DESAFIOS ENCONTRADOS PELAS EMPRESAS	117
FIGURA 4.16 – MUDANÇAS ORGANIZACIONAIS SOFRIDAS PELAS EMPRESAS	120
FIGURA 4.17 – BASE DE DADOS PARA ELABORAÇÃO DAS ESTIMATIVAS DE CUSTOS.....	121
FIGURA 4.18 – SOFTWARES UTILIZADOS PARA ORÇAMENTAÇÃO	122
FIGURA 4.19 – COMO O BIM AUXILIA NA ESTIMATIVA DE CUSTOS.....	124
FIGURA 4.20 – COMO O BIM AUXILIA NAS UTILIDADES DA ORÇAMENTAÇÃO	126
FIGURA 4.21 – SOFTWARES DE PLANEJAMENTO UTILIZADOS PELAS EMPRESAS	130
FIGURA 4.22 – TÉCNICAS DE PLANEJAMENTO UTILIZADAS PELAS EMPRESAS	130
FIGURA 4.23 - COMO O BIM AUXILIAM NAS ETAPAS DO PROCESSO DE PLANEJAMENTO	133
FIGURA 4.24 – COMO O BIM AUXILIA A TÉCNICA DE LINHA DE BALANÇO.....	135
FIGURA 4.25 – COMO O BIM AUXILIA TÉCNICA PERT/CPM.....	137
FIGURA 4.26 – O BIM AUXILIA NOS ASPECTOS DO PLANEJAMENTO	139
FIGURA 4.27 – FERRAMENTAS DE CONTROLE UTILIZADAS PELAS EMPRESAS	142
FIGURA 4.28 – COMO O BIM AUXILIA NA ETAPA DE EXECUÇÃO DE OBRA	145
FIGURA 4.29 – COMO O BIM AUXILIA NA ETAPA DE CONTROLE.....	147
FIGURA 4.30 – IMPACTO DO BIM SOBRE O PROCESSO DE ORÇAMENTO	151
FIGURA 4.31 – IMPACTO DO BIM SOBRE O PROCESSO DE PLANEJAMENTO	153
FIGURA 4.32 – IMPACTO DO BIM SOBRE O PROCESSO DE PLANEJAMENTO (CONTINUAÇÃO)	154
FIGURA 4.33 – IMPACTO DO BIM SOBRE O PROCESSO DE CONTROLE	156

LISTA DE TABELAS

TABELA 4.1 – DESCRIÇÃO DAS EMPRESAS E ENTREVISTADOS.....	104
TABELA 4.2 – ATRIBUIÇÕES DE PROJETO.....	112
TABELA 4.3 – ATRIBUIÇÃO DE CONSTRUÇÃO.....	113
TABELA 4.4 – UTILIZAÇÃO PARA FINS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO.....	114
TABELA 4.5 – PRINCIPAIS BENEFÍCIOS DO BIM PARA AS EMPRESAS.....	115
TABELA 4.6 – ETAPAS COM MAIOR DIFERENÇA DE NOTAS.....	123
TABELA 4.7 – MÉDIA PARA TÉCNICA DE LINHA DE BALANÇO	134
TABELA 4.8 – MÉDIA PARA TÉCNICA PERT/CPM.....	136
TABELA 4.9 – PRINCIPAIS CAUSAS/RAZÕES PARA O NÃO CUMPRIMENTO DOS CUSTOS E PRAZOS	148
TABELA 4.10 – CAUSAS/RAZÕES EM QUE O BIM PODE INTERFERIR.....	149

LISTA DE QUADROS

QUADRO 2.1 – FASES DO PROCESSO DE GESTÃO	27
QUADRO 2.2 – TIPOS DE ESTIMATIVAS DE CUSTOS.....	29
QUADRO 2.3 – COMO SÃO DIVIDIDOS OS CUSTOS INDIRETOS.....	30
QUADRO 2.4 – COMPONENTES DO PLANO DE GERENCIAMENTO DE CUSTOS.....	33
QUADRO 2.5 – PRINCIPAIS CAUSAS DE DEFICIÊNCIA EM PLANEJAMENTO E CONTROLE	40
QUADRO 2.6 – ROTEIRO DA METODOLOGIA DE LINHA DE BALANÇO.....	41
QUADRO 2.7 – DESCRIÇÃO DO CONTROLE DE CUSTOS, PRAZOS E RECURSOS.....	45
QUADRO 2.8– PRINCIPAIS USOS DO BIM	54
QUADRO 2.9 – NÍVEIS DE DESENVOLVIMENTO.....	59
QUADRO 2.10 – COMPONENTES DO IDM.....	72
QUADRO 2.11 – FORMAS BÁSICAS DO BPMN	73
QUADRO 3.1 – EMPRESAS SELECIONADAS.....	84
QUADRO 4.1 – DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE A.1.....	95
QUADRO 4.2 – DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE A.2.....	95
QUADRO 4.3 – DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE A.3.....	96
QUADRO 4.4 – DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE A.4.....	96
QUADRO 4.5 – DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE A.5.....	97
QUADRO 4.6 – DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE A.6.....	97
QUADRO 4.7 – DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE A.7.....	97
QUADRO 4.8 – DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE A.8.....	97
QUADRO 4.9 – DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE A.9.....	98
QUADRO 4.10 – DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE A.10.....	98
QUADRO 4.11 – DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE A.11.....	99
QUADRO 4.12 – DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE A.12.....	99
QUADRO 4.13 – DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE A.13.....	99
QUADRO 4.14 – DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE A.14.....	99

QUADRO 4.15 – DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE A.15	100
QUADRO 4.16 – DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE A.16	100
QUADRO 4.17 – DESCRIÇÃO DO REQUISITO DE TROCA R.T.1	101
QUADRO 4.18 – DESCRIÇÃO DO REQUISITO DE TROCA R.T.2	101
QUADRO 4.19 – DESCRIÇÃO DO REQUISITO DE TROCA R.T.3	101
QUADRO 4.20 – DESCRIÇÃO DO REQUISITO DE TROCA R.T.4	101
QUADRO 4.21 – DESCRIÇÃO DO REQUISITO DE TROCA R.T.5	101
QUADRO 4.22 – DESCRIÇÃO DO REQUISITO DE TROCA R.T.6	101
QUADRO 4.23 – DESCRIÇÃO DO REQUISITO DE TROCA R.T.7	102
QUADRO 4.24 – DESCRIÇÃO DO REQUISITO DE TROCA R.T.8	102
QUADRO 4.25 – DESCRIÇÃO DO REQUISITO DE TROCA R.T.9	102
QUADRO 4.26 – DESCRIÇÃO DO REQUISITO DE TROCA R.T.10	102
QUADRO 4.27 – DESCRIÇÃO DO REQUISITO DE TROCA R.T.11	102
QUADRO 4.28 – DESCRIÇÃO DO REQUISITO DE TROCA R.T.12	102
QUADRO 4.29 – DESCRIÇÃO DO REQUISITO DE TROCA R.T.13	102
QUADRO 4.30 – DESCRIÇÃO DO REQUISITO DE TROCA R.T.14	103
QUADRO 4.31 – DESCRIÇÃO DO REQUISITO DE TROCA R.T.15	103
QUADRO 4.32 – DESCRIÇÃO DO REQUISITO DE TROCA R.T.16	103
QUADRO 4.33 – INDICADORES UTILIZADOS PELAS EMPRESAS.....	143

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	19
1.1 Problema de pesquisa.....	22
1.2 Objetivos	22
1.3 Estrutura da dissertação	23
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	25
2.1 Processo de Orçamento.....	27
2.1.1 Definição.....	27
2.1.2 Classificação dos custos	29
2.1.3 Orçamentação	31
2.1.4 Gerenciamento de custos.....	32
2.2 Processo de Planejamento	33
2.2.1 Definições.....	33
2.2.2 Dimensão Horizontal do Planejamento.....	35
2.2.3 Dimensão Vertical do Planejamento.....	38
2.2.4 Técnicas de planejamento.....	40
2.3 Processo de Controle.....	42
2.3.1 Definição e importância	42
2.3.2 Etapas do processo de execução e controle	45
2.3.3 Ferramentas de controle.....	48
2.4 Building Information Modeling (BIM)	50
2.4.1 Origem.....	50
2.4.2 Definições.....	52
2.4.3 Benefícios.....	53
2.4.4 BIM para Construtoras.....	56
2.4.5 Barreiras para a adoção	62
2.4.6 <i>Industry Foundation Classes</i> (IFC)	64
2.4.7 Softwares para atribuições do BIM.....	77
2.5 Conclusão da Revisão Bibliográfica	78
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	79
3.1 Exploração preliminar.....	80
3.2 Formulação do projeto de pesquisa	81
3.3 Coleta de dados	81
3.4 Análise do material.....	85
3.5 Apresentação dos Resultados	86
4. RESULTADOS	87
4.1 Exploração preliminar.....	87
4.1.1 Compreensão do BIM.....	87
4.1.2 Fluxos dos processos	88
4.2 Coleta de dados	103

4.2.1 Identificação (entrevistado e empresa)	103
4.2.2 Caracterização geral da implantação e uso do BIM pelas empresas.....	106
4.2.3 Perguntas relacionadas com a orçamentação	120
4.2.4 Perguntas relacionadas com planejamento	129
4.2.5 Perguntas relacionadas com o controle	142
4.3 Impacto sobre os fluxos dos processos	149
4.3.1 Impacto do BIM sobre o processo de orçamento	150
4.3.2 Impacto do BIM sobre o processo de planejamento	152
4.3.3 Impacto do BIM sobre o processo de controle	155
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	157
5.1 Conclusões	157
5.2 Recomendações	160
REFERÊNCIAS.....	161
APÊNDICES	167
Apêndice A: E-mail de apresentação da pesquisa	167
Apêndice B: Questionário	168
Apêndice C: Respostas do Questionário	185
ANEXO	195
Anexo A: Tabela de Softwares	195

1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção é um seguimento econômico que possui várias características próprias que dificultam a gestão plena de suas atividades. Dentre as características, pode ser destacada a utilização de processos de produção realizados em ambientes condicionados às intempéries, onde, na maioria das vezes, necessita de longo prazo de maturação, resultando em produtos geralmente únicos e com alto valor agregado. Esta caracterização traz ao seguimento um grande grau de incerteza e variabilidade (KERN; FORMOSO, 2003).

Segundo Koskela (2000), a característica de produto único traz a necessidade de obtenção de informações diferentes para cada novo empreendimento, onde a falta dessas informações podem gerar alterações em projetos, processos produtivos e em contratos ao longo das várias fases da obra. Com isso, os modelos de gestão empregados com sucesso em indústrias de manufatura não possam ser adaptados de forma simples à indústria da construção.

Farah (1992) conceitua o processo de construção de um empreendimento como uma série de etapas formadas por um conjunto de diversas atividades, que abrangem desde a incorporação até a produção de um amplo número materiais e componentes. Desta maneira, é inviável a aplicação da produção em série, pois a variabilidade está presente na execução deste processo e tem um forte impacto nos casos dos fluxos de material, mão-de-obra e equipamentos (KOSKELA, 2000).

Desta maneira, o processo de construção pode proporcionar uma descontinuidade na execução das atividades, decorrentes do ciclo de paradas e recomeços de um determinado serviço, podendo ocasionar um estoque de produtos inacabados ao longo do processo, impossibilitando em determinadas situações o início de uma nova atividade provocando tempos improdutivos e de esperas (KOSKELA, 2000).

Mattos (2010) destaca dois aspectos encontrados no setor da construção se comparado com outros setores industriais, um deles é o menor grau de precisão aplicados em vários parâmetros, e o outro é uso intensivo de mão de obra, em consequência do caráter artesanal ainda encontrado no setor. O mesmo autor acrescenta que a mão de obra é caracterizada por ser de pouca qualificação, pouca

produtividade e ter uma baixa motivação devido o emprego ser considerado por muitos como eventual e com poucas chances de promoção.

Outras características encontradas no setor são apresentadas por Koskela, (2000), como o alto grau de fragmentação, de interdependência e a falta de formalidade encontrada nos sistemas de gestão dos participantes de uma obra. Kern e Formoso (2002) expõem também a deficiência de integração dos setores de uma organização, contribuindo para má geração de dados e informações importantes para a plena execução dos serviços. Estes aspectos acrescentam ainda mais variabilidade aos processos produtivos contribuindo para obter uma ininterrupta atmosfera de crise no gerenciamento de empreendimentos.

A união desses aspectos faz da indústria da construção uma atividade de risco, principalmente quando à previsão de sucesso dos projetos dada à incerteza existente no cumprimento de prazos e custos acordados. Assim, o setor necessita de um processo decisório que oriente os gestores de forma a ampara-los através de sistemas integrados de informação executivos que melhorem o desempenho das empresas. Pois, no na construção civil, particularmente no caso das empresas que atuam no ramo das edificações, o processo decisório se configura como lento, objetivo, casuístico e aleatório no desenvolvimento de novas soluções, por ser uma indústria que utiliza processos tradicionais de gestão (AVILA; JUNGLES, 2013).

Deste modo, Minari (2009) expõem que as empresas de construção civil vêm sendo obrigadas a evoluir em sua forma de gerenciamento para garantir a sobrevivência no mercado. As características do setor aliado ao atual cenário econômico induz as empresas a adotarem o uso de novas tecnologias e de novos modelos de administração, a fim de obter uma melhor produtividade, rentabilidade e manter um bom nível de qualidade.

A adoção de novas tecnologias como o Building Information Modeling (BIM), no cenário atual da construção civil, vem assumindo um papel imprescindível na obtenção de produtos com maior nível de confiabilidade. O BIM é conceituado por Eastman *et al.* (2014) como uma metodologia de modelagem e processos integrados para produzir, analisar e comunicar modelos com as informações de edifícios. E tem como características principais o uso de modelos paramétricos, a comunicação e colaboração facilitada entre os profissionais da construção civil. Através do modelo

de informação da construção, é possível gerar de forma automática documentos, desenhos, quantitativos, entre outras informações (EASTMAN *et al.*, 2014).

De acordo com Menezes (2011), o BIM é uma nova metodologia de trabalho para os arquitetos, engenheiro e o setor de construção, onde é criado um modelo integrado virtual da edificação. Este modelo permite a integração de todas as disciplinas e compreende todo ciclo de vida da edificação. O BIM atua em uma base de dados virtual possibilitando que qualquer alteração feita nesta base reflita em todas as peças desenhadas. Isso permite que os participantes do ciclo de vida do empreendimento possam visualizar o modelo, conseguindo facilmente compartilhar e sincronizar informações (AZEVEDO, 2009). Deste modo, se for realizada a compilação das ferramentas e conceitos do BIM com as de projeto, planejamento e orçamento podem ser gerados melhores subsídios para o controle e tomada de decisões por parte dos gestores.

Para Cordeiro e Ribas (2000), no atual cenário empresarial, o valor de produtos e serviços é determinado pelo mercado, se contrapondo ao passado, onde os mesmos eram estabelecidos em função do lucro desejado ou esperado pelas empresas. Isso submete a indústria da construção civil a buscar uma gestão de processos adequada, que tenha como foco a redução e/ou eliminação de atividades que não agregam valor. Deste modo, segundo Berliner e Brinson (1998), o lucro passou a depender constantemente da redução de custo, e com isso, o planejamento e a gestão de custos tem assumido um importante papel para a sobrevivência das empresas atuantes neste ramo.

Segundo Mattos (2010), com a intensificação da competitividade, globalização, modernização, alto grau de exigência dos clientes e redução da disponibilidade de recursos financeiros, a indústria da construção sofre mudanças, pois as empresas perceberam a importância de investir em gestão, controle de processos para não perder de vista seus principais indicadores: o prazo, o custo, a qualidade, o lucro, o retorno sobre o investimento e o fluxo de caixa. Assim, o processo de planejamento e controle passa a ser fundamental nas empresas, já que tem um forte impacto no desempenho da produção. Mattos (2010) relata que uma má gestão pode trazer consequências desastrosas ao empreendimento ou para a empresa que o executa, podendo ocasionar frustrações de prazo, estouros de

orçamento, atrasos injustificados, indisposição do construtor com seu cliente (contratante) e até mesmo litígios judiciais para recuperação de perdas e danos.

O processo de orçamentação na construção civil é fundamental para o sucesso do empreendimento. Como procedimento usual, utiliza-se de planilhas orçamentárias para levantamento de quantitativos, nem sempre compatibilizadas com o projeto e com o processo na construção. Assim, verifica-se o surgimento de inúmeros problemas no processo de elaboração de orçamentos na construção civil que podem ocasionar elevação nos custos de obra e um processo de compras inadequado. A devida gestão da construção disponibiliza ao gestor parâmetros de análise dos custos, dos prazos e do montante monetário disponibilizado para a produção, podendo interferir ou não nos planos, mas sempre buscando atingir a lucratividade estabelecida na fase de orçamentação (MINARI; SERRA, 2010).

Com a adoção do BIM pode-se gerar informações mais seguras para o planejamento, orçamento e o controle do empreendimento possibilitando aos gestores uma visão e compreensão facilitada dos prazos e custos do empreendimento. A ligação do BIM com os processos de orçamento e planejamento é realizada por meio das modelagens 3D, 4D e 5D, onde a primeira é descrita como modelagem dos projetos, a segunda como a junção do modelo com o planejamento (tempo) e a terceira é a união do modelo com o planejamento e o custo.

1.1 Problema de pesquisa

No contexto deste trabalho foi formulada a seguinte questão de pesquisa: quais os benefícios adquiridos pelas empresas com a adoção do BIM e sua implicação direta ou impacto nos processos tradicionais de orçamento, planejamento e controle?

1.2 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é analisar os principais impactos do BIM sobre os processos de orçamento, planejamento e controle em empresas construtoras. Desta maneira, surge como objetivo secundário a representação esquemática dos impactos proporcionados pelo BIM em um fluxo genérico dos processos estudados.

1.3 Estrutura da dissertação

A dissertação esta apresentada em quatro capítulos. O Capítulo 1 é destinado à introdução do trabalho, que apresenta de forma sucinta o tema abordado e a forma como o trabalho será desenvolvido.

O Capítulo 2 apresentara os temas teóricos envolvidos no trabalho, são eles: orçamento, planejamento e controle, e fatores correlacionados e essenciais para o desenvolvimento do trabalho. Também dará destaque à tecnologia BIM e sua relação com os processos de gestão da construção a serem estudados.

O Capítulo 3 abordara os materiais e métodos aplicados para o desenvolvimento da pesquisa.

O Capítulo 4 apresentará os resultados desenvolvidos em empresas construtoras e as análises realizadas, buscando atingir os objetivos propostos pelo trabalho.

O Capítulo 5 apresentará as conclusões da dissertação com base nas referências bibliográficas estudadas, metodologia adotada e análise dos resultados. Em seguida, serão apresentadas as Referências consultadas e os Apêndices gerados pela pesquisa.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para Avila e Jungles (2013), as empresas de construção devem ter o domínio do processo lógico formal de planejamento, controle de projetos e de obras, fazendo destes um instrumento de gestão em todas as fases do processo construtivo, sejam elas publicas ou privadas. Caso contrário, a gestão ocorrerá de modo armadora e aleatória com decorrência no incremento dos custos, na queda da qualidade prevista ou na perda de benefício para a sociedade. Nessa perspectiva, tanto o controle como o planejamento consubstanciam-se num processo disciplinar necessário ao desenvolvimento de ideias, sem o qual o sucesso de qualquer empreendimento se torna eficiente e atingível. Logo, são instrumentos necessários para que os objetivos previstos sejam atingidos.

O planejamento integra o conjunto dos instrumentos de controle da gestão, pois esta é a atividade gerencial que defini como as atividades serão acompanhadas, como seu desempenho será avaliado, qual o nível de controle a ser implantado, e como se estabelece e se correlaciona a ação dos responsáveis em cada uma dessas atividades. Para que qualquer processo de execução de bem ou serviços crie valor para um cliente e agregue valor aos interesses da empresa, é de fácil entendimento que deva haver uma ideia ou meta a ser cumprida, além de competência disponível para sua consecução e disciplina no seu cumprimento (AVILA; JUNGLES, 2013).

Segundo Roldão (2010), outro aspecto que faz diminuir o risco da atividade é o rigor das estimativas, pois a sobrevivência das empresas depende frequentemente de sua capacidade de estimar custos. Frequentemente, as estimativas de custos são realizadas sob pressão da urgência e com falta de elementos detalhados, dependendo muito da experiência e do grau de conhecimento dos envolvidos e de seu nível de rigor. Mas quando há disponibilidade de tempo e dos elementos necessários, há condições para se obter uma estimativa com alto grau de precisão, existindo, no entanto, pessoas marcadamente otimistas e outras marcadamente pessimistas, introduzindo grande variação.

No caso da construção civil que envolve a produção de um produto único, as técnicas de tratamento orçamental e as formas de agrupamento de custos são diferentes das que se utiliza em unidades com processos repetitivos. Isso se verifica

principalmente em um projeto que envolve concepção, desenvolvimento, construção, teste e protótipo, que se realizam uma única vez, as técnicas utilizadas são diferenciadas. Desta maneira, as estimativas de custo devem ser realizadas por fases de projetos, colocando diferentes níveis de exigência em cada uma delas, começando de uma perspectiva ampla para níveis mais restritos, com maior nível de detalhe, não devendo o nível seguinte ser equacionado enquanto o anterior não estiver concluído (ROLDÃO, 2010).

De acordo com o mesmo autor, para constituir uma estimativa de custo deve-se ter como passo inicial a criação de uma estrutura de custo consistente com o projeto e com a organização da empresa, estabelecendo maior atenção aos itens com um custo mais elevado ou de maior risco. Assim, os aspectos que podem interferir de forma significativa nas estimativas são: tecnologias, organização, tipo de contrato, contexto, estratégia da qualidade, financiamento e garantias. Também é destacado que os custos apenas podem ser controlados quando há a possibilidade de serem comparados com as estimativas, e estas devem ser agrupadas de acordo com o plano geral dos trabalhos e ser elaboradas de forma simples para que todos possam entendê-las.

Desta forma, Avila e Jungles (2013) argumenta que para obter o entendimento integral quanto à importância da realização de um processo formal de previsões, planejamento e controle no desenvolvimento de qualquer empreendimento parte do conceito de que seja um projeto. O projeto representa um empreendimento transitório e singular, composto de um conjunto de atividades interdependentes, que possui começo e um fim bem definido e organizado. Deve-se estabelecer como objetivo principal a geração um produto ou um serviço único, reunindo o conjunto de informações necessárias à realização do orçamento da construção, do cronograma físico-financeiro e de um conjunto de instruções e informações necessárias à sua materialização, conforme o interesse do proprietário. Nesse contexto, o autor expõe que o processo de gestão deve permear todas as fases de um projeto, quais sejam: previsão, concepção, planejamento, execução, controle, e finalmente o processo de consolidação do conhecimento, conforme o Quadro 2.1.

Quadro 2.1 – Fases do Processo de Gestão

FASES	DESCRIÇÃO
Fase de previsão	Fase que corresponde ao relacionamento entre os meios tecnológicos, financeiro e pessoal, com o propósito de estabelecer datas das respectivas exigibilidades, conexão com os problemas quanto à mobilização temporal dos meios exigidos e resolução de problemas de questões legais e ambientais.
Fase de concepção	Fase que tem por objetivo realizar a viabilidade técnica e a econômico-financeira e o desenvolvimento da melhor alternativa que culmina na elaboração do projeto executivo.
Fase de planejamento	Fase que corresponde à etapa de programação, coordenação, organização, formalização e divulgação das atividades previstas e necessárias à materialização do projeto.
Fase de execução	Corresponde ao conjunto de ações ou atividades que materializam o que foi estabelecido na fase de concepção segundo o programado na fase de planejamento.
Fase de controle	Fase que tem por objetivo medir e avaliar o que foi realizado e compará-lo ao planejado ou pactuado em termos de custos, prazo, quantidade e qualidade.
Fase de consolidação do conhecimento	Fase que considera o ganho de conhecimento e o aprendizado obtido com a realização de um projeto como meio de sobrevivência e competitividade da organização.

Fonte: Adaptado de Avila e Jungles (2013)

É desta maneira que a indústria da construção civil conseguirá amenizar os problemas proeminentes do setor e continuará sendo o meio para o melhoramento da qualidade de vida de seus clientes.

2.1 Processo de Orçamento

Nesta seção serão abordados aspectos referentes ao processo de orçamento, como: definição, classificação dos custos, orçamentação e gerenciamento de custos.

2.1.1 Definição

Segundo Barbosa *et al.* (2009), orçamentação é estabelecer, a partir do escopo e cronograma, uma projeção de recursos monetários necessários para execução dos serviços de um projeto, agrupados de forma a explicar, da melhor forma possível, o custo total do projeto e sua apropriação no eixo do tempo. Portanto, o custo total deverá ser subdividido em seus principais componentes, alocados nos pacotes de trabalhos, contas de controle e produtos intermediários, ao logo do cronograma do projeto, possibilitando ter uma referência para acompanhar a evolução do projeto.

Deste modo, as estimativas de custos são um prognóstico onde se considera a identificação e a consideração das alternativas de custos para iniciar e terminar o

projeto, baseado nas informações conhecidas num determinado momento, considerando-se as compensações de custos e riscos de cada atividade (GUIA PMBOK, 2008). Soler *et al.* (2007) expõem que estimativa de custo é o desenvolvimento de uma aproximação dos custos de cada atividade do cronograma, e é importante considerar as causas das possíveis variações das estimativas de custos e incluir os riscos.

Deve-se tomar muito cuidado para não se confundir preço com custo, já que o custo é o emprego de recursos monetários para criação de um produto, serviço ou resultado específico e o preço é o custo somado a uma margem de lucro comercial. Assim, as estimativas de custos devem ser abordadas de forma rigorosa, a partir de decisões bem pensadas, baseadas nas melhores informações disponíveis e modelo de custeio que melhor se adeque ao projeto, pois a estimativa de custo pode determinar o sucesso ou o fracasso do projeto (BARBOSA *et al.*, 2009).

Neste contexto, Mattos (2006) relata que o orçamento sofre interferência e contribuição de muitos fatores, como tipos de produtos e serviços, requisitos contratuais e legais, às restrições do projeto e os bancos de dados comerciais, onde são encontrados dados sobre custos de recursos humanos, materiais e equipamentos. Deste modo, o processo de orçamentação requer muita atenção e habilidade para a identificação, descrição, quantificação, análise e valorização destes fatores.

Como a orçamentação é uma das principais áreas da construção, sendo à base de fixação do preço final de um projeto, o orçamento não poder ser malfeito, pois implicara na ocorrência de imperfeições e frustrações de custos e prazos, provocando um resultado negativo e um insucesso do construtor (MATTOS, 2006). Segundo Barbosa *et al.* (2009), as estimativas se dividem em estimativa *top-down*, estimativa *bottom-up* e estimativa de três pontos, como mostrado no Quadro 2.2, se diferenciando os seguintes aspectos: natureza do projeto, precisão das informações existentes e método aplicado.

Quadro 2.2 – Tipos de estimativas de custos

TIPOS	DESCRIÇÃO
Estimativas top-down	São aquelas que estimam pacotes de trabalho ou produtos intermediários partindo do projeto, são elas: - Estimativa por ordem de grandeza: são estimativas realizadas com poucos dados do projeto, se utilizado de experiências e dados históricos, ajustando-os por indicadores paramétricos, fatores de escala, curvas de capacitação, etc. - Estimativa análoga: são estimativas feitas por analogia a partir de dados sobre projetos anteriores de mesmo porte, é muito usada, mas tem que se destacar a sua baixa precisão, já que não se têm informações detalhadas sobre o projeto atual. - Estimativa paramétrica: são estimativas realizadas a partir da utilização de técnicas estatísticas que utiliza e relaciona dados históricos das variáveis em análise.
Estimativas bottom-up	São estimativas realizadas a partir de dados detalhados do projeto com relação a soluções técnicas, elementos contratuais e estimativas de uso de recursos nos pacotes de trabalhos.
Estimativas de três pontos	Estimativas de três pontos é uma técnica onde se estabelece as estimativas de custos através de uma média ponderada dos três pontos de vista das atividades, que são eles: mais provável, otimista e pessimista, levando-se em conta as variabilidades e o risco.

Fonte: BARBOSA *et al.*, 2009

2.1.2 Classificação dos custos

Há formas distintas em se classificar custos, eles podem ser classificados quanto sua variabilidade e quanto à facilidade de alocação. Os custos são divididos em dois grupos, quanto a sua variabilidade: os custos fixos e os custos variáveis.

a) Custos fixos

Segundo Assef (2003), custos fixos são aqueles que não têm relação de dependência com o volume de produção e de faturamento da organização. São aqueles que ficam inalterados por um dado intervalo de tempo, apesar de mudanças amplas no nível relativo de atividades ou volume total de custos (HORNGREM; DATAR; FOSTER, 2006). Os custos fixos são invariáveis com relação ao volume de atividades do projeto, para uma dada quantidade de projetos e por um dado período de tempo. Porém, se a meta fixada para este tipo de custo no projeto for ultrapassa, esses custos podem variar (BARBOSA *et al.*, 2009).

b) Custos variáveis

Os custos variáveis são aqueles que dependem do volume de produção e de faturamento da empresa (ASSEF, 2003). Para os autores Horngrem, Datar e Foster (2006), os custos variáveis são aqueles que se alteram na mesma proporcionalidade das mudanças no nível relativo de atividades ou volume total de custos. Barbosa *et al.* (2009) relata que os custos variáveis mudam em função da quantidade do trabalho do projeto ou do número de produtos obtidos de forma proporcional e direta.

A classificação dos custos quanto à facilidade de alocação se divide em dois grupos: os custos diretos e os custos indiretos.

c) Custos diretos

Para o autor Assef (2003), custos diretos são aqueles que podem ser associados diretamente aos objetos de custeio, não tendo a necessidade de se fazer alocações aleatórias ou rateios. Os custos diretos são identificados e quantificados com facilidades por serem atribuídos ao trabalho do projeto partindo dos recursos necessários para execução das atividades do mesmo. São eles: mão de obra, materiais, equipamentos, serviços, insumos e etc. (BARBOSA *et al.*, 2009).

d) Custos Indiretos

Custos indiretos são gastos que não podem ser identificados diretamente no objeto de custeio, podendo ter diversas possibilidades de avaliações distintas, interferindo nas tomadas de decisões por parte dos gestores (ASSEF, 2003). Já Horngrem, Datar e Foster (2006) descrevem os custos indiretos como sendo aqueles que não podem ser rastreado para o produto de forma economicamente viável, mas que são relativos ao objeto de custo em questão. Assim, não são relacionados diretamente com as atividades, são despesas e gastos obtidos pela empresa para beneficiar mais de um projeto. Com isso, não podem ser lançados de forma direta nas atividades, mas devem constar no orçamento do projeto. Logo, são custos necessários para o funcionamento global da empresa, que através de critérios podem ser rateados em todos os projetos da organização e se dividem de acordo com o Quadro 2.3 (BARBOSA *et al.*, 2009).

Quadro 2.3 – Como são divididos os custos indiretos

CUSTOS INDIRETOS	DESCRIÇÃO
Administrativos	Relacionados com as despesas administrativas da empresa, como: salários (direção, pessoal técnico e administrativo), material para escritório, manutenção do escritório, conta de energia e água.
Comerciais	Relacionados com a comercialização dos produtos da empresa, como: programação e propaganda comerciais, assessoria técnica para vendas, elaboração de propostas e de estudos técnicos, direitos de propriedade ou patentes (royalties).
Tributários	Relacionados com o pagamento de disposições legais, como: tributos, impostos, taxas, emolumentos e tarifas.
Financeiros	Relacionados com o custo do dinheiro, como: juros por empréstimos tomados pela organização para financiar a compra de bens duráveis ou gerar o capital de giro.

Fonte: BARBOSA *et al.*, 2009

Existem outras abordagens de custos, como custos totais e custos unitários. Barbosa *et al.* (2009) define os custos totais como o somatório dos custos diretos e indiretos ou, por outra abordagem, é o somatório dos custos fixos ou variáveis que constituem um projeto ou parte dele. Para Santos *et al.* (2009), os custos diretos são aqueles referentes aos insumos da obra, como, por exemplo, os custos de materiais, equipamentos, mão-de-obra e encargos sociais, sendo os custos indiretos aqueles referentes à administração, ao financiamento e aos impostos. Segundo esses autores, é importante que o orçamento seja adequado à estratégia de execução do empreendimento e que possa ser periodicamente atualizado.

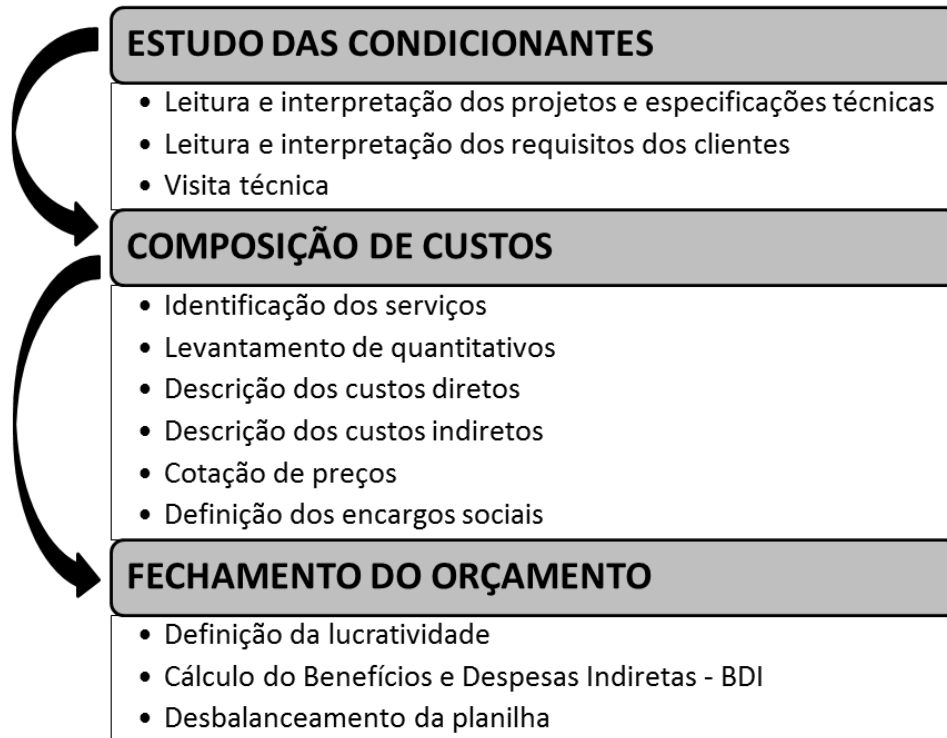
Já o custo unitário é a quantia referente a uma única unidade do produto ou serviço produzido e pode ser expresso de varias maneiras (HORNGREM; DATAR; FOSTER, 2006). O custo unitário também pode ser definido como sendo a taxa padrão a ser atribuída a cada atividade ou recurso que irá ser realizado no projeto. Por isso, é muito importante que o gerente de projetos conheça todas as características envolvidas na composição do custo unitário das atividades, para que sejam escolhidas as melhores soluções de contratações ou alocação de recursos (BARBOSA *et al.*, 2009).

2.1.3 Orçamentação

Mattos (2006) relata que o orçamento tem como principais atributos a aproximação, a especificação e a temporalidade, demonstrando que o orçamento não tem que ser exato e sim preciso, não existe orçamento padrão e o mesmo tem tempo de validade. O mesmo autor caracteriza de forma esquemática o orçamento de obras em três etapas de trabalho: estudo das condicionantes, composição de custos e determinação do preço, como descrito na Figura 2.1.

A etapa de estudos das condicionantes é caracterizada por Mattos (2006) como a fase em que se conhecem as condições de contorno da obra, como: projetos, terreno, contrato, entre outras. O autor coloca que a etapa de composição de custos é um processo de estabelecimento dos custos incorridos para a execução de um serviço ou atividade, caracterizado por insumos e a partir de certos requisitos pré-estabelecidos. O fechamento do orçamento é definido pelo estabelecimento da lucratividade, incorporação dos benefícios e despesas indiretas e pelo desbalanceamento da planilha (MATTOS, 2006).

Figura 2.1 – Etapas do processo de orçamentação



Fonte: Adaptado de MATTOS, 2006, p.31

2.1.4 Gerenciamento de custos

Segundo o GUIA PMBOK (2008), o gerenciamento de custos é um conjunto de processos que auxilia o projeto, para que este termine dentro do orçamento aprovado. Dentre esses processos estão: estimar os custos, determinar o orçamento e controlar os custos. Desta maneira, é muito importante a participação de todas as áreas envolvidas no projeto desde o início do processo de planejamento, pelo fato deles conhecerem a fundo suas atividades e desta forma podem traçar várias alternativas de execução, estabelecendo a que tiver melhor estimativa de custo (BARBOSA *et al.*, 2009).

Segundo BARBOSA *et al.* (2009), a influência dos custos sobre os projetos são maiores no início, quando eles estão sendo negociados ou não são totalmente conhecidos. Assim, sendo a viabilidade econômica um dos principais fatores para a seleção de investimentos, o gerenciamento de custo é de suma importância no planejamento e nas definições dos pacotes de trabalhos, fornecendo informações para serem utilizadas nas tomadas de decisões por parte dos gestores.

O processo de gerenciamento de custo é precedido do planejamento do projeto por parte da equipe de gerenciamento. Assim, o Planejamento faz parte do

desenvolvimento do plano de gerenciamento de custos que delimita o formato e estabelece critérios para o planejamento, estruturação, estimativa, orçamento e controle dos custos (GUIA PMBOK, 2008). Os componentes do plano de gerenciamento de custo estão apresentados no Quadro 2.4.

Quadro 2.4 – Componentes do plano de gerenciamento de custos

COMPONENTES	DESCRIÇÃO
Nível de exatidão	A partir do escopo das atividades e magnitude do projeto as estimativas de custos das atividades aderirão um arredondamento dos dados.
Unidade de medida	É definida para cada recurso uma unidade de medição.
Associações com procedimentos organizacionais	O plano de gerenciamento dos custos é estruturado a partir a estrutura analítica do projeto (EAP), gerando consistência com as estimativas, orçamento e controle de custos. As estimativas de custos devem ser analisadas a partir de uma estrutura analítica de projeto (EAP), que nada mais é que uma decomposição hierárquica das atividades que seram executadas pelo projeto. Com isso, o trabalho fica subdividido em partes menores e mais facilmente gerenciáveis, facilitando a precisão das estimativas de custos, pois cada nível descendente da EAP representa uma definição mais detalhada do projeto.
Limites de controle	São porcentagens apropriadas aos desvios da linha de base do plano para indicar uma quantidade de variação combinada a ser permitida antes de alguma ação seja necessária.
Regras para medição de desempenho	São estabelecidas regras para medição do desempenho do gerenciamento do valor agregado.
Formatos de relatórios	São definidos os formatos e frequências para os relatórios de custos.
Descrições dos processos	São documentadas as descrições de cada processo de gerenciamento dos custos.

Fonte: BARBOSA *et al.* (2009)

2.2 Processo de Planejamento

Nesta seção serão abordados aspectos referentes ao processo de planejamento, como: definição, dimensão horizontal, dimensão vertical e técnicas de planejamento.

2.2.1 Definições

Segundo Ackoff (1976), pode-se considerar o planejamento como a definição de um futuro desejado e de meios eficazes de alcançá-lo. Já Formoso *et al.*, (2001) define planejamento como sendo um processo gerencial, onde se estabelece objetivos e determinam-se os procedimentos necessários para que eles sejam atingidos, somente sendo eficiente quando aplicado em conjunto com o controle.

O planejamento pode ser descrito como um processo de tomada de decisão que tem como resultado um conjunto de ações necessárias para transformar o empreendimento, desde seu estágio inicial a um estágio final desejado (SYAL et al., 1992). Tornando-se assim, a tomada de decisão um elemento muito importante no processo de planejamento, pois através delas as metas estabelecidas nos planos podem ser cumpridas (ACKOFF, 1976).

Planejar para Mattos (2010) é garantir até certo ponto a sobrevivência da empresa por meio da capacidade que os gestores têm de dar respostas rápidas e certas através do acompanhamento do progresso do empreendimento e da eventual mudança no andamento estratégico. O planejamento proporciona ao gestor um elevado conhecimento do empreendimento, tornando a condução do trabalho mais eficiente (MATTOS, 2010). Assim, Mattos (2010) descreve como principais benefícios proporcionados com o planejamento:

- Conhecimento pleno da obra: Para a elaboração do planejamento tem-se que estudar os projetos, analisar os métodos construtivos, identificar as produtividades consideradas no orçamento e determinar o período de trabalho em cada tipo de serviço.
- Detecção de situações desfavoráveis: Com o planejamento é possível tomar providências a tempo quando surge algum problema, adotando medidas preventivas e corretivas e tentar minimizar as influências nos custos e nos prazos.
- Agilidade de decisões: O planejamento serve como base para as decisões gerenciais, já que possibilita uma visão real e holística da obra.
- Relação com o orçamento: Extraíndo informações do orçamento, como índices, produtividades e dimensionamento de equipes, o gestor tem em mão um importante parâmetro de controle, possibilitando avaliar inadequações e identificar oportunidades de melhoria.
- Otimização da alocação de recursos: A partir do planejamento tem-se a informação do melhor período para alocação de equipamentos e mobilizações de recursos e equipes, sem interferir no prazo da obra.

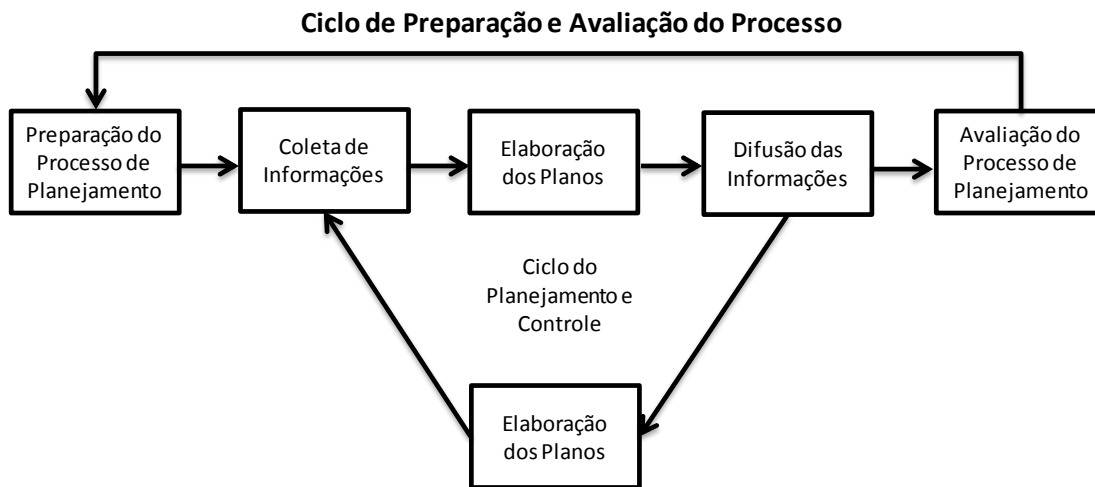
- Referência para acompanhamento: O cronograma estabelecido com o planejamento é uma ferramenta importante, pois possibilita comparar o previsto com o realizado.
- Padronização: O planejamento possibilita a disciplina e unifica o entendimento entre as equipes de trabalho, melhorando a comunicação e tornando amigável o plano de ataque da obra.
- Referência para metas: O planejamento é uma referência importante para a gestão de pessoas, pois é a meta a ser buscada por todos os envolvidos.
- Documentação e rastreabilidade: O planejamento e o controle possibilitam a criação de um histórico da obra através da geração de registros escritos e periódicos.
- Criação de dados históricos: Através do planejamento e controle a empresa passa a possuir um banco de dados, permitindo servir como base para obras futuras.
- Profissionalismo: Empresas que se utilizam do planejamento causam boa impressão, por possuir seriedade e comprometimento inspirando confiança nos clientes.

De acordo com Laufer e Tucker (1987), o processo de planejamento e controle da produção possibilita sua representatividade em duas dimensões básicas. Uma definida como horizontal, referente às etapas pelas quais o processo de planejamento e controle é realizado, e a outra definida como vertical, que representa como as etapas são vinculadas entre os diferentes níveis gerenciais da empresa (LAUFER e TUCKER, 1987).

2.2.2 Dimensão Horizontal do Planejamento

De acordo com Laufer e Tucker (1987), a dimensão horizontal compreende as seguintes etapas do processo de planejamento: preparação do processo de planejamento, coleta de informações, elaboração dos planos, difusão das informações e avaliação do processo de planejamento, descritas conforme a Figura 2.2.

Figura 2.2 – Dimensão horizontal



Fonte: Laufer e Tucker (1987)

Formoso *et al.* (2001) descreve as etapas da dimensão horizontal como:

- **Preparação do processo de planejamento:** etapa onde são definidos procedimentos e padrões a serem seguidos na execução do processo de planejamento. Diante das várias definições feitas nesta etapa, se faz necessário uma análise profunda das condições que interferem nas atividades do processo. Estas condições podem ser identificadas, de acordo com o ambiente em que a empresa está inserida e na sua forma de atuação. Entre as decisões tomadas neste estágio, o autor destaca: definição dos principais envolvidos e suas respectivas responsabilidades no planejamento e controle; níveis hierárquicos a serem adotados e periodicidade dos planos a serem gerados; nível de detalhamento de cada nível de planejamento e os critérios para subdivisão do plano em itens e técnicas e ferramentas de planejamento a serem empregadas.
- **Coleta de informações:** a qualidade do processo de planejamento está diretamente ligada à disponibilidade de informações para auxiliar os gestores nas tomadas de decisões. Diante deste contexto, tais informações são geradas, em formatos e periodicidade variadas, por diversos setores da empresa e também por outros fatores que podem intervir no processo, tais como: clientes, projetistas, subempreiteiros, poder público e consultores. Com isso, se faz necessário à construção

de um sistema de informações relativamente complexo, no qual os papéis dos diferentes responsáveis devem ser claramente definidos.

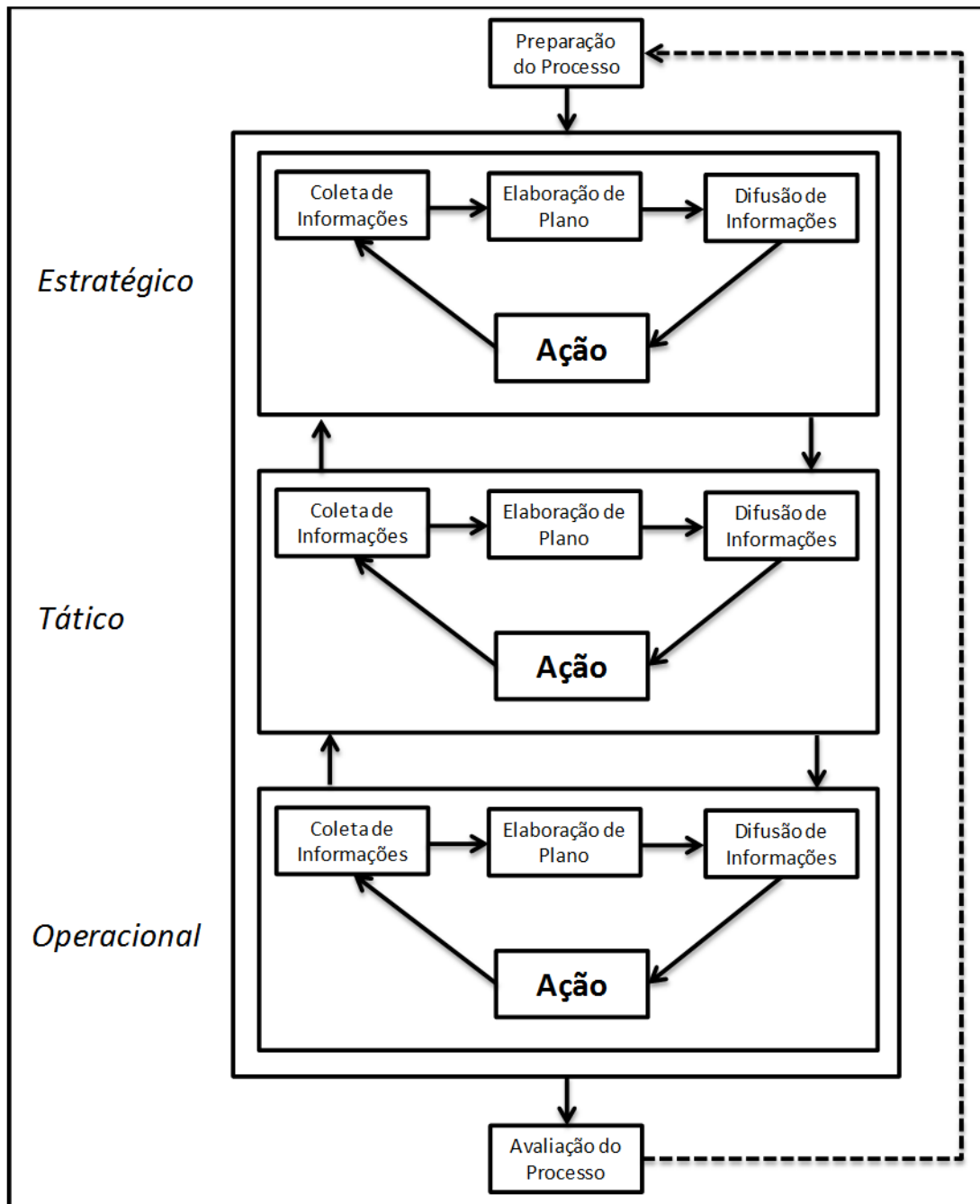
- **Elaboração dos planos:** esta é etapa que recebe, na maioria dos casos, a maior atenção dos responsáveis pelo planejamento, pois é neste momento em que é criado o produto do processo de planejamento, ou seja, o plano de obra. Podem ser utilizadas simultaneamente varias técnicas de planejamento e controle, onde cada uma delas revela-se mais ou menos eficiente, variando de acordo com o tipo de obra, nível de plano a ser elaborado, habilidade dos responsáveis e de outros fatores que vão além da sua natureza.
- **Difusão das informações:** as informações fabricadas a partir da elaboração dos planos precisam ser difundidas entre os seus usuários, tais como diferentes setores da empresa, projetistas, subempreiteiros e fornecedores de materiais. Cada um dos clientes internos do processo de planejamento e controle precisa de uma parcela de informação específica, muitas vezes sob um formato único. Sendo assim, muito importante que seja determinado, para cada um dos clientes internos, a natureza da informação demandada, sua periodicidade, o formato a ser apresentado e o ciclo de retroalimentação.
- **Avaliação do processo de planejamento:** esta etapa é importante para poder proporcionar a empresa um melhoramento contínuo do processo com relação a empreendimentos futuros, ou para um mesmo empreendimento, quando for relativamente longo o seu período de execução. Para realização da avaliação, é necessário se utilizar de indicadores de desempenho, não só da produção, mas também do próprio processo de planejamento. É necessário definir os ciclos periódicos de avaliação, de maneira a detectar falhas nas diversas etapas, criando possibilidades de melhorias.

A partir das cinco etapas fica estabelecido o ciclo de planejamento e controle, proporcionando aos gestores um melhoramento contínuo do projeto.

2.2.3 Dimensão Vertical do Planejamento

Segundo Formoso *et al.* (2001), o planejamento e controle da produção são divididos em diferentes níveis hierárquicos, de acordo com a complexidade do empreendimento de construção e da variabilidade dos seus processos. Com isso, pode-se dividi-lo em três grandes níveis hierárquicos, como apresentado na Figura 2.3.

Figura 2.3 – Dimensão vertical



Fonte: Formoso *et al.* (2001)

As etapas da dimensão vertical são descritas da seguinte maneira (FORMOSO et al., 2001):

- Estratégico: também chamado de planejamento de longo prazo, é referente à definição dos objetivos do empreendimento, a partir do perfil do cliente. Envolve a definição de algumas estratégias para alcançar os objetivos do empreendimento, tais como a definição do prazo da obra, fontes de financiamento, parcerias, etc.
- Tático: também chamado de planejamento de médio prazo, envolve a seleção e aquisição dos recursos necessários para atingir os objetivos do empreendimento, como: tecnologia, materiais e mão de obra e a preparação de um plano geral para o emprego destes recursos.
- Operacional: também chamado de curto prazo, está diretamente relacionado, à definição detalhada das atividades a serem executadas, seus recursos e momento de execução.

Dentro de cada nível hierárquico, pode haver a necessidade de se subdividir em outros níveis, dependendo da natureza do empreendimento. Cada um destes níveis requer informações em um nível de detalhe adequado, para o gestor tomar, sem dificuldades e em pouco tempo, a melhor decisão para o projeto (FORMOSO *et al.*, 2001). O planejamento distribuído em todos os níveis hierárquicos facilita o controle por parte do gestor, contribuindo para a geração de indicadores que auxiliam na avaliação do empreendimento (BERNARDES, 2001).

De acordo com Laufer e Tucker (1987), o nível de desenvolvimento pode tornar-se ineficaz quanto ao grau de incerteza envolvido. Não é conveniente fazer um planejamento muito detalhado em empreendimentos onde o grau de incerteza é elevado. Neste caso, o cronograma das atividades deve ser realizado mais próximo da execução, evitando-se assim, o excesso de retrabalho no processo de planejamento.

Mattos (2010) estabelece que as principais causas da deficiência em planejamento e controle são provenientes dos seguintes aspectos: planejamento e controle como atividade de um único setor, descrédito por falta de certeza nos parâmetros, planejamento excessivamente informal e mito do tocador de obras, como descrito no Quadro 2.5.

Quadro 2.5 – Principais causas de deficiência em planejamento e controle

DEFICIÊNCIAS	DESCRIÇÃO
Planejamento e controle como atividade de um único setor	O planejamento e controle geralmente não são vistos como um processo gerencial que deve permear em toda a estrutura da empresa. Muitas vezes são confundidos como sendo um trabalho isolado de um setor da empresa ou como uma simples aplicação de técnicas para geração de planos.
Descrédito por falta de certeza nos parâmetros	O planejamento não é muitas vezes visto como um exercício técnico que se presta a tentar prever o impacto das atividades, sendo assim, repudiado por conter aspectos que possa não se constatar na prática.
Planejamento excessivamente informal	Aplicando o planejamento informalmente perde-se a importância sistêmica, pois o imediatismo das atividades de curto prazo obstrui a visão de longo prazo, acarretando na utilização ineficiente de recursos humanos e materiais da obra.
Mito do tocador de obras	A supervalorização do tocador de obras em muitas empresas é uma visão equivocada e pode ser considerada uma perda de tempo. Tomar decisões rapidamente com base exclusivamente na experiência e intuição, sem o devido planejamento, pode ocasionar prejuízos à empresa.

Fonte: Adaptado de MATTOS, 2010

2.2.4 Técnicas de planejamento

Segundo Mattos (2010), as principais técnicas que auxiliam na elaboração de planos são Cronograma de Gantt, PERT/CPM e Linha de Balanço. O cronograma de Gantt é uma ferramenta que organiza as atividades de um projeto estabelecendo uma representação gráfica das atividades entre as datas de início e fim de um projeto. Normalmente é apresentado em forma barras, onde no eixo vertical se estabelece as atividades e no horizontal descrevem-se as durações.

O *Program Evaluation and Review Technique/Critical Path Method* (PERT/COM) consiste de um método de planejamento que tem por objetivo proporcionar um melhor controle das atividades de um projeto através dos conceitos de diagrama de redes (MATTOS, 2010). Esse método considera as relações lógicas de precedência entre as atividades e a determinação do caminho crítico. O caminho crítico é a sequência de atividades que em caso de atraso compromete o prazo estabelecido para o término do projeto.

O método da Linha de Balanço é uma técnica de planejamento e controle que avalia o caráter repetitivo das atividades de obra. É uma técnica essencialmente gráfica sendo apresentado o tempo versus progresso da atividade.

O planejamento de obras segue passos bem definidos, possuindo uma evolução gradual à medida que é elaborado, ficando claros sua relevância e os benefícios (MATTOS, 2010). Para o autor, o planejamento seguindo a metodologia PERT/CPM contém os passos:

- Identificação das atividades: Consiste na identificação das atividades que integrarão o planejamento.
- Definição das durações: Estabelecimento das durações associadas a cada atividade que compõem o cronograma, ou seja, quantidade de tempo necessária para execução de uma atividade.
- Definição da precedência: Compreende no sequenciamento das atividades através do estabelecimento da dependência entre as atividades tendo como base a metodologia construtiva adotada.
- Montagem do diagrama de rede: Caracterizasse pela representação gráfica das atividades e de suas dependências lógicas possibilitando o entendimento do projeto como um fluxo de atividades.
- Identificação do caminho crítico: Identificação da sequencia de atividades que produz o tempo mais longo e que defini o prazo total do projeto.
- Geração do cronograma e cálculo das folgas: A geração do cronograma é a apresentação do planejamento de forma a facilitar a leitura da posição de cada atividade ao longo do tempo. Folga é a tempo que uma atividade pode ter além de sua duração estabelecida, sem comprometer o prazo final da obra.

Para Mendes Jr e Heineck (1997) para se aplicar a metodologia de linha de balanço deve-se seguir o roteiro descrito no Quadro 2.6.

Quadro 2.6 – Roteiro da metodologia de Linha de Balanço

PASSOS	DESCRIÇÃO
Definir as atividades a serem programadas e suas precedências	Identificação das atividades e sua respectiva sequencia construtiva.
Obter as quantidades de serviço a executar	Compreende no levantamento de quantitativos das atividades identificadas tomando como base os projetos.
Definir o tamanho das equipes, a produtividade esperada e as durações das atividades no pavimento	Aplicando a formula $Du = \frac{Qu \times Pr}{E \times J}$, onde: Du – Duração da atividade no pavimento (dias) Qu – Quantidade de serviço no pavimento Pr – Produtividade em hh/unidade de produção da atividade E – Tamanho da equipe (operários) J – Jornada de trabalho (horas por dia)
Definir o prazo da obra e datas marcos importantes	Etapa onde se estabelece o prazo da obra e o ritmo de execução de cada atividade.
Programar as atividades, considerando uma equipe por atividade	Consiste na construção do cronograma
Modificara programação para atender aos objetivos	Análise do cronograma desenvolvido e propor possíveis mudanças para atender ao prazo estabelecido para obra.

Fonte: Mendes Jr e Heineck (1997)

2.3 Processo de Controle

Nesta seção serão abordados aspectos referentes ao processo de controle, como: definição, etapas do processo de controle e técnicas de controle.

2.3.1 Definição e importância

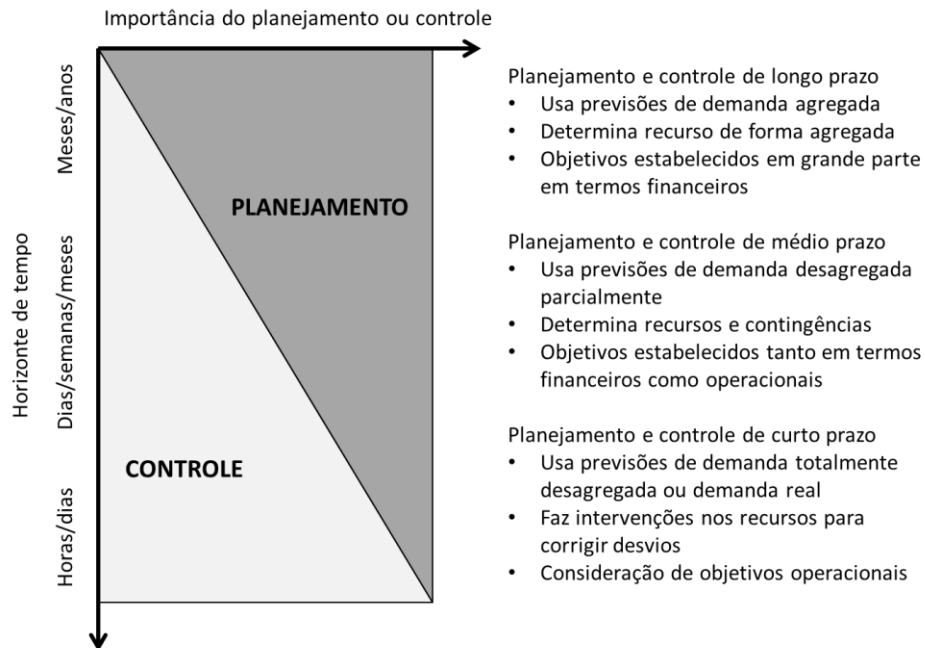
Para Ballard (2000), o termo controle é constantemente vinculado ao monitoramento e avaliação de desempenho, além de possuir inúmeras definições, como denominação, comando, checagem verificação e regulação. Já Turner (2009) interpreta que controle é o ato de supervisionar o processo de execução, examinando a existência de variações, confrontando-as com o que foi esboçado e empreendido, visando adotar ações que corrijam os eventuais desvios.

O controle de obras é uma prática que tem relação com o planejamento e orçamento tendo como objetivo levantar e verificar os desvios apresentados entre o executado e o planejado e orçado. Assim, como o planejamento é um processo de tomada de decisões envolvendo o estabelecimento de metas e dos procedimentos necessários para atingi-los, o controle se torna parte fundamental para efetividade do planejamento (FORMOSO, 1991).

Assim, o processo de planejamento esta diretamente interligado ao processo de controle. Deste modo, o controle deve lidar com as variáveis que compõem a execução de um plano, ou que impedem a execução de um plano (SLACK *et al.*, 2006). Neste contexto, controlar significa reestruturar o planejamento ou interferir no processo de execução, tendendo ordenar o realinhamento da produção ao planejamento inicial. Na Figura 2.4, os mesmo autores apresentam como as particularidades do controle aumentam em relevância quando se esta mais perto da realização de uma atividade, ou seja, a importância do processo de controle crescer ao longo dos horizontes de tempo.

Segundo Slack *et al.* (2006), no horizonte de longo prazo é estabelecido maior ênfase para o planejamento, pois são escassas as atividade de controle. Neste horizonte os gestores têm apenas a preocupação em criar planos referente ao que almejam fazer, quais recursos são necessários e qual o escopo deve ser cumprindo, tendo como referência uma previsão de demanda provável.

Figura 2.4 – Equilíbrio entre atividades de planejamento e controle no longo, médio e curto prazo



Fonte: Slack *et al.* (2006)

Os mesmos autores relatam que para o horizonte de médio prazo a preocupação é planejar com maior grau de detalhamento, onde os gestores buscam quantificar completamente a demanda em que o sistema operacional deve alcançar. No horizonte de curto prazo praticamente todos os recursos já estão definidos, sendo muito difícil promover grandes mudanças de planos, sendo assim, dar-se uma maior ênfase ao controle.

Portanto, o processo de controle é efetuado dentro do horizonte de curto prazo, paralelo ao processo de execução do empreendimento. Segundo Syal *et al.* (1992), o planejamento é processo pelo qual as decisões são tomadas, estabelecendo como consequência um agrupamento de ações essenciais para materialização do empreendimento. Nestas ações são fixados os padrões de desempenho que serviram de base para mensuração e análise do desenvolvimento do projeto na fase de controle.

Moraes (2007) ressalta a importância de efetuar o processo de controle, devido ao grau de incerteza inerentes a execução de um empreendimento e por possuir características evolutivas em cenários de longo prazo, dando possibilidade para ocorrência de variações de planos. De acordo com Ballard (2000), estes problemas evidenciados nos processos de controle, costumeiramente empregados

no setor da construção civil, são motivados principalmente pela utilização de uma perspectiva errônea da teoria clássica de administração de empreendimentos industriais. Esta teoria tem por fundamento uma sequência de direitos que visam descrever o negócio para posteriormente realizar o planejamento.

Dentre os direitos abordados pela teoria estão (BALLARD, 2000):

- Definição de arranjos de negócios para um empreendimento: “Um empreendimento é um esforço temporário para produzir um serviço ou um produto único”.
- Administração de empreendimentos: A administração deste tipo de negócio deve ser de forma centralizada, onde apenas um gestor toma as decisões, mas possui vários executores.

Segundo o autor, estas prerrogativas aplicadas à construção civil se tornam discordantes, já que a dinâmica apresentada pela construção civil se opõe a um sistema de produção temporário ideal e pelo setor geralmente possuir uma grande distância entre a localidade do empreendimento e o centro de controle. Desta maneira, é criada uma dificuldade para realização do controle em ciclos intermediários de análise, obrigando sua realização ser apenas no final de estágios bem definidos.

Na construção civil não existe repetição de atividades, sua execução acontece uma única vez, não estabelecendo ciclos administrativos claros. Assim, o controle se torna simplesmente o gerenciamento das variações de custo e prazo, não atuando na forma de execução das atividades (KOSKELA, 1992). Assim, o controle de obras deve abordar uma visão holística, envolvendo todos os níveis de planejamento e possuindo uma simples, rápida e confiável comparação entre realizado e planejado.

Desta maneira, a execução da obra deve ser monitorada e controlada ao longo de todas as etapas buscando assim um caráter preventivo das ações, e não apenas corretivo, podendo ser tomadas medidas que evitem prejuízos e preparando um replanejamento. Segundo Bernardes (2001), o papel do controle deve ir além das atividades de inspeção ou verificação, agindo corretivamente na fonte causadora dos problemas, tendo como bases dados concretos e não apenas a intuição e a experiência.

De acordo com Avila e Jungles (2013), o controle é dividido em duas maneiras, a operacional e a gerencial. O controle operacional é o controle realizado diretamente no canteiro na fase de execução da obra, tendo por função conservar as atividades dentro das metas estabelecidas. Já o controle gerencial é baseado na elaboração de relatórios comparativos de previsto e realizado, com periodicidade bem definida. Geralmente, a construção civil dá maior enfoque aos controles de custos, prazo e de recursos, como definidos no Quadro 2.7.

Quadro 2.7 – Descrição do controle de custos, prazos e recursos

Tipos	Descrição
Controle de Custos	Controle de gastos com materiais, mão-de-obra e equipamentos, além de gastos com outros custos indiretos comparando o executado com o planejado. Podem sofrer influências externas, como de oferta e de procura no mercado ou da inflação.
Controle de Prazos	Controle realizado por cronogramas, como o de barras. As atividades são quebradas em parte seguindo os períodos de execução. Deverá ser colocada a barra do planejamento e embaixo dela uma barra mostrando o que foi realizado. Tem como função garantir a execução dentro dos prazos previstos pelo planejamento.
Controle de Recursos	É o controle de materiais, mão-de-obra e equipamentos. O controle de materiais e mão-de-obra é executado fazendo a comparação entre o realizado e o planejado, através das notas fiscais (materiais) e os índices de produtividade (mão-de-obra). O controle de equipamentos tem por objetivo evitar o uso de ferramentas ou equipamentos inadequados, inseguros ou deficientes.

Fonte: Adaptado de Monteiro e Santos (2010)

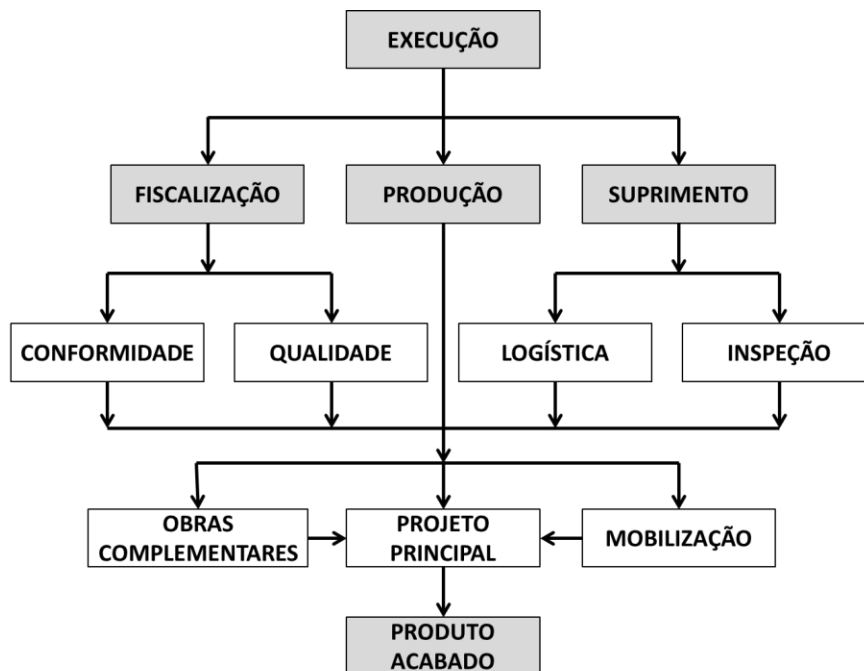
O controle deve englobar os materiais, ferramentas de trabalho, mão-de-obra, prazos, métodos empregados, a quantidade produzida de serviço e os custos. Queiroz (2001) ressalta a necessidade da implantação de um Sistema de Controle com instruções e objetivos bem definidos e no qual todos os envolvidos saibam seu papel.

2.3.2 Etapas do processo de execução e controle

Segundo Avila e Jungles (2013) o controle operacional ocorre na fase de execução do empreendimento, fase que corresponde ao conjunto de atividade que efetivam os planos traçados. Os mesmos autores descrevem que em organizações de médio e grande porte a fase de execução é subdivida em três etapas distintas e

interdependentes, são elas: produção, fiscalização e suprimento, como apresentado na Figura 2.5.

Figura 2.5 – Etapas do processo de execução



Fonte: Avila e Jungles (2013)

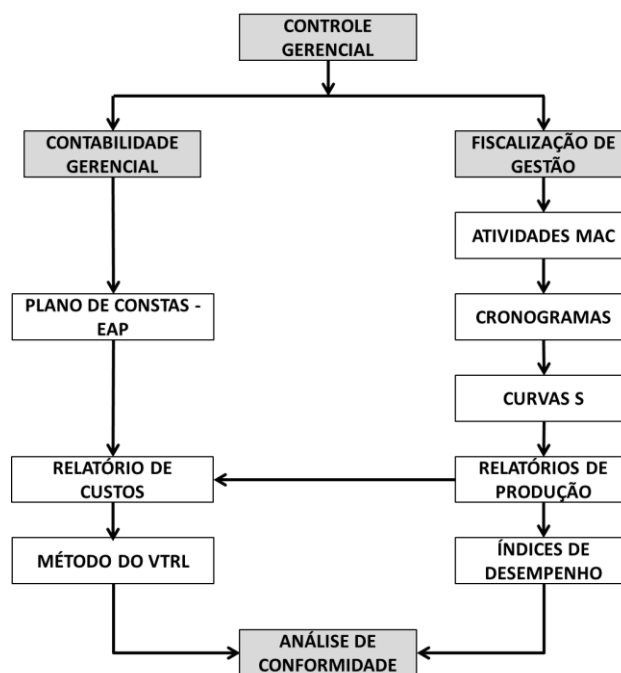
Neste contexto, os autores definem as etapas como:

- A etapa de produção é descrita como a que têm por propósito realizar ou materializar o projeto, denominado na Figura 2.5 como produto final. Nesta etapa, quando há necessidade é construído um conjunto de obras vitais a realização do produto final, como a construção do canteiro de obras.
- A etapa de fiscalização tem por finalidade garantir a qualidade do produto e é subdividida em fiscalização de conformidade e fiscalização de qualidade. A primeira verifica se os resultados das atividades de execução estão de acordo com os projetos e especificações técnicas. Já a segunda tem a intenção de constatar a competência dos processos empregados e a qualidades dos produtos utilizados.
- A etapa de suprimento tem como ênfase a logística e a inspeção dos insumos empregados na execução do empreendimento. A logística compreendida as ações indispensáveis ao abastecimento das

atividades de produção com insumos, mão de obra e equipamentos. Já a inspeção é responsável pelo controle da quantidade, qualidade e pela promoção de testes de desempenho de insumos e equipamentos.

Disposto disto, o controle operacional fornece informações reais da evolução das atividades ao controle gerencial, onde é possível realizar uma análise de desempenho e avaliar o cumprimento dos planos traçados na fase de planejamento. Este tipo de controle é subdividido nas etapas de contabilidade gerencial, fiscalização de gestão e a análise de conformidade, como apresentado na Figura 2.6 e envolvendo a verificação de aspectos administrativos, comerciais, técnicos, financeiros, orçamentários, contábeis e de segurança (AVILA e JUNGLES, 2013).

Figura 2.6 – Etapas do processo de controle



. Fonte: Avila e Jungles (2013)

Os autores expõem que as duas primeiras etapas são caracterizadas por serem as coletoras de dados e informações que servirá de base para última etapa, onde esta destinada a examinar e mensurar a ocorrência de inconsistências no andamento das atividades em relação aos aspectos de custo, prazo e qualidade.

As etapas do processo de controle são definidas pelos autores como:

- A etapa de contabilidade gerencial tem a finalidade de ordenar e registrar as informações relacionadas aos custos do empreendimento.

A ferramenta utilizada nesta etapa é o plano de contas gerencial, possuindo a mesma estrutura analítica de projeto – EAP e que corresponde à listagem de contas ou registros contábeis responsáveis por informa os gestores dos custos de cada atividade planejada.

- A etapa de fiscalização da gestão tem o propósito de mensurar o avanço físico dos serviços no canteiro e associar insumos, mão de obra e equipamento utilizados em um determinado intervalo de tempo para efetivação do pagamento. Nesta etapa são realizados as atividades medição, apropriação e controle de custos – MAC que estabelecem os suicídios para emissão dos relatórios de produção, elaboração das curvas S, aplicação do método do valor do trabalho realizado – VTRL e construção dos índices de desempenho.
- A etapa de análise de conformidade tem como atribuição medir e analisar o desenvolvimento do empreendimento, buscando visualização as inconsistências e suas respectivas motivações, e propondo ações corretivas para cumprimento dos planos traçados.

2.3.3 Ferramentas de controle

Algumas das ferramentas de controle são a Curva “S”, o acompanhamento e análise de valor agregado. Essas ferramentas serão conceituadas a seguir.

➤ Curva “S”

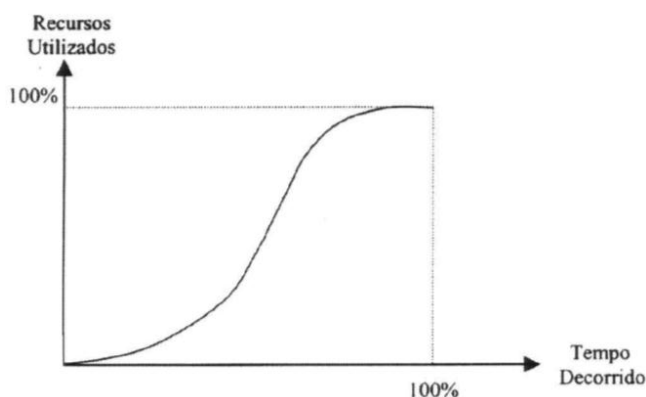
A Curva “S” reflete o progresso do projeto, sendo uma curva acumulada relativa à alocação de determinado fator de produção ao longo do tempo, para sua construção é preciso referenciar as atividades a partir de um parâmetro comum, como por exemplo, trabalho (homem-hora) ou custo (MATTOS, 2010). Essa ferramenta permite ao planejador avaliar o nivelamento de recursos e os indícios de um planejamento deficiente. Os benefícios da curva “S” apontados por Mattos (2010) são:

- Curva única que mostra o desenvolvimento do projeto do começo ao fim;

- Aplicável de projetos simples e pequenos a empreendimentos complexos e extensos;
- Permite visualizar o parâmetro acumulado (trabalho ou custo) em qualquer época do projeto;
- Aplica-se o detalhamento de engenharia por homem-hora, quantidade de serviço executado, uso de recurso ou valores monetários;
- Ótima ferramenta de controle previsto x realizado;
- Fácil leitura e permite apresentação rápida da evolução do projeto;
- Serve para decisões gerenciais sobre desembolsos e fluxo de caixa;
- De acordo com o formato do S, pode-se constatar se há grande (ou pequena) concentração de atividades no começo (ou fim) da obra.

A curva “S” é uma derivação particular da Curva de Agregação de Recursos em que o tempo e os recursos são transformados em percentuais acumulados (BALARINE, 2001). Representa a distribuição dos recursos utilizados associados ao tempo decorrido (BALARINE, 2001), conforme Figura 2.7, gráfico de percentuais acumulados de recursos (eixo vertical) ao longo do tempo (eixo horizontal).

Figura 2.7 – Curva “S” Típica



Fonte: BALARINE, 2001

➤ Método do valor do trabalho realizado ou valor agregado

Mattos (2010) descreve que a análise de valor agregado é uma das principais técnicas de avaliação do desempenho de empreendimentos. Essa técnica permite ao gestor obter uma visão clara da situação do projeto e fazer análises de variância

e tendências se utilizando de resultados precisos obtidos a partir de indicadores de desempenho que tem como base dados reais de tempo e custo. A base de comparação envolve as seguintes grandezas:

- Valor previsto: É o custo que deveria ter sido incorrido no período de aferição;
- Valor agregado: É o custo orçado do trabalho realizado;
- Custo real: É o custo real do trabalho realizado.

2.4 Building Information Modeling (BIM)

Esta seção tem como premissa realizar uma fundamentação teórica sobre o *Building Information Modeling* (BIM) de forma a delimitar a elaboração do presente trabalho. Assim, este item se subdivide nos seguintes tópicos: origem, definição, principais usos e benefícios, BIM para construtores, barreiras para adoção e *Industry Foundation Classes* (IFC).

2.4.1 Origem

A utilização do computador para o desenvolvimento de produtos se tornou uma realidade ao final da Segunda Guerra Mundial. Pesquisas desenvolvidas em 1959 no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) deram início ao desenvolvimento do sistema para desenvolvimento de produto denominado de *Computer Aided Design* (CAD) (COONS, 1964).

De acordo com Ayres Filho (2009), o CAD tinha como esboço apresentar: esquemas conceituais e ideias; efetuar análises físicas e matemáticas; vinculação de normas (diretrizes e exigências) com as peças e materiais; interligação dos projetistas; reutilização de informações; simulação de comportamento; e organização da informação. Proporcionando visões diversas sobre a informação em função de determinada disciplina de projeto.

O mesmo autor descreve que a abordagem CAD não foi a princípio adotada pelos desenvolvedores de softwares, que concentravam seus esforços no desenvolvimento de sistemas de geração digital de documentos 2D. Este fato foi motivado pelo baixo poder de processamento dos primeiros computadores e a grande complexidade das atividades envolvidas no projeto de produtos. Desta

maneira, se desenvolveu um sistema de criação de desenhos, denominado de CAD, sem envolver todas as atribuições idealizadas.

Com as transformações políticas e econômicas mundiais, as empresas passaram a estar inserida em mercados cada vez mais competitivos e integrados, surgindo à necessidade de proporcionar ao cliente um produto de melhor qualidade, em menos tempo e com menor custo. Desta maneira, procuraram-se inovações tecnológicas e novas estratégias que integram e coordenam diferentes espectros sobre o produto durante seu ciclo de vida.

Dentro deste contexto, a elaboração de desenhos digitais passou a ser vista como uma fase não importante para o desenvolvimento do produto e sim uma forma de comunicação entre as fases. Assim, as premissas iniciais para o sistema CAD voltaram a ter força através da modelagem do produto (Eastman *et. al.*, 2014). Segundo Ayres Filho (2009), os modelos de produtos vem evoluindo com a necessidade de integração dos sistemas de produção, com as novas formas de desenvolvimento da estruturação da informação, e pela inserção e avanço da tecnologia. Desta maneira, o mesmo autor descreve que a construção civil pode ser compreendida como um processo de desenvolvimento de produto, tendo as principais considerações de modelagem de produtos idealizadas na década de 70.

Segundo Eastman *et al.* (2014), a primeira abordagem referente à modelagem de produto para a indústria da construção foi o *Building Description System* (BDS) publicado no Jornal da AIA por Charles M. Chunk em 1975. O BDS demonstrava a evolução do CAD, que passaram a associar a geometria vários atributos, melhorando a representação dos elementos de projeto. Entre as décadas de 1970 e 1980 vários trabalhos de pesquisa com o intuito de desenvolvimento deste enfoque também foram realizados na Europa. Esta abordagem foi descrita nos Estados Unidos como *Building Product Models* e na Europa como *Product Information Models*, onde em ambas as definições a palavra “produto” é utilizada para distinguir da abordagem de modelos de processos (EASTMAN *et al.*, 2014)

Na década de 1990, as nomenclaturas *Building Product Models* e *Product Information Models* foram mescladas e deram origem ao *Building Information Modeling* (BIM), sendo pela primeira vez documentada em um artigo escrito por G. A. Van Nederveen e F. Tolman em 1992 e tinha como título no *Journal Automation in Construction* (EASTMAN *et al.*, 2014).

Em paralelo aos esforços da comunidade acadêmica, implantações comerciais do BIM também foram desenvolvidas ao longo do tempo, principalmente pelo interesse na criação de softwares, o que contribuiu para difundir o método. Em 2005 ocorreu a *First Industry Academic Conference* tendo como foco o BIM. Iniciando a partir deste evento uma ampla divulgação do BIM.

Especialistas esperam que o BIM torne-se o principal mecanismo de intercâmbio das informações entre os vários envolvidos em projeto de construção, não só uma ferramenta no processo de concepção (STEEL; DROGEMULLER; TOTH, 2012). Com a adoção do BIM pretende-se reduzir resíduos, reduzir custos, melhorar a segurança do resultado e aperfeiçoar o desempenho do planejamento, concepção e construção (KAM, 2007). O modelo BIM pode ser usado como um recurso de conhecimento para subsidiar a tomada de decisões durante o ciclo de vida do empreendimento, assegurando que dados do projeto podem ser usados para aplicações como: análise energética, análise de sustentabilidade, planejamento e controle de custos (WITICOVSKI e SCHEER, 2011).

2.4.2 Definições

O BIM está provocando uma mudança de paradigma nas práticas de elaboração de projeto, saindo dos sistemas tradicionais de geração digital de documentos 2D para modelos virtuais 3D da edificação. Com o uso deste novo conceito são associados dados geométricos e não geométricos (material, propriedade, custo entre outros). É criado um grande repositório de informações, onde os vários agentes envolvidos no desenvolvimento do empreendimento podem obter dados relevantes (EASTMAN *et al.*, 2014).

Para Ayres Filho (2009), o BIM está sendo o agente incentivador para a adoção das práticas integradas de projeto, apresentando vantagens expressivas sobre os processos tradicionais em CAD. Eastman *et al.* (2014) conceitua o BIM como sendo uma ferramenta de modelagem e processos integrados para elaborar, analisar e comunicar padrões com as informações das edificações. O modelo BIM contempla dados multidisciplinares específicos da edificação, sob a ótica de vários pontos de vista (SOUZA, 2009).

A *National Building Information Modeling Standard* (NBIMS, 2007), define BIM sob a ótica de três níveis de abstrações: produto, ferramenta e processo. O

entendimento do BIM como um produto, se refere à modelagem da edificação, onde o produto final do processo de projeto é um modelo virtual contendo todas as informações necessárias para fabricação, construção e operação. O BIM como uma ferramenta faz menção aos softwares de modelagem de edifícios. Já o incentivo a colaboração proporcionado pelo BIM, faz com que ele seja entendido como um processo.

Como forma de fundamentar estas três abstrações, o BIM tem como principais conceitos a modelagem baseada em objetos, a parametrização e a interoperabilidade. Para Lobo (2008), orientação a objetos é um modelo de software que tem como base as classes, onde estas são configuradas para a criação de um objeto. Portanto, orientação a objetos é um padrão de sistemas de software que tem como foco a composição e a comunicação entre unidades de software.

Já a parametrização é conceituada por Eastman *et al.* (2014) como sendo o uso de uma hierarquia de parâmetros para definir e controlar propriedades e instancias de forma consistente, permitindo definições de geometria, dados (informações) e regras de associação. Por fim a interoperabilidade é definida como sendo a habilidade de passar dados entre aplicações, possibilitando que vários especialistas e aplicações cooperem para o trabalho que está sendo elaborado (EASTMAN *et al.*, 2014).

Desta forma, o BIM aliado ao avanço tecnológico e novas técnicas gerenciais estabelece uma nova maneira de representar uma edificação a ser construída, inserindo na construção civil a engenharia simultânea, pois proporciona a execução de atividade em paralelo e troca de informação de forma constante e eficaz entre os vários agentes (COSTA, 2013).

2.4.3 Benefícios

O BIM pode propiciar a otimização de diversas praticas aplicadas de forma corriqueira na indústria AEC, podendo suprir as demandas atuais do setor, contribuindo para reduções de tempo e custo, melhorando o desempenho das edificações e facilitando a aplicabilidade dos princípios da sustentabilidade. Desta forma, CICRP (2012) apresenta uma classificação dos principais usos do BIM para as fases de projeto, construção e operação, descrita na Quadro 2.8.

Quadro 2.8– Principais usos do BIM

FASES	USOS	
Projeto	Concepção do projeto Documentação do projeto Visualização do projeto Compatibilização dos projetos Avaliação de critérios de sustentabilidade	Análise de eficiência energética Análises de engenharia Extração de quantitativos Revisão de projetos
Construção	Planejamento da logística de canteiro Planejamento e controle 4D Gestão de custos	Coordenação 3D Pré-fabricação Prototipagem
Operação e Manutenção	Programação de manutenção preventiva Análise dos sistemas do edifício Gerenciamento do edifício	Gerenciamento dos espaços Plano de evacuação do edifício Modelo consolidado ou final

Fonte: CICRP (2012)

Deste modo, através da utilização do BIM podem-se gerar vários benefícios em todo o ciclo de vida do empreendimento. Eastman *et al.* (2014) relata que os principais benefícios encontrados com a adoção da tecnologia são:

- Aumento da qualidade e do desempenho da construção: Com uma avaliação cuidadosa do esquema proposto pode-se verificar se ele cumpre os requisitos funcionais e de sustentabilidade da construção.
- Visualização antecipada e mais precisa de um projeto: Um modelo BIM é projetado diretamente em vez de ser gerado a partir de múltiplas vistas 2D.
- Correções automáticas de baixo nível quando mudanças são feitas no projeto: Como os objetos utilizados no projeto seguem regras paramétricas, pequenas mudanças realizadas no projeto são refletidas automaticamente em todas as vistas dos projetos.
- Geração de desenhos 2D precisos e consistentes em qualquer etapa do projeto: Podem ser extraídos de qualquer conjunto de objetos e vistas de um empreendimento, desenhos precisos e consistentes, reduzindo tempo e a geração de erros para elaboração de desenhos.
- Colaboração antecipada entre múltiplas disciplinas de projeto: O BIM pode proporcionar o trabalho simultâneo de múltiplas disciplinas de projeto.
- Verificação facilitada das intenções de projeto: O BIM proporciona visualizações 3D antecipadas, quantificação de áreas dos espaços, quantificação de matérias e estimativas de custos mais cedo e mais

precisas, facilitando as avaliações dos requisitos de intenção do projeto.

- Extração de estimativas de custo durante a etapa de projeto: Extração de estimativas de custo durante a etapa de projeto.
- Incrementar a eficiência energética e a sustentabilidade: A possibilidade de vinculação do modelo da construção a ferramentas de análises permite várias oportunidades para o melhoramento da qualidade da construção.
- Sincronização de projeto e planejamento da construção: O planejamento a partir do BIM permite simular o processo de construção e mostrar a aparência da edificação e do canteiro em qualquer ponto no tempo permitindo uma compreensão sobre como a construção será realizada dia a dia e revela fontes de potenciais problemas e oportunidades de melhorias.
- Descoberta de erros de projeto e omissões antes da obra: Como o modelo virtual 3D da construção é a fonte para todos os desenhos, a maioria dos erros de projetos são eliminados. Também com a possibilidade de serem colocados juntos e comparados os sistemas de todas as disciplinas, proporcionando uma verificação sistemática de conflitos entre as interfaces dos múltiplos sistemas.
- Reação rápida a problemas de projeto ou do canteiro: Modificações de projetos podem ser resolvidas com mais rapidez em um sistema BIM, pois podem ser compartilhadas, visualizadas, estimadas e resolvidas sem o uso de transações demoradas em papel.
- Uso do modelo de projeto como base para componentes fabricados: Um objeto se estiver em um nível de detalhamento de fabricação pode ser fabricado automaticamente se utilizando de máquinas de controle numérico.
- Melhor implementação e técnicas de construção enxuta: O BIM fornece um modelo preciso do projeto e dos recursos materiais requeridos para cada segmento de trabalho, proporcionando a base para uma melhoria

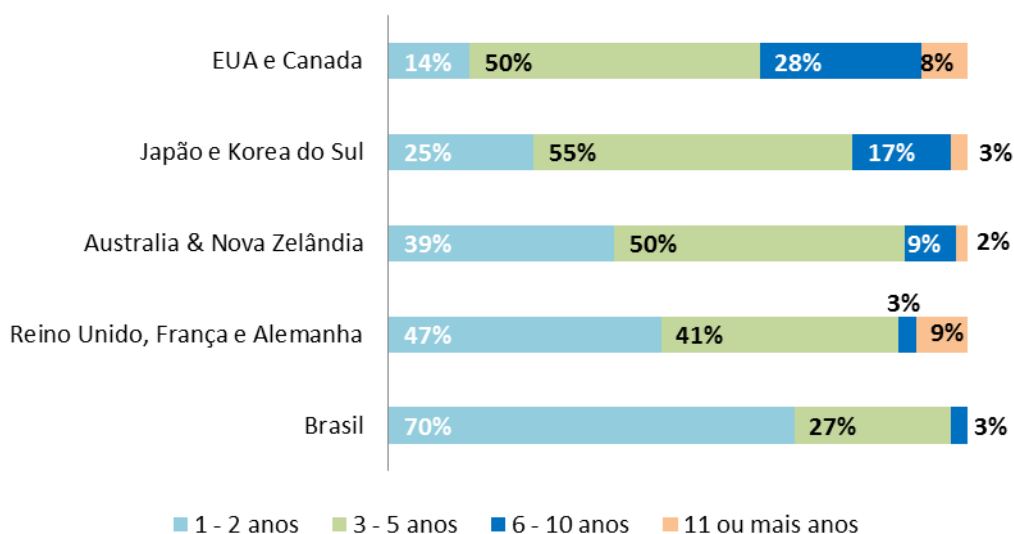
no planejamento, podendo contribuir para a aplicação de técnicas de construção enxuta.

- Sincronização da aquisição de materiais com o projeto e a construção: O modelo da construção proporciona quantidades precisas para todos os materiais e objetivos de uma construção, assim estas quantidades podem ser usadas para aquisição de materiais e serviços.
- Melhor gerenciamento e operação das edificações: O modelo da construção proporciona uma forte fonte de informação para todos os sistemas usados em uma construção, estas informações podem ser usadas para melhorar a operação das edificações.
- Integração com sistemas de operação e gerenciamento de facilidades: Um modelo as-built é um fonte precisa de informações sobre como os espaços e sistemas foram construídos e fornecem um ponto de partida muito útil para o gerenciamento e a operação da construção.

2.4.4 BIM para Construtoras

A adoção do BIM por empresas construtoras vem aumentando com o passar dos anos. Um estudo realizado pela McGraw-Hill Construction (2013) relata que este crescimento de utilização do BIM é constante nos principais mercados mundiais da construção, como é apresentado na Figura 2.8.

Figura 2.8 – Período de tempo em que construtores estão utilizando o BIM (por localidade)



Fonte: Adaptado de McGraw-Hill Construction, 2013, p.8

A pesquisa apresenta que o BIM está atingindo a maturidade de utilização nos países da Europa e América do Norte, pois nestas localidades foram encontradas empresas com maior tempo de utilização do BIM, obtendo percentuais de empresas com mais de 11 anos de 8% e 9%, respectivamente. Também foi observado que um grande número de construtoras está trabalhando com BIM entre um e dois anos, dado principalmente constatado no Reino Unido. Isso foi verificado em decorrência do recente mandato governamental que forçam as empresas a adotarem o BIM para obras públicas.

Este aumento na adoção é justificado pelas inúmeras vantagens que o BIM traz para a construção, permitindo poupar tempo e dinheiro. Eastman *et al.* (2014) relatam que a principal vantagem do BIM é a participação antecipada de todos os envolvidos no empreendimento, possibilitando uma coordenação ativa do construtor. Para McGraw-Hill Construction (2013) as principais vantagens relatadas em seu estudo são: redução de erro e omissões em projeto; melhoramento da imagem da organização, redução de retrabalho; redução do custo da construção; melhor controle da relação custo/previsão e redução da duração total do projeto.

Estas vantagens são alcançadas devido às varias formas de utilização do BIM. Desta forma, as principais aplicações do BIM para construtores são (EASTMAN *et al.*, 2014):

- Detecção de interferências: As ferramentas de detecção automática de interferências geométricas permitem que os construtores verifiquem conflitos de maneira seletiva entre sistemas especializados baseando-se em semântica e regras para identificar conflitos qualificados e estruturados.
- Levantamento de quantitativos e estimativas de custo: As ferramentas BIM fornecem recursos para extração de quantidades de componentes, áreas, volumes e quantidades de materiais, reportando essas informações em tabelas, facilitando a elaboração de estimativas de custos.
- Análise e planejamento da construção: O BIM permite que o planejamento da construção se conecte com a geometria 3D, entidades ou grupos de entidades presentes no modelo, facilitando a

comunicação, a contribuição de múltiplas partes interessadas, à logística do canteiro, a coordenação de disciplinas e a comparação entre cronogramas (modelagem 4D).

- Integração com controle de custos e cronogramas: Muitas são as ferramentas e processos usados pelos gestores para administrar e informar o estágio do empreendimento, e esses sistemas dependem de informações contidas no projeto. Deste modo, ferramentas BIM são vitais para essas tarefas, já que o modelo é um repositório de informações (modelagem 5D).
- Pré-fabricação externa: O BIM estimula a fabricação de componentes fora do canteiro de obras, pois oferece a capacidade de registrar diretamente os detalhes de um componente, incluindo sua geometria 3D, especificação de materiais, requisitos de acabamento, sequência de entrega e datas, antes e durante o processo de fabricação.
- Verificação, direta e rastreamento de atividades: Técnicas estão sendo desenvolvidas para dar suporte a verificações de campo, orientações para layouts e rastreamento de instalações, alguns exemplos são: tecnologias de escaneamento a laser, tecnologia de orientação automática, tecnologia GPS - *Global Positioning System* e etiquetas RFID - *Radio-Frequency IDentification*.

Para que estas aplicações tenham resultados efetivos, os modelos 3D têm que ser produzidos de forma integrada e conter os dados necessários para as outras etapas do empreendimento, ou seja, é importante que o modelo seja criado de modo a atender às necessidades das etapas posteriores, como por exemplo, a fase de planejamento e orçamento (NAKAMURA, 2014).

Desta forma, as funções pelas quais um modelo irá atuar determina o nível de detalhes que o mesmo deva possuir, necessitando de maturidade e evolução das informações que vão percorrer as fases de desenvolvimento do projeto até a execução da construção (EASTMAN et al., 2014). De acordo com Bedrick (2008), os níveis de desenvolvimento do modelo devem seguir uma forma lógica de evolução indo de um nível mais baixo na fase inicial de projeto até um nível alto de precisão e representação na fase de construção, fabricação e operação.

Os níveis de desenvolvimento foram instituídos pela *American Institute of Architects Califórnia* (AIA) em 2008 através do protocolo E 202. Assim, todos os modelos devem seguir uma mesma classificação padrão, independente de softwares, e determinada na *National Building Information Model Standards* (NBIMS). A NBIMS descreve os níveis de desenvolvimento como *Level Of Development* (LOD), distribuídos em cinco níveis progressivos que vão de 100 até 500 e servem para identificar os requisitos de conteúdo para cada modelo. Os níveis estão descritos no Quadro 2.9 a seguir.

Quadro 2.9 – Níveis de desenvolvimento

NÍVEIS DE DESENVOLVIMENTO	DESCRIÇÕES
Nível Conceitual (100)	É equivalente à fase inicial de concepção ou estudo volumétrico do projeto; podendo realizar algumas análises de construção, tais como: definir a forma inicial da edificação, a orientação do edifício e o seu custo por metro quadrado.
Nível de geometria aproximada (200)	É comparado à fase de concepção esquemática do projeto e possui parte da sua geometria já definida, com quantitativos aproximados, tamanho e formas pré-definidos. Há a representação parcial das instalações prediais, sendo que nessa fase a orientação do edifício e sua localização já estão definidas.
Nível de geometria precisa (300)	O projeto já está praticamente definido, possuindo a especificação dos materiais, os quantitativos já precisos e refletindo o que será construído no canteiro.
Nível de Fabricação (400)	O modelo está pronto para a construção e fabricação. Os detalhes do cronograma de obras devem estar vinculados ao modelo, que reflete o processo relativo da montagem da obra. Esta fase permite simulações precisas e processos de manufatura dos componentes.
Nível de as-built (500)	Reflete como o modelo foi construído e é considerado ideal para a realização de reformas, manutenção e operação.

Fonte: National Building Information Model Standards (NBIMS), 2007.

Desta maneira, cada organização deve estipular o LOD de cada componente do modelo de acordo com objetivo de uso que se almeja chegar com o modelo. Por exemplo, se a finalidade do modelo é a extração de quantitativos, projetistas e orçamentistas devem determinar o nível de desenvolvimento dos componentes do modelo, estabelecendo padrões para os mesmos e para seus atributos de forma a obter todas as informações e atingir o nível de rigor necessário para a orçamentação Eastman *et al.* (2014).

2.4.4.1 Modelagem 4D

A vinculação do modelo 3D da edificação com o planejamento recebe a nomenclatura de modelagem 4D, se caracterizando basicamente pela compilação

entre os modelos tridimensionais e o tempo que pode ser o tempo real, planejados ou das conclusões de elementos (KYMMELL, 2008). Desta maneira, é possível fazer a análise e planejamento da construção, possibilitando realizar simulações esquemáticas da sequência de execução, identificar prós e contras de cada plano de ataque, tornando mais fácil a visualização de todo o processo construtivo.

Essa abordagem permite um aperfeiçoamento de atividades baseadas no seu posicionamento no projeto e taxas de produtividade, ajudando a eliminar ciclos de início e fim dentre tarefas, tornando o processo de construção mais contínuo (KYMMELL, 2008).

Assim, segundo Diogo Linhares em entrevista concedida a Revista *Téchne*, a diferença entre a abordagem de planejamento tradicional e a praticada com a modelagem 4D, é possibilidade de antecipação de decisões que antes eram deixadas para um segundo momento e agora passam a ser pautadas na etapa de projeto, como é o caso da logística de canteiro e a simulação de conflitos entre serviços (NAKAMURA, 2014).

Na mesma reportagem, Marcelo Pulcineli expôs que a modelagem 4D trazem ganhos significativos para as obras com sistemas construtivos industrializados, pois possibilita o dimensionamento das operações dos equipamentos de movimentação de materiais (exemplo grua) e melhora a programação da entrega dos elementos pré-fabricados (NAKAMURA, 2014).

Mas, segundo Leonardo Manzione, o BIM atribui vários benefícios à atividade de planejar, mas ele por si só não faz milagres, a equipe de planejamento e de obra tem que ser capacitadas, onde juntas possam desenvolver um sistemas de produção que permita observar os fluxos de material e de transporte se utilizando da visualização 3D, buscando otimiza-los a partir da organização das atividades por seu fluxo de valor e não exclusivamente pelo encadeamento cronológica (NAKAMURA, 2014).

Desta forma, o BIM proporciona com a modelagem 4D a visualização do planejamento do empreendimento sobe a ótica espacial, possibilitando simulações do plano de ataque e de cenários, facilitando a visualização dos fluxos no canteiro e otimizando a utilização dos equipamentos de movimentação de materiais e de segurança (SILVEIRA *et. al.*, 2006).

2.4.4.2 Modelagem 5D

Segundo Eastman *et al.* (2014), a principal contribuição do BIM para a orçamentação é a extração automática de quantitativos dos componentes de uma edificação. Desta forma, é evidenciado o ganho de tempo no processo de orçamentação, pois de acordo com Shen e Issa (2010), uma quantidade expressiva de tempo é consumida com a interpretação, visualização, elucidação dos desenhos e especificação, e com a estimativa das quantidades de material e serviços em uma orçamentação tradicional.

Witicovski e Scheer (2011) afirma que o levantamento de quantitativos poderia ser formatado se levando em consideração a periodicidade estabelecida para o controle de custos, obtendo o orçamento para cada período desejado, gerando de acordo com cada serviço uma lista de materiais para um determinado período.

Com esse intuito e com o auxílio da extração automática de quantitativos se idealizou a modelagem 5D, que é caracterizada por acrescentar o custo à modelagem 4D. Tendo como principal objetivo obter o custo ligado ao tempo de execução do empreendimento, aumentando a precisão durante a construção, tendo menos desperdício de tempo e de materiais, e redução da quantidade de alterações durante a execução das obras devido a maior conciliação das especialidades (AZEVEDO, 2009).

A vinculação do modelo 3D com o planejamento e o custo permite uma melhor definição do planejamento. Assim, tem-se a possibilidade de estabelecer uma maior precisão da quantidade de cada serviço a ser executado, permitindo a simulação de cenários de prazo e custo. Outro benefício importante é a fácil rastreabilidade de qualquer alteração de projeto traz ao prazo e aos custos da obra, auxiliando na tomada de decisão (NAKAMURA, 2014).

2.4.4.3 BIM e controle

Segundo Eastman *et al.* (2014), a inserção do BIM no campo do controle ainda está em fase de iniciação, tendo como base a combinação de verificação do andamento dos processos de execução dos serviços de forma tradicional com atualização ou revisões do modelo para detecção de passíveis erros em campo. Mas

segundo o mesmo autor, técnicas sofisticadas estão sendo desenvolvidas para dar suporte às verificações em campo, como:

- Tecnologia de escaneamento a laser: as organizações podem se utilizar desta tecnologia para auxiliar a gestão da qualidade, através da conferência de medidas se utilizando dos equipamentos a laser e enviando as informações obtidas diretamente no modelo BIM. A tecnologia também pode ser utilizada para obtenção de dados para elaboração de modelos as-built.
- Tecnologia de orientação automática: empresas especializadas em terraplanagem podem utilizar equipamentos orientados com informações extraídas diretamente do modelo.
- Tecnologia GPS (*Global Positioning System*): as construtoras podem conectar o modelo da edificação ao sistema de posicionamento por satélite para verificação de sua localização, trazendo benefícios para obras de rodovias por exemplo.
- Etiquetas RFID (*Radio Frequency Identification*): As entregas de componentes e sua instalação na obra podem ser facilmente rastreadas através das etiquetas de identificação por radiofrequência (RFID) fornecendo informações importantes as empresas sobre o progresso da obra.

A evolução do BIM no campo esta diretamente condicionada a utilização de dispositivos móveis e elaboração de melhores formas de difusão das informações extraídas dos modelos BIM aos colaboradores do canteiro, contribuindo para um melhor entendimento dos serviços que serão executados e retroalimentação dos modelos com dados de campo (EASTMAN *et al.*, 2014).

2.4.5 Barreiras para a adoção

A mudança de paradigma ocasionada pela utilização dos sistemas BIM ao invés dos sistemas CAD tradicionais ainda esbarram em desafios a serem superados. Eastman *et al.* (2014) descreve cinco desafios encontrados pelas empresas, são eles: a colaboração entre as equipes, formas legais de propriedades e produção dos documentos, a implantação dos sistemas e a interoperabilidade.

Segundo Manzione (2013), profissionais e empresas obtiveriam melhores resultados se trabalhassem de forma colaborativa, mas essa efetividade de colaboração ainda não obtida em decorrência de uma barreira cultural que ainda tens que ser modificada na indústria de AEC. No setor de AEC prevalece a mentalidade de silos de conhecimento formado por cada agente, onde as trocas de informação são baseadas em documentos, de forma desordenada e com pouca inteligência, tomando decisões de maneira autônoma, sem participação multidisciplinar e ofuscando uma maior compreensão holística.

Para Luiz Augusto a necessidade de uma maior colaboração e integração entre as equipes de um empreendimento leva uma empresa a rever todos os seus processos internos, pois o que cada equipe faz não deve ter como foco só o resultado individual da equipe e sim pensar no conjunto como um todo (NAKAMURA, 2014).

Outra questão que surge com a elaboração de projetos em BIM se refere à propriedade do modelo, ou seja, a quem pertence o modelo ao final de um trabalho colaborativo e integrado. Deste modo, surge a necessidade de se buscar novas soluções legais para os aspectos de propriedade e de responsabilidade do modelo. Os contratos devem garantir os direitos de autoria aos projetistas, mas possibilitar o acesso ao modelo por todos os agentes do processo e permitir constantes atualizações do modelo durante o ciclo de vida da edificação com a inserção de novas informações (KYMMELL, 2008).

A forma de implantação da tecnologia também é um fator que tem sido dada relativa importância, pois contempla uma considerável quantia monetária. A etapa de implantação não se caracteriza por ser uma mera substituição de softwares, treinamento e atualização de hardware, para o uso pleno do BIM há a necessidade que as empresas remodelem vários aspectos de negócios, necessitando de um planejamento estratégico rigoroso para a implantação (EASTMAN *et al.*, 2014).

O desenvolvimento de um empreendimento, desde o projeto a construção, é um processo complexo e caracterizado por ser desenvolvido por atividades de grupos, onde cada um tem a sua especialidade. A efetiva comunicação e troca de dados entre os grupos de aplicações, denominada interoperabilidade, é de muita importância para se atingir a plena cooperação entre as diversas disciplinas (EASTMAN *et al.*, 2014). A interoperabilidade elimina a inserção manual de dados

na transferência de informações entre aplicações, diminuindo a ocorrência de erros humanos e proporcionando um fluxo de dados mais eficiente.

2.4.6 *Industry Foundation Classes (IFC)*

A fragmentação da indústria AEC aliada à adoção de tecnologia de forma heterogênea são um empecilho para a interoperabilidade nos processos da construção. Porém, o BIM permite otimizar alguns processos em empreendimentos de construção, reduzindo a variabilidade presente na atividade. No entanto, para isso é necessário que os dados de modelos BIM sejam legíveis, editáveis e compartilhados entre os diversos sistemas durante todas as fases de uma edificação, demonstrando que a interoperabilidade é um fator primordial para o pleno funcionamento da abordagem BIM (ANTUNES, 2014).

A partir desta necessidade surgiu o *Industry Foundation Classes (IFC)*, um padrão de dados aberto que busca a interoperabilidade de software na indústria AEC. O IFC é administrado atualmente pelo consórcio *BuildingSMART*, que tem como visão a sustentabilidade através de uma construção mais inteligente, melhorando a partilha de informações e a comunicação no ciclo de vida da edificação, dando ênfase aos processos de construção integrados (BUILDINGSMART, 2012).

Segundo Ferreira (2005), o padrão IFC é subsidiado pelo paradigma da orientação a objetos, sendo caracterizado de forma hierárquica por uma variedade de classes de objetos, possibilitando a representação dos diversos componentes, produtos, processos e agentes que englobam o ciclo de vida da edificação. Desta maneira, o autor descreve que a arquitetura do IFC foi desenvolvida adotando os seguintes cuidados e objetivos:

- Proporcionar uma estrutura modular ao modelo;
- Proporcionar uma infraestrutura para o compartilhamento de informações entre diferentes temas da indústria de AEC;
- Facilitar a manutenção e o desenvolvimento contínuos do modelo;
- Permitir aos modeladores de informação a reutilização dos componentes do modelo;

- Permitir aos autores de software a reutilização dos componentes de software;
- Facilitar a provisão de uma melhor compatibilidade entre as versões.

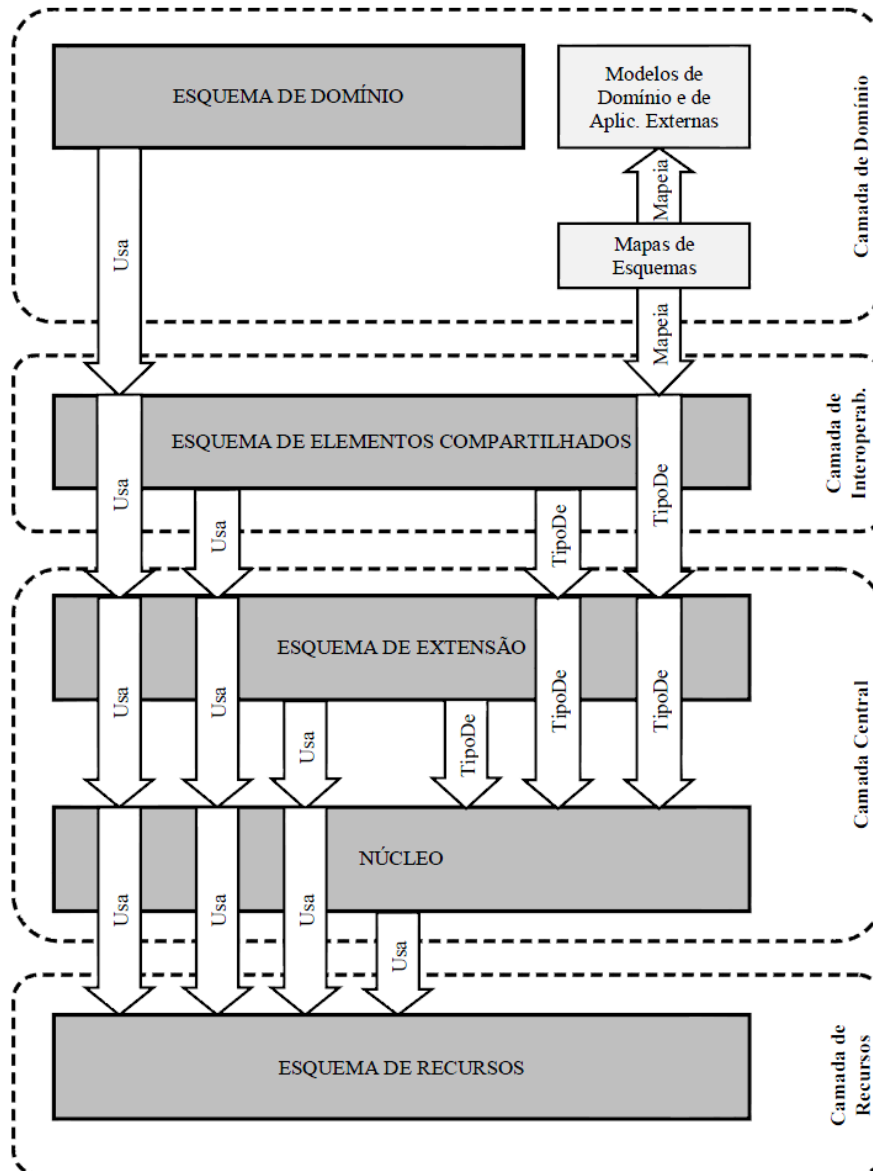
Para atender esses objetivos, o modelo IFC é composto por quatro camadas conceituais: domínio, interoperabilidade, central e recursos. As camadas são compostas por um conjunto de estruturas modulares para o desenvolvimento dos componentes do modelo, como apresentado na Figura 2.9 (FERREIRA, 2005; Antunes, 2014; BuildingSMART, 2012).

Segundo a BuildingSMART (2012), a camada de domínio é responsável por proporcionar os detalhes dos requisitos do escopo de um processo ou de uma aplicação da indústria de AEC. Ou seja, é na camada que são determinadas as classes que representam os elementos de contato com os agentes do processo, como por exemplo: arquitetura, estruturas, sistemas elétricos, etc.

A camada de interoperabilidade, ou também chamada de elementos compartilhados, é responsável por conectar os conceitos ou classes que são comuns a dois ou mais domínios. Deste modo, temas com características de compartilhamento são tratados nesta camada, como por exemplo: serviço, elementos espaciais, construção, gerenciamento, etc. (BUILDINGSMART, 2012).

Já a camada central é responsável por proporcionar a estrutura básica do modelo de objetos IFC e definir os conceitos gerais que serão particularizados nas camadas superiores (BUILDINGSMART, 2012). A camada é dividida em dois esquemas, o núcleo que contém todos os conceitos básicos necessários para os modelos IFC, e as extensões do núcleo que disponibiliza as extensões dos conceitos definidos no núcleo.

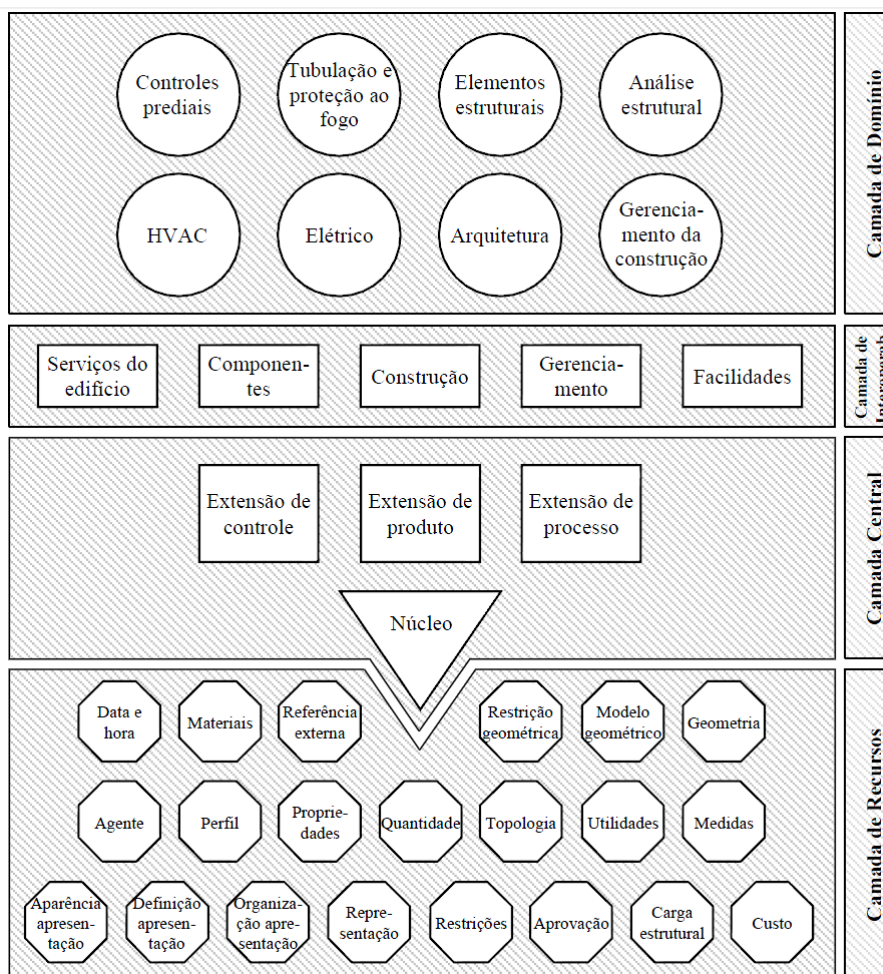
Figura 2.9 – Princípios das camadas da Arquitetura do padrão IFC



Fonte: Antunes, 2014, p. 42

De acordo com a BuildingSMART (2012), a camada de recursos, a de nível mais baixo na arquitetura do modelo IFC, é composta pelas classes de uso geral, conceitos ou objetos de nível inferior, independentes de aplicação ou de uma necessidade do domínio, mas sua existência é condicionada a outras classes que a utilizam. A Figura 2.10 traz o modelo IFC com os conjuntos de classes de cada camada (FERREIRA, 2005; Antunes, 2014; BuildingSMART, 2012).

Figura 2.10 – Componentes do IFC



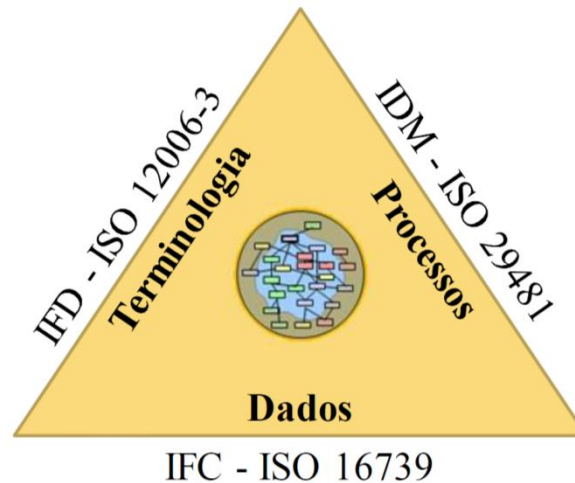
Fonte: Antunes, 2014, p. 43

Com essa arquitetura o IFC busca organizar as informações que são importantes para o trabalho compartilhado ou para a interoperabilidade entre aplicações da indústria AEC, contribuindo para que várias aplicações utilizem a mesma base de dados, a mesma estrutura de informação e uma mesma linguagem de descrição de objetos e relações (FERREIRA, 2005).

Segundo Laakso e Kiviniemi (2012), para que ocorra um fluxo integrado e contínuo de trabalho, três fatores devem ser atendidos: formato em que a informação é trocada, entendimento comum com relação ao significado da informação trocada e a definição de quais informações devem ser trocadas e em qual momento. Esses fatores são contemplados pelo IFC, pois o mesmo é responsável pelo armazenamento digital, pelo suporte ao mapeamento dos processos da construção e pela terminologia dos elementos de projeto. O suporte ao mapeamento é realizado através do *Information Delivery Manual* (IDM) e a

terminologia é determinada através do *International Framework for Dictionaries* (IFD). Para a BuildingSMART (2012), a base da modelagem da informação da construção são o IFC, o IDM e o IFD, como descrito na Figura 2.11.

Figura 2.11 – Base da modelagem da informação



Fonte: Antunes, 2014, p. 42

2.4.6.1 *International Framework for Dictionaries* (IFD)

A necessidade de se ter uma terminologia global padronizada para a indústria AEC foi discutida pela primeira vez em reuniões da ISSO em Vancouver no ano de 1999. As organizações envolvidas no desenvolvimento de padrões, presentes à reunião, verificaram a necessidade de se obter um vocabulário controlado para as terminologias empregadas na construção de forma a não depender do idioma utilizado, facilitando a troca de informações entre os agentes envolvidos em um determinado projeto (BUILDINGSMART, 2008).

Segundo Sacks *et. al.* (2010), uma das principais dificuldades para troca ou compartilhamento de dados é atribuída a perda derivada da tradução do significado semântico para as informações trocadas. Ou seja, por exemplo, se dois sistemas de softwares atribuem nomenclaturas e conceitos diferentes a um determinado elemento, a comunicação entre eles seria prejudicada.

Desta maneira surgiu o *International Framework for Dictionaries* (IFD), com os seguintes objetivos (BUILDINGSMART, 2008):

- Gerenciar e desenvolver uma biblioteca IFD aberta, internacional e multilíngue, baseada nos princípios da norma ISO 12006-3 – *Framework for Object-oriented Information Exchange*;
- Estabelecer e operar o IFD como componente da BuildingSMART, sendo uma entidade sem fins lucrativos, porém autossustentável;
- Dar suporte para a implementação da tecnologia BuildingSMART na indústria da construção mundial, através da extensão do padrão IFC e a integração do IFC com o IDM.

Segundo Antunes (2014), o IFD pode ter três entendimentos distintos, como um dicionário multilíngue, como um mecanismo de mapeamento e também como uma ontologia. Como dicionário, o IFD é entendido como um mecanismo onde o conceito é algo separado dos nomes e idiomas, suas ligações são estabelecidas através de relacionamento. Como mecanismo de mapeamento, o entendimento do IFD se dá por mapear as propriedades referentes a um conceito ou elemento. O IFD é entendido como ontologia pelo fato de buscar compreender o relacionamento existente entre os vários conceitos existentes dentro do próprio IFD.

2.4.6.2 *Information Delivery Manual (IDM)*

De acordo com Antunes (2014), o BIM só terá seu uso efetivo e popularizado quando a comunicação, a troca e o compartilhamento de informações entre os vários participantes do processo construtivo forem feitos de forma confiável, disponibilizando dados no tempo certo e com adequada qualidade. Para que isso ocorra deve ser conhecido de forma adequada o fluxo de atividades e de informação.

Segundo Sacks *et. al.* (2010), o IFC não é suficiente para transferir e compartilhar dados do edifício, sendo necessários padrões adicionais de modelagem. Esses padrões devem prescrever os subconjuntos de informações que são trocados em qualquer etapa de um fluxo de trabalho do projeto, a fim de obter a informação precisa das partes, e quais objetos e atributos que devem ser utilizados em cada troca para representar essa informação. Desta forma, o IDM surge como um método que propõe mapear os processos que incidem na indústria AEC, evidenciando os participantes envolvidos, apresentando os requisitos de

informações para estes e expondo as partes do IFC que dão suporte a tais requisitos (ANTUNES, 2014).

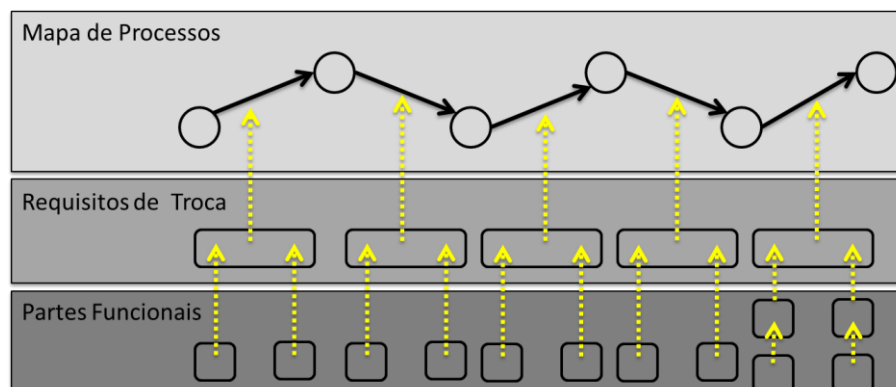
Segundo a BuildingSMART (2010), o IFC se comporta como uma referência de todas as informações necessárias ao ciclo de vida de uma edificação. Mas como a indústria da construção é fragmentada em vários agentes, todos com sua parcela particular de contribuição ao desenvolvimento do empreendimento e em fases distintas, não se faz necessário à troca ou compartilhamento da totalidade das informações e sim de uma parcela específica. Deste modo, se evidencia a importância do IDM no contexto do BIM.

A BuildingSMART (2010) expõe que o IDM procura ser a base para troca de informações características a uma determinada fase do projeto e aponta os seguintes aspectos:

- Onde um processo se encaixa e por que ele é relevante;
- Quem são os agentes criadores, consumidores e que se beneficiam das informações;
- Quais informações são criadas e consumidas;
- Como soluções de software devem dar suporte a tais informações.

Para dar fundamentação à apresentação destes aspectos, o IDM é estruturado em três partes, o mapa de processos, os requisitos de troca e as partes funcionais, como apresentado na Figura 2.12 (MONDRUP *et. al.*, 2012).

Figura 2.12 – Arquitetura do IDM



Fonte: Adaptado de Mondrup *et. al.* (2012)

Desta forma, a BuildingSMART (2010) acredita que o IDM proporcionará ao IFC uma aproximação aos processos construtivos. Contribuindo para uma maior adesão do BIM pelas empresas e trazendo benefícios para os usuários de BIM e para os desenvolvedores de softwares. Dentre os benefícios estão:

- a) O IDM propicia aos usuários de BIM uma definição clara dos processos construtivos, dos requisitos de informação imprescindíveis para o fluxo contínuo dos processos e de seus resultados almejados, proporcionando:
 - Confiáveis trocas de informações entre os agentes do projeto;
 - Aumento na qualidade dos dados;
 - Aumento na qualidade na tomada de decisão;
 - Aumento de eficiência no desenvolvimento de projetos em BIM.
- b) O IDM propicia aos desenvolvedores de software uma descrição e definição dos arranjos funcionais dos processos construtivos e as competências que o IFC deve suportar, proporcionando:
 - Melhor resposta às necessidades do usuário;
 - Trocas de informação com qualidade garantida;
 - Possibilidade de reuso dos componentes de software.

Através do entendimento das necessidades destes dois beneficiários, surgem duas visões um pouco distintas para elaboração de um IDM. Uma desenvolvida pela BuildingSMART (2010) que tem como principal foco os desenvolvedores de software, e a desenvolvida por Eastman *et. al.* (2010) que tem como foco os usuários de BIM.

A abordagem defendida pela BuildingSMART (2010) dá ênfase aos requisitos de troca, que são as informações necessárias para um determinado processo, e as partes funcionais, elementos de softwares que dão suporte para o compartilhamento das informações. Eastman *et. al.* (2010) destacam os casos de uso, que são descrições detalhadas do contexto e conteúdo das trocas de informações entre os usuários. Ou seja, um caso de uso apresenta um conjunto de informações que tem a necessidade de ser trocada em determinado momento, onde os casos de usos são uma parcela de um processo maior, denominado de mapa de processo. Desta forma

o Quadro 2.10 apresenta os componentes do IDM de acordo com as duas abordagens

Quadro 2.10 – Componentes do IDM


















Abordagem BuildingSMART (2010)		Abordagem Eastman <i>et. al.</i> (2010)	
Componente	Descrição	Componente	Descrição
Mapa de processos	É o delineamento do fluxo de atividades contido dentro do limite de um tópico particular, esclarecendo o trabalho empregado, os atores e as atividades necessárias, produzidas e consumidas.	Mapa de processo	Pode ser atribuída a mesma descrição da abordagem da BuildingSMART.
Requisito de troca	É um conjunto de informações que tem a necessidade de ser compartilhada para embasar um processo em determinada fase do projeto, estabelecendo a conexão entre os processos e dados.	Modelo de troca	Apesar da nomenclatura diferente, pode ser atribuída a mesma descrição da abordagem da BuildingSMART.
Parte funcional	É uma unidade de informação exigida para o compartilhamento de dados, tendo como ênfase as ações individuais que são realizadas dentro de um processo de negócio. As partes funcionais descrevem o uso de cada entidade, atributo e o conjunto de propriedades importantes para cada troca de informação.	Objetos de troca	São as definições das informações que precisam ser trocadas ou compartilhadas entre os participantes e elaboradas de forma a facilitar a compreensão de todos os especialistas da indústria.
Modelo de requisito de troca	É o conjunto de partes funcionais que dão embasamento ao respectivo requisito de troca.		
Regras de negocio	É a descrição das operações, definições e restrições que podem ser atribuídas a um conjunto de dados de um processo.		

Fonte: BuildingSMART (2010) e Eastman *et. al.* (2010)

Com diferenciação dos componentes utilizados para elaboração do IDM a partir das duas abordagens pode-se perceber que apesar de terem os mesmos objetivos, as abordagens apresentam pontos de vistas diferentes com relação à informação gerada com o IDM.

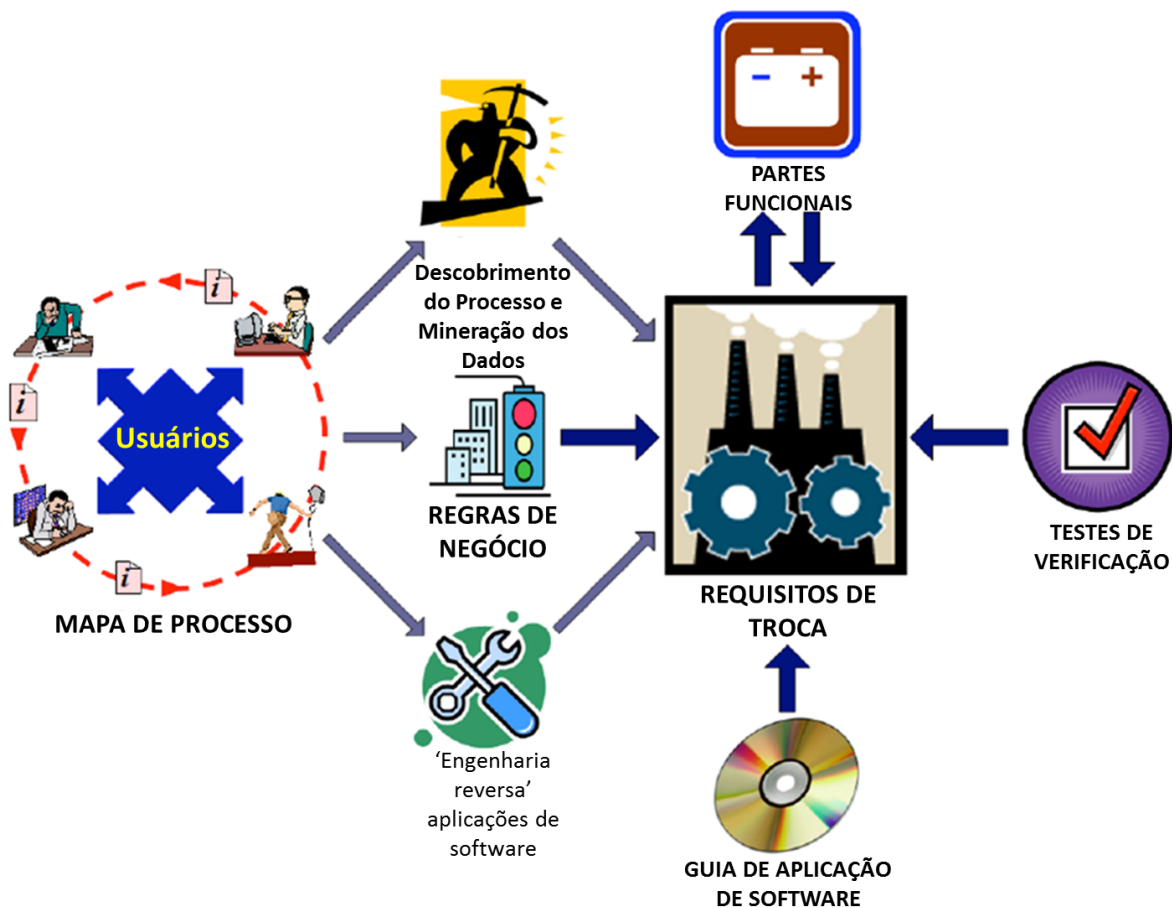
Apesar de serem óticas diferentes, utilizam a mesma notação para o desenvolvimento do mapa de processos, a *Business Process Modeling Notation* (BPMN) elaborada pela *Object Management Group* (OMG). O BPMN tem por objetivo fornecer uma representação de fácil compreensão entre todos os usuários de negócios, criando uma ponte padronizada entre o desenho do processo de negócios e a implementação do processo (OMG, 2014). Segundo a OMG (2014) os principais elementos do BPMN são (Quadro 2.11):

Quadro 2.11 – Formas básicas do BPMN

Notação / Elemento	DESCRIÇÃO
Objetos de Fluxo	
 Início do Evento	Indica onde um determinado processo será iniciado..
 Evento Intermediário	Ocorrem durante o processo.
 Fim do Evento	Indica onde um processo será finalizado.
 Tarefa	É uma atividade incluída dentro de um processo.
 Gateway	Controlam a divergência e a convergência do Fluxo de Sequência e geralmente decisões sobre modelos. Determinar a ramificação, bifurcação, fusão, e junção de caminhos.
	Gateway paralelo: um gateway que cria caminhos paralelos. Ícones dentro da forma do Gateway indicam o tipo de comportamento do controle de fluxo.
 Subprocesso Recolhido	É uma atividade cujos detalhes não estão visíveis no diagrama.
 Subprocesso Expandido	É uma atividade cujos detalhes estão visíveis dentro de seu limite.
Objetos de Conexão	
 Fluxo de Sequência	É usado para mostrar a ordem (sequência) em que as atividades em um processo ocorrerão.
 Fluxo de Mensagens	É usado mostrar a comunicação entre duas entidades.
 Associação	É usada para mostrar uma relação entre informações e os objetos do fluxo.
Partições / Raias	
 Pool / Raia	Organizam as atividades em categorias visuais separadas. Pool (partição) representa uma organização. Raia representa um departamento da organização.
Artefatos	
 Objeto de Dados	Fornecem informações sobre os dados criados ou usados por atividades no processo.
 Anotação de Texto	Texto para o fornecimento de informações adicionais. Pode ser associado com quaisquer elementos gráficos do BPMN.
 Grupo	Usados para fazer uma associação conceptual entre vários elementos.
 Mensagem	Representa uma comunicação entre dois participantes.
 Repositório de Dados	Fornecer um mecanismo para que Tarefas ou Subprocessos recuperem ou atualizem informações armazenadas que persistirão após a conclusão do processo.

De acordo com a BuildingSMART (2010), existem três processos de desenvolvimento de um IDM, são eles: descobrimento de processos e mineração de dados, localização das regras de negócio e engenharia reversa. Todos contemplam a criação de todos os componentes de um IDM e tem como principais objetivos a compreensão dos requisitos para troca e compartilhamento de informações e o desenvolvimento de um modelo de objeto e de desenvolvimento de software que cumpram os requisitos necessários aos usuários. A Figura 2.13 ilustra como para a BuildingSMART (2010) os requisitos de troca são importantes, pois eles são estabelecidos como o centro do processo de desenvolvimento e as metodologias e os outros fatores são o suporte para este se alcançar este objetivo.

Figura 2.13 – Requisitos de troca

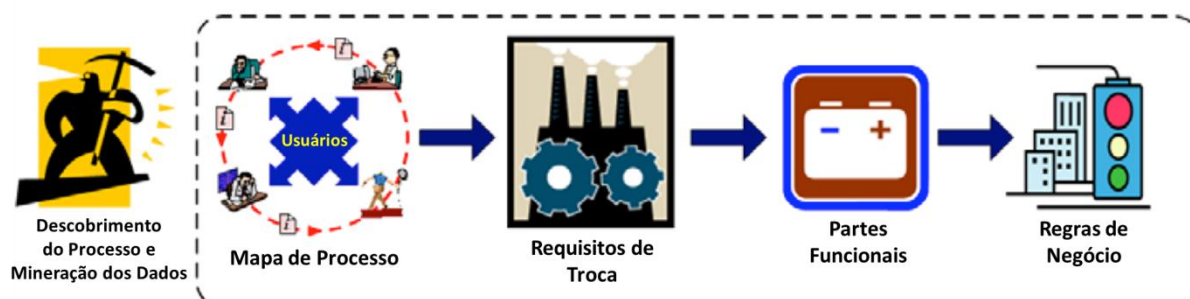


Fonte: Adaptado de BuildingSMART, 2010, p. 47

A BuildingSMART (2010) expõe que a metodologia de descobrimento de processos e mineração de dados é o processo mais convencional de desenvolvimento do IDM, onde se assume que não há presença inicial de software

ou outros requisitos de troca. A Figura 2.14 descreve a sequência linear da metodologia.

Figura 2.14 – Sequência de descobrimento do processo e mineração dos dados



Fonte: Adaptado de BuildingSMART, 2010, p. 49

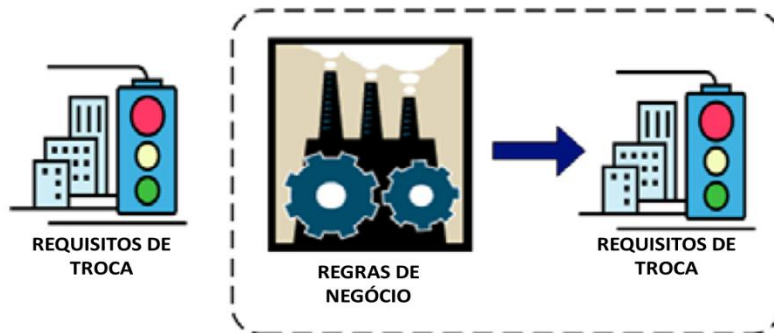
A sequência de descobrimento do processo e mineração dos dados é composta pela seguinte metodologia:

- **Descobrimiento do processo:** Através do trabalho dos especialistas da indústria AEC se determina os processos de negócios que estão contidos dentro do escopo que se pretende atender, buscando mapear os processos e identificar os requisitos de troca.
- **Mineração dos dados:** A partir da identificação dos requisitos de troca no mapa de processos são identificados os requisitos de informação que devem ser compartilhados.
- **Criação dos requisitos de trocas e partes funcionais:** O requisitos de troca são criados seguindo as seguintes sub etapas: identificar os requisitos de troca, criar a seção da visão global, verificar se as partes funcionais necessárias já foram desenvolvidas e criar as partes funcionais se as mesmas ainda não existirem.
- **Definição das regras de negócio:** Nesta etapa são verificadas e definidas as regras de negocio que podem ser atreladas aos requisitos de trocas estabelecidos.

Para a metodologia de localização das regras de negócio, a BuildingSMART (2010) apresenta que esta metodologia só deve ser aplicada quando o mapa do processo já é conhecido, quando as partes funcionais já estão definidas e quando os requisitos de troca são estão desenvolvidos, mas não se adequam a uma dada

localidade (cidade, país etc.). Desta maneira, se necessário apenas o desenvolvimento das regras de negócios que podem ser aplicadas aos requisitos de troca para torna-los específicos de um local, como apresentado na Figura 2.15.

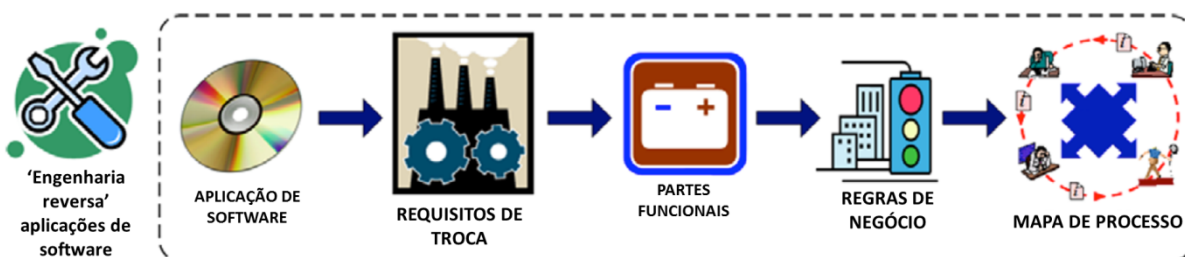
Figura 2.15 – Sequência de desenvolvimento das regras de negócio



Fonte: Adaptado de BuildingSMART, 2010, p. 50

Para aplicação da metodologia de engenharia reversa deve-se estabelecer a condição de que se tem um software capaz de suportar a troca de informações, mas é necessário verificar quais são os requisitos de troca que o software suporta (BUILDINGSMART, 2010). O autor apresenta a seguinte sequência para aplicação da metodologia, Figura 2.16.

Figura 2.16 – Sequência de desenvolvimento da Engenharia Reversa



Fonte: Adaptado de BuildingSMART, 2010, p. 50

- Definição do cenário: Definir o cenário que o requisito de troca deve apoiar, através de uma textual detalhada.
- Recuperação de dados: A partir do cenário definido e dentro do software, averiguar todos os dados que necessitam ser informados e examinar se eles podem ser adquiridos através de uma aplicação anterior.

- Criação dos requisitos de troca: Criação dos requisitos de trocas, tendo como base o cenário definido e a etapa anterior.
- Criação das partes funcionais: Se houver necessidade, criam-se as partes funcionais que não foram desenvolvidas.
- Definição das regras de negócios: Nesta etapa são verificadas e definidas as regras de negocio que podem ser atreladas aos requisitos de trocas estabelecidos.
- Capturar o processo: Criação de um mapa de processo que se enquadra com a realidade ou que idealize o cenário.

2.4.7 Softwares para atribuições do BIM

No mercado atualmente existe uma grande variedade de softwares que utilizam a tecnologia BIM. No Anexo A: Tabela de Softwares é apresentada uma listagem de softwares e suas respectivas organizações. Além da geometria 3D a utilização do BIM permite incorporar informações como posição no espaço, parâmetros de controle, custos, cronogramas, especificações, fabricantes e listas de despesas, formando assim, objetos parametrizados.

A Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (AsBEA) publicou uma tabela comparativa de softwares BIM disponíveis para modelagem paramétrica com informações de fabricante, origem, preço, locação de licença, atualização, valor de atualização, centros de treinamento e suporte, entre outras (ROCHA, 2011). O software mais difundido no Brasil é o Revit, da AutoDesk, que possui uma família de produtos que incluem funcionalidades para a arquitetura, estrutura e sistemas (instalações elétricas, hidráulicas, entre outras).

No processo de orçamentação o BIM possibilita extrair valores de medições, quantidades e custos, contribuindo assim para um maior controle e qualidade das informações. Alguns dos softwares utilizados nesta etapa são CCS Candy, ORCA ++, ORSE (Orçamento de Obras de Sergipe), Primavera Construction, Sage “Construção” e VICO. Para a gestão de projeto o Navisworks e o Synchro, permite integrar o modelo 3D com o planejamento elaborado, por exemplo, no MS Project ou Primavera.

O uso destes softwares beneficia a etapa de planejamento e orçamento facilitando a realização de simulações da construção podendo considerar alterações e visualizar os efeitos no gerenciamento de riscos e prazos do projeto. Na escolha dos softwares é “importante avaliar a capacidade do software, a facilidade de uso, a familiaridade do usuário com a ferramenta, a compatibilidade entre softwares, custo da aquisição e renovação de licenças, velocidade de processamento de informações, compatibilidade com os objetivos do trabalho e compatibilidade com o hardware disponível” (FOUQUET, 2010).

2.5 Conclusão da Revisão Bibliográfica

Neste capítulo, apresentou-se uma breve revisão bibliográfica sobre os temas envolvidos no trabalho, destacando os principais fundamentos teóricos. A pesquisa mostrou que a parametrização, principal característica tecnologia BIM, favorece em muito os processos de projeto, orçamentação e planejamento, pois é possível definir e disseminar os critérios de construtibilidade.

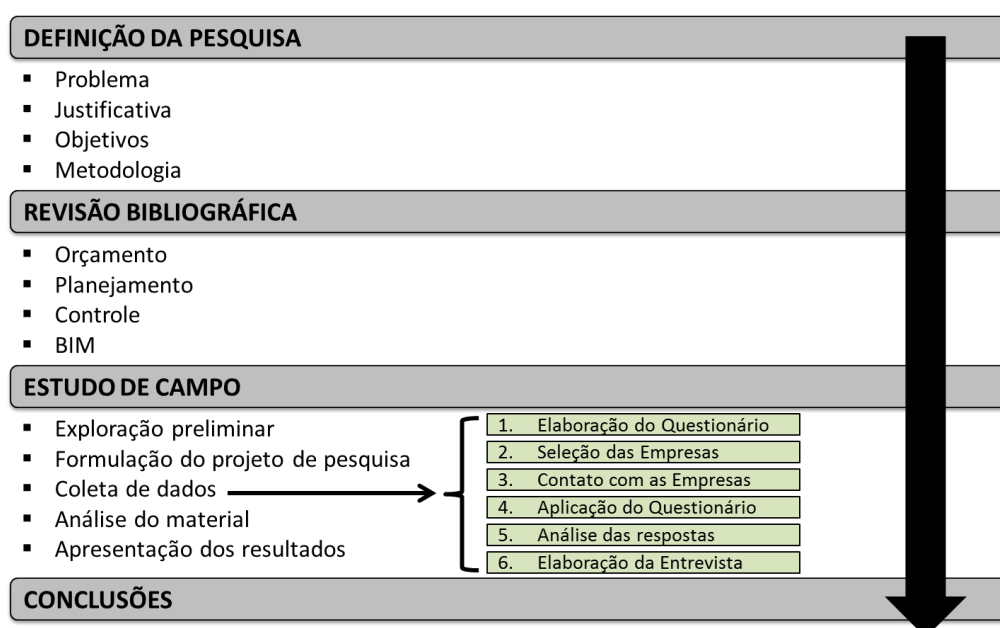
3. MATERIAIS E MÉTODOS

Com base nos objetivos, a pesquisa teve início com a busca e análise do referencial teórico, estabelecendo quatro temas principais a serem estudados, são eles: orçamento, planejamento, controle e o BIM. Assim, por meio de investigações foram identificados os principais autores nacionais e internacionais que abordam os assuntos referenciados, assim como consultas a trabalhos desenvolvidos correlacionando dois ou mais temas envolvidos nesta pesquisa.

Gil (2007) define esta etapa inicial como uma pesquisa bibliográfica e documental que permitiu ao pesquisador o conhecimento de um número elevado de fenômenos em comparação com o que se poderia pesquisar diretamente. Desta forma, foram utilizados como instrumento de pesquisa: livros, dissertações, teses, jornais, revistas e buscas em ambientes de internet e entidades de classes.

Após a leitura, a compreensão e a consolidação dos conceitos relacionados aos temas, foi elaborada a metodologia de pesquisa, compreendida em um estudo de campo, dividido em cinco etapas, denominadas de: exploração preliminar, formulação do projeto de pesquisa, coleta de dados, análise do material e resultados, que serviram de bases para alcançar as respostas para os objetivos. Desta maneira, é apresentado na Figura 3.1 o fluxograma do método de pesquisa e posteriormente são descritas as etapas do estudo de campo.

Figura 3.1 – Fluxograma de atividades para realização do trabalho



Fonte: Elaborado pelo autor

3.1 Exploração preliminar

Esta etapa foi dividida em duas subetapas, denominadas de compreensão do BIM e fluxos dos processos. A primeira subetapa foi caracterizada por ser uma prospecção ao conhecimento, proporcionando ao pesquisador o entendimento de como o BIM funciona. Desta forma, foram identificadas as dificuldades e melhorias que são proporcionadas com o seu emprego, permitindo uma melhor percepção dos desafios enfrentados e as relações com os processos de orçamentação, planejamento e controle.

Para isso, o pesquisador participou de treinamentos práticos em softwares específicos baseados em BIM e posteriormente com um caráter didático, executou pequenas aplicações destas ferramentas para permitir uma maior inserção dentro dos processos se utilizando da tecnologia. Desta forma, foi possível vivenciar e compreender alguns aspectos, vantagens e desvantagens envolvidas na mudança de conceito e aplicação do BIM, o que possibilitou um maior embasamento para o desenvolvimento da pesquisa.

Já a segunda subetapa consistiu na construção de um fluxo representativo dos processos tradicionais de orçamento, planejamento e controle, tendo como base fluxos genéricos encontrados na literatura. Assim, foram estudadas metodologias de gestão de empreendimentos que abordavam os três processos pesquisados, procurando observar as atividades, os agentes e as trocas de informações necessárias para execução das atividades.

O fluxo foi construído por meio do método de mapeamento de processos do IDM praticadas pela BuildingSMART (2010) e por EASTMAN *et al.* (2010). Entre os métodos de criação da IDM foi utilizado o descobrimento de processos e mineração dos dados, onde primeiramente se desenvolve os mapas de processos utilizando a linguagem BPMN, seguindo pelos requisitos de troca. As atividades foram descritas por meio de quadros como recomendado pela BuildingSMART (2010).

A descrição dos requisitos de troca foi realizada por meio de uma adaptação da metodologia proposta por EASTMAN *et al.* (2010). Esta adaptação foi necessária devido à impossibilidade de se detalhar as necessidades inerentes a cada requisito de troca, já que os fluxos foram construídos tendo como base a revisão bibliográfica, não uma aplicação real. Desta forma, os fluxos receberam uma caracterização

genérica e não aprofundada, tendo como intuito apenas de apresentar o impacto da utilização do BIM dentro das etapas dos processos estudados.

3.2 Formulação do projeto de pesquisa

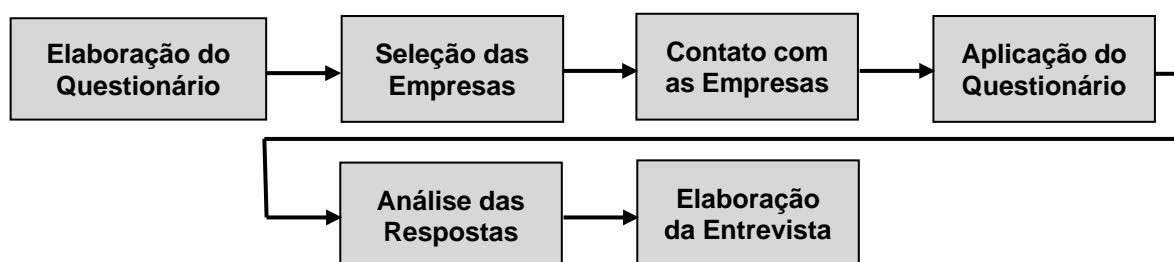
Com etapa de exploração preliminar, foi adquirido conhecimento sobre o funcionamento das ferramentas BIM e foi realizada a elaboração do fluxo tradicional das atividades dos processos pesquisados. De posse destas duas informações foi possível formular a estratégia para se alcançar os objetivos da pesquisa, que apresenta o seguinte desenvolvimento:

- A. Elaboração dos fluxos tradicionais dos processos de orçamento, planejamento e controle;
- B. Coleta de informações em empresas para diagnosticar os impactos sobre os processos tradicionais de orçamento, planejamento e controle;
- C. Apresentação dos impactos sobre os fluxos tradicionais.

3.3 Coleta de dados

Esta etapa visou buscar informações em empresas construtoras que utilizam o BIM para obtenção de um entendimento claro, por parte do mercado profissional, das questões estabelecidas no trabalho. Para isto, foram utilizados os instrumentos de coleta de dados inerentes ao método de estudo de campo. De acordo com Gil (2007), o estudo de campo se caracteriza pela interrogação direta das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer, apresentando flexibilidade e aprofundamento das questões propostas pela pesquisa. A coleta de dados está compreendida em seis etapas, como ilustradas na Figura 3.2 e descritas a seguir.

Figura 3.2 – Etapas da coleta de dados



Fonte: Elaborado pelo autor

- Elaboração do Questionário

Questionário é definido por Gil (2007) como um método de investigação compreendido por questões, tendo como objetivo extrair dos respondentes o conhecimento de opiniões, crenças, sentimento, interesses, expectativas e situações vivenciadas. O mesmo autor descreve várias vantagens para a utilização do questionário, como: abranger um amplo número de pessoas, garantir o anonimato das respostas, não expor o pesquisador a influencia das opiniões e do aspecto pessoal do entrevistado e permitir que as pessoas o respondam no momento em que julgarem mais convenientes.

Mas o questionário também apresenta algumas restrições, como: exclusão de pessoas que não sabem ler nem escrever, o impedimento à ajuda para o informante quando este não entendeu as instruções ou as perguntas, desconhecimento das circunstancias em que foi respondido, não oferece garantias que serão respondidos e devem contemplar um número pequeno de perguntas para não tornar o mesmo cansativo (GIL, 2007).

Levando em consideração estes aspectos, foi elaborado um questionário que se encontra no Apêndice B: Questionário e é composto por questões relacionadas com o tema pesquisado e com base no fluxo estabelecido na etapa de exploração preliminar, proporcionando a obtenção de dados para elucidar o problema de pesquisa. O mesmo contempla vinte e oito questões e está estruturado em cinco partes, são elas: identificação (entrevistado e empresa), caracterização geral da implantação e uso do BIM pela empresa, perguntas relacionadas com orçamento, perguntas relacionadas com planejamento e perguntas relacionadas com a execução e controle.

Algumas das questões foram formuladas se utilizando de uma escala gradual contendo cinco níveis, são eles: nada, pouco, moderadamente, mediamente e muito, como apresentado na Figura 3.3.

Figura 3.3 – Escala gradual

	<ul style="list-style-type: none"> •Muito •Atribuição da nota 4,0
	<ul style="list-style-type: none"> •Mediamente •Atribuição da nota 3,0
	<ul style="list-style-type: none"> •Moderadamente •Atribuição da nota 2,0
	<ul style="list-style-type: none"> •Pouco •Atribuição da nota 1,0
	<ul style="list-style-type: none"> •Nada •Atribuição da nota 0,0
N	<ul style="list-style-type: none"> •Não se aplica/Não sei responder •Sem atribuição de nota

Fonte: Elaborado pelo autor

Segundo Gil (2007), este tipo de instrumento tem como foco medir a grandeza das opiniões e atitudes dos respondentes, da maneira mais prática possível. Nestas questões, além das opções de respostas correspondentes a escala, foi incluída a opção de resposta “Não se aplica/Não sei responder”, dando a opção aos respondentes de declararem que o aspecto analisado não condiz com a escala proposta ou que não tem conhecimento suficiente para analisarem o referido aspecto.

Como ferramenta de formulação do questionário foram empregados o GOOGLE DRIVE – FORMULÁRIO e o MICROSOFT WORD, proporcionando às empresas duas formas de responderem, objetivando uma melhor apresentação e facilitando a tabulação dos dados. Para verificação do questionário foi realizado um pré-teste dividido em duas etapas, primeiramente entre arquitetos e engenheiros presentes no ciclo de amizade do pesquisador e posteriormente em uma empresa, tentando identificar inconformidades dentro dos aspectos sugeridos por Gil (2007): clareza e precisão dos temas, forma das questões, desmembramento das questões, ordem das questões e introdução do questionário.

- Seleção das empresas

A composição do universo pesquisado foi realizada por meio de buscas em jornais, revistas, ambientes de internet, entidades de classe e de contatos profissionais que trouxeram ou puderam informar dados das empresas que estavam trabalhando com o BIM. Deste modo, foi listado um total de quatorze empresas que

tem como principal foco de atuação obras residenciais, comerciais e industriais, o Quadro 3.1 ilustra algumas características das empresas que foram selecionadas.

Quadro 3.1 – Empresas selecionadas

ITEM	LOCALIZAÇÃO DE ATUAÇÃO	TEMPO DE ATUAÇÃO	IDENTIFICAÇÃO
1	São Paulo e Rio de Janeiro	30 anos	Empresa E
2	Nacional e Internacional	70 anos	Empresa A
3	Região Sudeste	20 anos	Empresa D
4	Nacional	62 anos	Empresa G
5	Alagoas	7 anos	Empresa F
6	Nacional	35 anos	Não respondeu
7	Nacional	41 anos	Empresa B
8	Nordeste	5 anos	Empresa C
9	Paraná	15 anos	Não respondeu
10	Nacional e Internacional	53 anos	Não respondeu
11	Nacional	38 anos	Não respondeu
12	Nacional	61 anos	Não respondeu
13	Nacional	43 anos	Não respondeu
14	Goiás	13 anos	Não respondeu

Fonte: Elaborado pelo autor

- Contato com as empresas e aplicação do questionário

O contato foi estabelecido com dez empresas e foi realizado primeiramente por meio de e-mail apresentando a pesquisa e solicitando a colaboração para responder ao questionário. Após este primeiro contato, sete empresas se colocaram a disposição para colaborar com a pesquisa e responderam o questionário por meio GOOGLE DOCS, de forma online, como descrito na última coluna do Quadro 3.1.

- Análise das respostas

As respostas dos questionários foram analisadas no intuito de encontrar pontos que merecessem um aprofundamento e que servissem de base para realização das entrevistas. Esta análise preliminar permitiu obter o perfil da empresa quanto os aspectos de utilização do BIM e dos processos de orçamentação, planejamento e controle.

- Elaboração da entrevista

Segundo Gil (2007), entrevista é uma técnica de investigação caracterizada por ser uma forma de um diálogo assimétrico, onde o investigador apresenta-se em frente ao investigado e através de perguntas busca a obtenção dos dados que interessam a investigação. Deste modo, a entrevista é a técnica apropriada para aquisição de informações referentes ao que as pessoas sabem, creem, esperam, ou

fizeram, bem como acerca das suas explicações ou razões a respeito das coisas anteriores (GIL, 2007).

Gil (2007) estabelece como principais vantagens da entrevista, a possibilidade de atender a um número alto de questões, oportunidade de esclarecimento das perguntas por parte do entrevistado, não exige que a pessoa entrevistada saiba ler e escrever, possibilidade de captura da expressão corporal e os dados obtidos podem ser classificados e quantificados.

Entretanto, esta técnica apresenta algumas limitações, destacando-se a falta de motivação do entrevistado para responder as perguntas, fornecimento de respostas falsas, inabilidade ou incapacidade para responder as questões, influencia exercida pelo aspecto pessoal do entrevistador sobre o entrevistado e a influencia das opiniões pessoais do entrevistador sobre as respostas (GIL, 2007).

Desta maneira, a entrevista teve como referência o próprio questionário, tendo como propósito esclarecer dúvidas encontradas nas respostas. Assim, a entrevista ficou evidenciada por ser do tipo pautada, onde Gil (2007) caracteriza-a por possuir certo grau de estruturação, pois estabelece um guia com uma relação de pontos de interesses que o entrevistador quer explorar.

3.4 Análise do material

A análise dos resultados do estudo de campo foi realizada em cinco partes, seguindo a estrutura estabelecida no questionário. As respostas do questionário foram tabuladas em planilha eletrônica de forma que a apresentação dos resultados tivessem a configuração de tabelas, quadros, gráficos e discussões que mostrassem a influência do BIM nos processos de orçamento, planejamento e controle, por meio de médias e percentuais.

Para as questões que se utilizaram da escala gradual e que o respondente atribuiu para algum aspecto à resposta “Não se aplica/Não sei responder”, esta resposta foi considerada com valor nulo, não sendo incluída para obtenção de média das respostas entre as empresas na análise do referido aspecto. Foram atribuídos intervalos numéricos para correlacionar as médias com a referida escala, como descrito na Figura 3.4.

Figura 3.4 – Correlação das médias com a escala gradual

■	<ul style="list-style-type: none"> •Muito •Média ente 3,1 a 4,0
■	<ul style="list-style-type: none"> •Mediamente •Média entre 2,1 a 3,0
■	<ul style="list-style-type: none"> •Moderadamente •Média entre 1,1 a 2,0
■	<ul style="list-style-type: none"> •Pouco •Média entre 0,1 1,0
■	<ul style="list-style-type: none"> •Nada •Média igual a 0,0
N	<ul style="list-style-type: none"> •Não se aplica/Não sei responder •Sem atribuição de nota

Fonte: Elaborado pelo autor

3.5 Apresentação dos Resultados

Os resultados serão apresentados em três etapas, descritas como: exploração preliminar, coleta de dados e impactos sobre os fluxos. A primeira apresenta como se desenvolveu a compreensão do BIM e os fluxos dos processos estudados. A segunda etapa descreve todas as informações coletadas nas empresas participantes da pesquisa.

Para a representação dos dados comparativos entre empresas, foi utilizada a representação do gráfico tipo “radar”, que comparou os valores obtidos nas respostas. Ele proporcionou a apresentação das várias dimensões de uma questão ao mesmo tempo, proporcionando uma fácil visualização comparativa e a uniformização das unidades de medida dos dados analisados.

A última etapa procurou apresentar a compilação do fluxo genérico elaborado com as respostas do questionário, tendo em vista apresentar o impacto da utilização do BIM sobre o fluxo dos processos de orçamento, planejamento e controle, podendo visualizar com clareza quais atividades sofrem mais ou menos interferências. Como mecanismo de visualização foi atribuído o mesmo artifício descrito na Figura 3.4 do item anterior.

4. RESULTADOS

Esta seção tem como objetivo analisar e apresentar apropriadamente os dados que foram coletados durante o desenvolvimento do estudo. Assim, a seção foi dividida em três partes, descrita na seção anterior em etapas do estudo.

4.1 Exploração preliminar

Esta etapa envolve a apresentação das subetapas: compreensão do BIM e fluxos dos processos.

4.1.1 Compreensão do BIM

Para alcançar o objetivo de desta etapa, o pesquisador participou de um treinamento do software ArchiCAD, como também assistiu a vídeos-aulas e leu estudos de casos do uso de outras ferramentas BIM, como o Revit, Navisworks e o BIM 360 Field. Possibilitando um aprofundamento dos conceitos BIM empregados pelas ferramentas.

Após conhecer um pouco as ferramentas e com o propósito comparar os processos de levantamento de quantitativos para orçamentos, tradicional e BIM, foi realizada a modelagem do Laboratório de Sustentabilidade e Segurança em Canteiros de Obras do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos. Os projetos arquitetônico e estrutural originais 2D da obra foram modelados de modo a obter um modelo simplificado 3D para extração direta de quantidades, onde posteriormente foram comparados com os quantitativos calculados manualmente. A aplicação contribuiu para o entendimento de que os quantitativos extraídos do modelo apresentam um significativo grau de confiabilidade, onde a maioria dos itens da planilha orçamentária pode ser extraída de forma automática, eliminando alguns erros manuais comuns desta etapa e colaborando para uma melhor qualidade do orçamento (COSTA; SERRA, 2014).

Para os processos de planejamento e controle não foram realizadas aplicações, mas através dos estudos de casos encontrados na literatura e das vídeos-aulas foi possível constatar que para o planejamento os sistemas BIM 4D representam uma maior conexão entre as informações de planejamento e informações de projeto. Por meio da junção destas informações em um único

software pode-se gerar um vídeo que retrata a sequência construtiva do empreendimento, integrando informações de tempo com um modelo geométrico 3D. Com isso é possível promover uma simulação de cenários de planejamento, se antevendo a todas as etapas da obra e facilitando o entendimento de como ela será executada por meio de uma melhor visualização e comunicação entre os envolvidos.

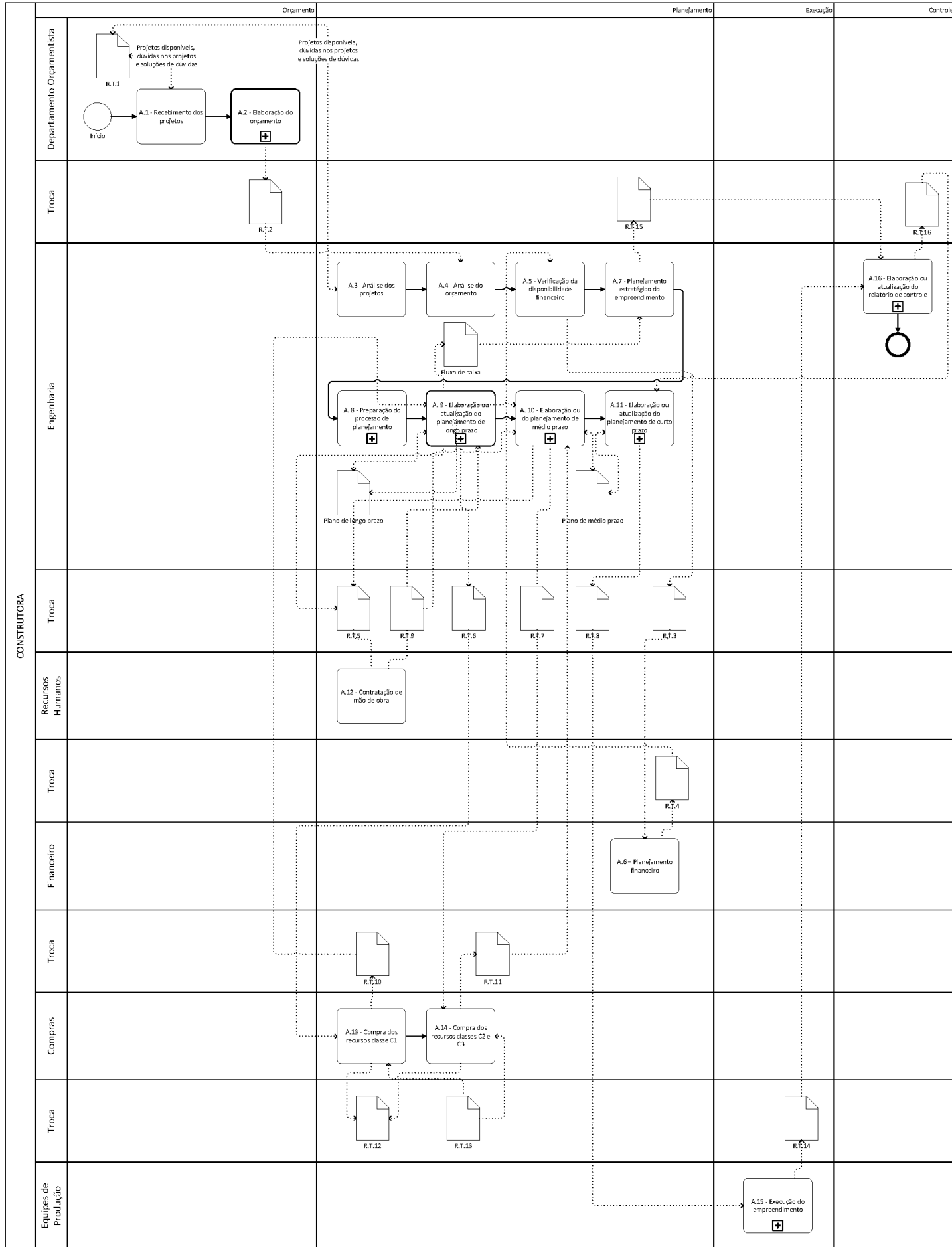
Para o controle as aplicações BIM focam na gestão do canteiro, combinando tecnologias móveis com as baseadas em nuvem. Desta maneira, é evitada a utilização de papel nos canteiros, proporcionando uma nova forma de gerir os processos de segurança, qualidade, visualização de plantas e *checklist*. A partir do aplicativo móvel é possível criar questões através da colocação de marcações ou fotos nos modelos BIM ou em plantas 2D e enviar via e-mail aos envolvidos que possam esclarecer as dúvidas ou problemas encontrados, obtendo uma resposta imediata e mais indicada. Também é possível adquirir em tempo real e de forma facilitada, as informações imprescindíveis para controle do andamento da obra, compartilhando-as com todos os membros da equipe do empreendimento através do envio de relatórios atualizados por meio da internet, permitindo uma economia de tempo e mantendo um histórico da evolução da obra.

Com esta etapa foi possível compreender que os sistemas BIM proporcionam uma mudança na forma de condução e realização dos processos envolvidos desde a concepção a construção de um empreendimento, proporcionando inúmeros benefícios aos usuários. Assim, a etapa contribui ao pesquisador lhe proporcionando uma visão básica de como funcionam as ferramentas e lhe propiciando uma fundamentação teórica para as outras etapas da pesquisa.

4.1.2 Fluxos dos processos

O fluxo dos processos foi gerado a partir da metodologia IDM e das atividades inerentes aos processos estudados encontradas na literatura, sendo este compreendido pelos mapas de processo, a descrição de cada atividade contida neles e os requisitos trocados como necessários a realização das atividades. Assim, apresentamos um mapa geral contendo todo o fluxo de atividades (Figura 4.1) que compreende os processos estudados construídos genericamente a partir da revisão bibliográfica, e posteriormente são apresentados sete mapas descrevendo em detalhes as atividades que estão diretamente ligadas aos processos estudados.

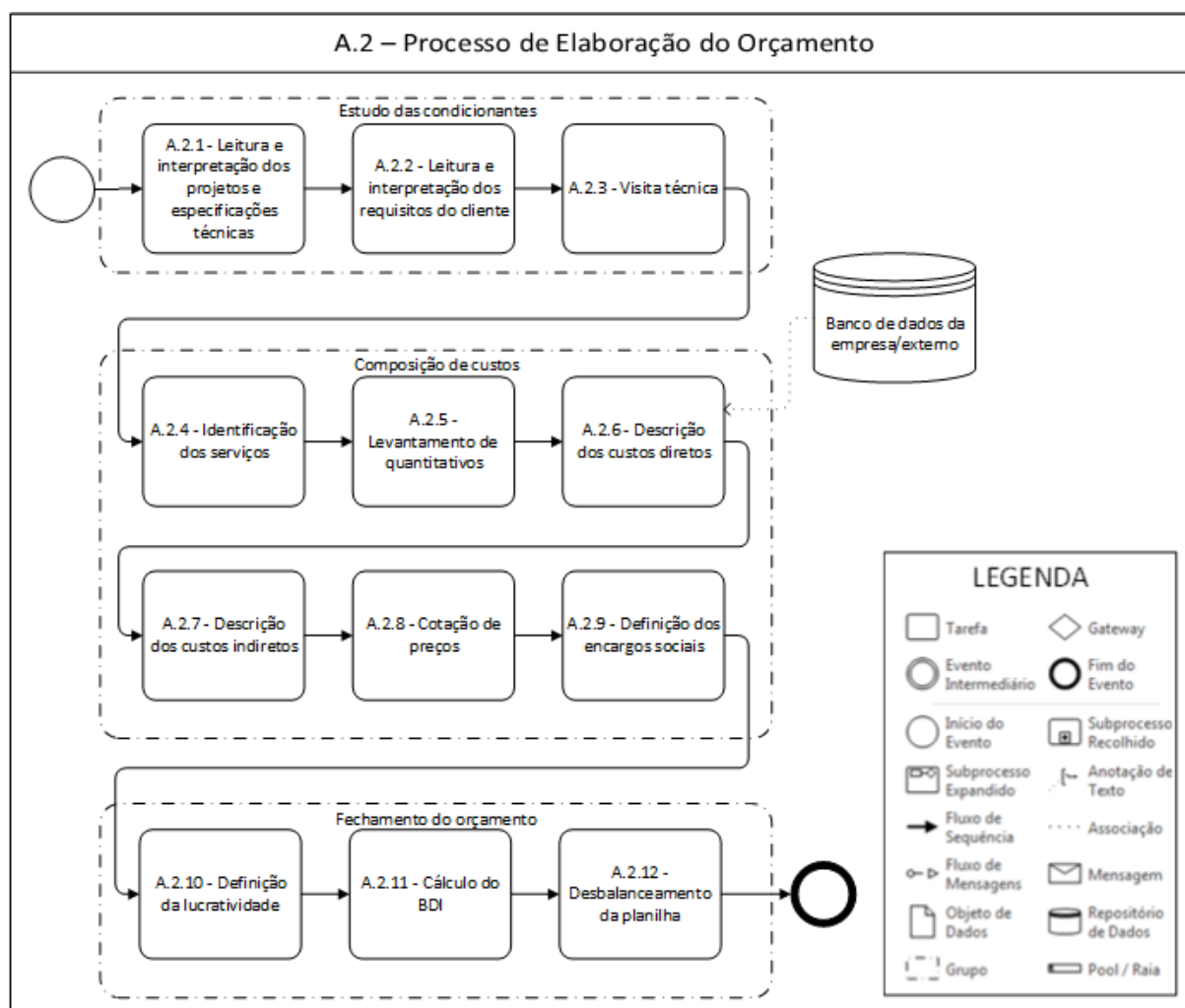
Figura 4.1 – Fluxo Geral



Fonte: Elaborado pelo autor

O mapa geral também destaca os principais departamentos empresariais que estão diretamente envolvidos na troca de informações para fomento das atividades. O fluxo se inicia com recebimento dos projetos desenvolvidos pelos projetistas e são entregues ao departamento orçamentista para a elaboração do orçamento, atividade detalhada na Figura 4.2.

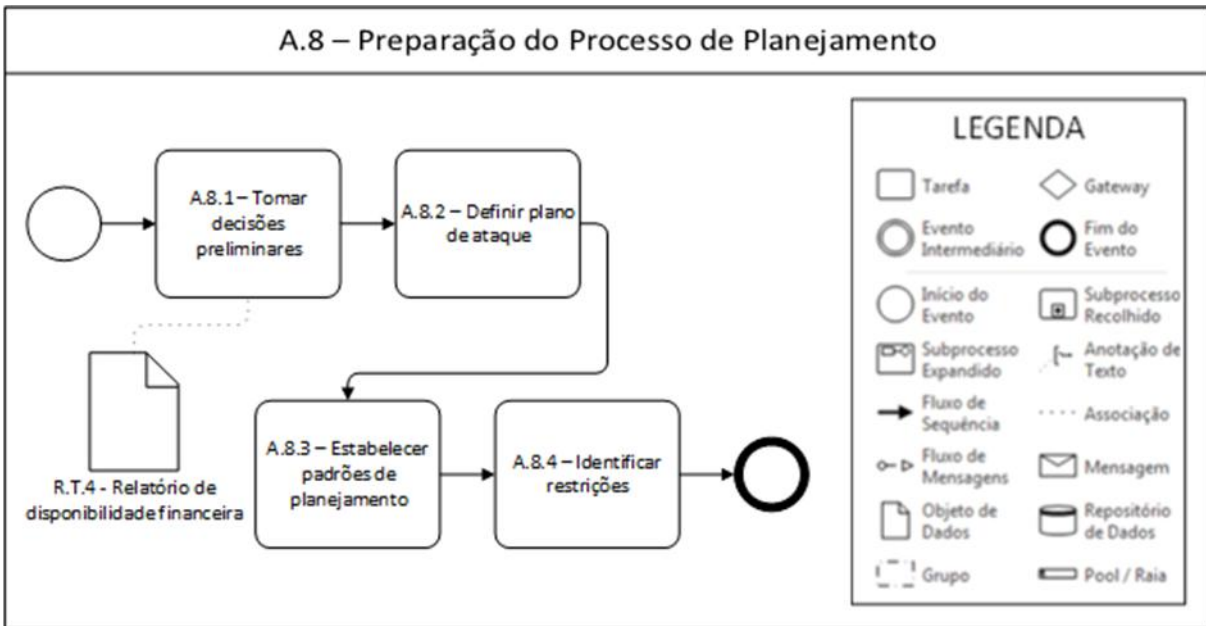
Figura 4.2 – Detalhamento da Atividade A.2



Fonte: Elaborado pelo autor

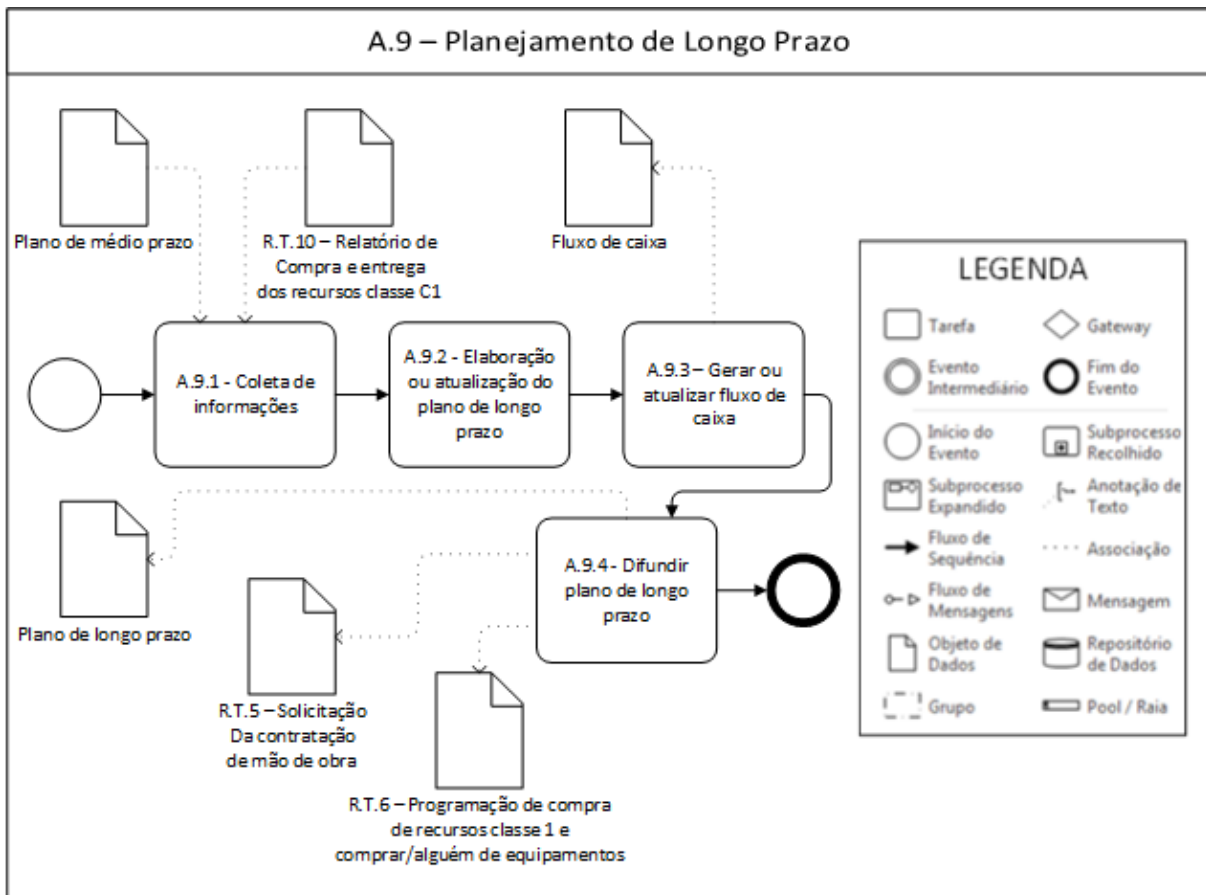
Depois da elaboração do orçamento a atenção fica voltada para as atividades de planejamento, onde se destacam as atividades de Planejamento estratégico do empreendimento, preparação do processo de planejamento (detalhada na Figura 4.3), elaboração ou atualização dos planejamentos de longo, médio e curtos prazos, descritos na Figura 4.4, Figura 4.5 e Figura 4.6.

Figura 4.3 – Detalhamento da atividade A.8



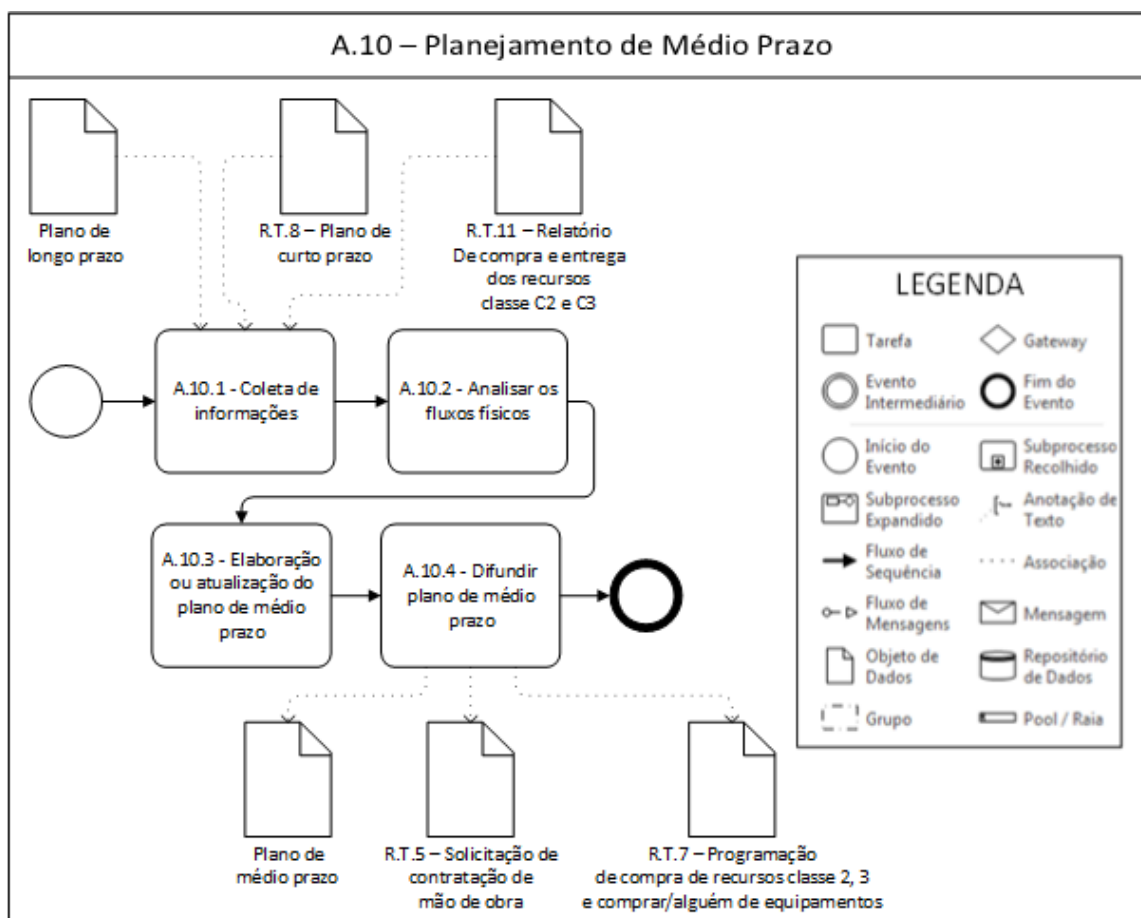
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 4.4 – Detalhamento da atividade A.9



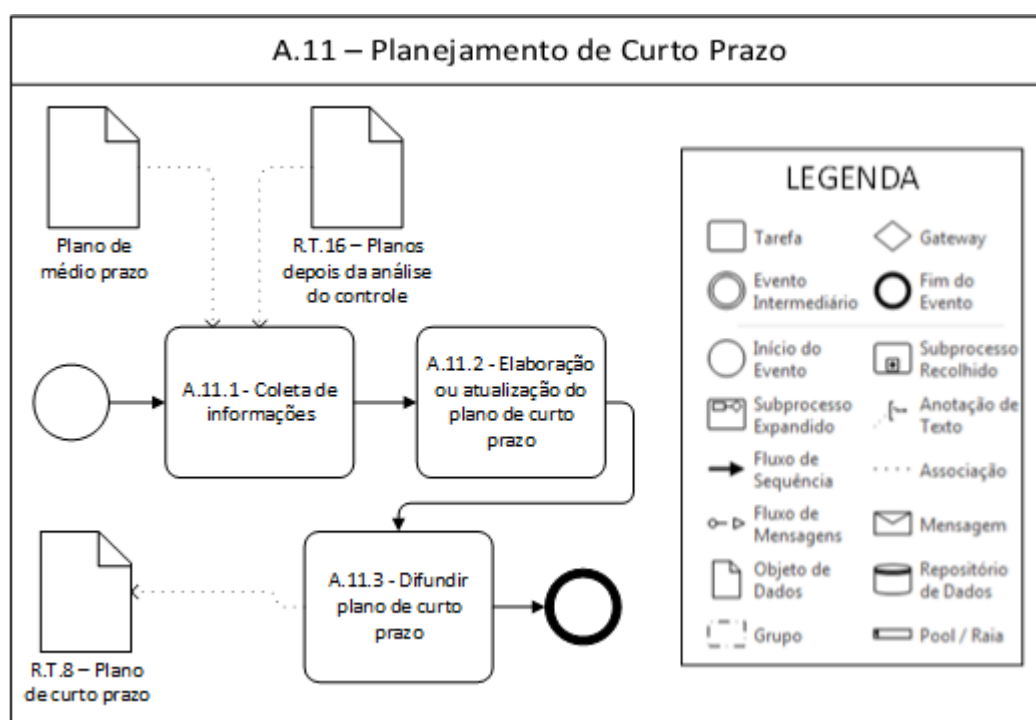
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 4.5 – Detalhamento da atividade A.10



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 4.6 – Detalhamento da atividade A.11

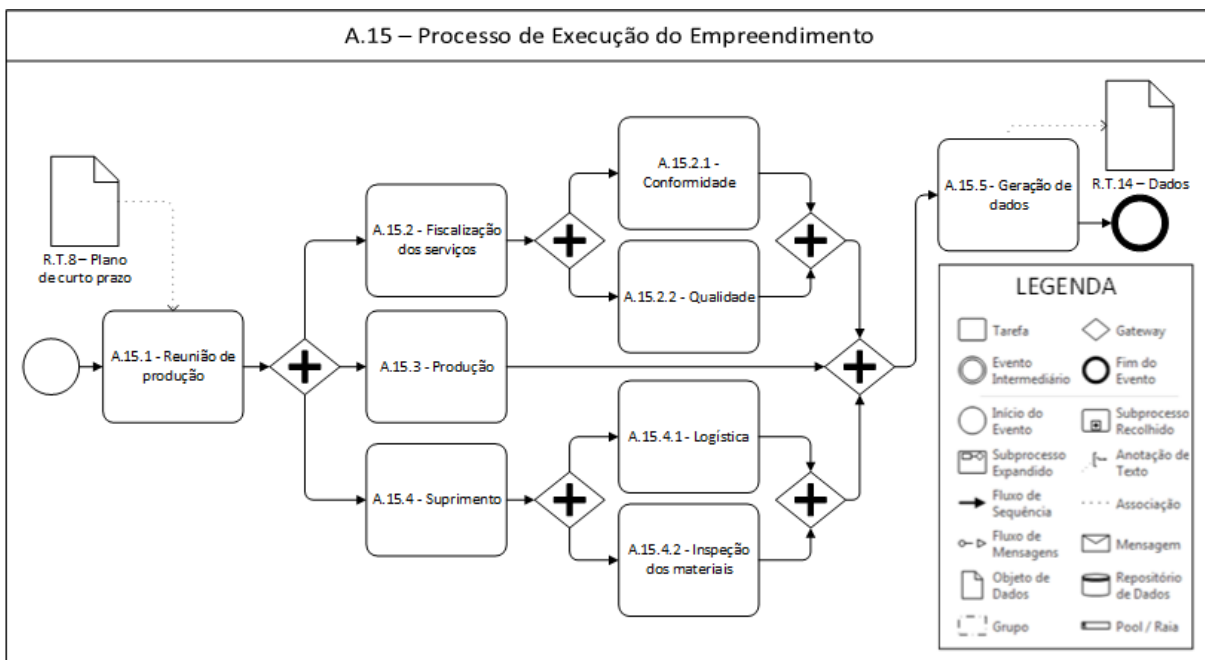


Fonte: Elaborado pelo autor

Para fomentar as atividades de planejamento é necessário realizar algumas atividades em outros departamentos, como: planejamento financeiro, compra dos recursos classe C1 e compra dos recursos classe C2 e C3.

Ao término da atividade de elaboração ou atualização do planejamento de curto prazo, o fluxo passa para a atividade de execução do empreendimento desenvolvida no canteiro de obras (em detalhes na Figura 4.7), etapa onde se inicia o processo de controle com a coleta de dados e informações necessárias para análise da evolução do empreendimento quanto a prazos, custo e qualidade.

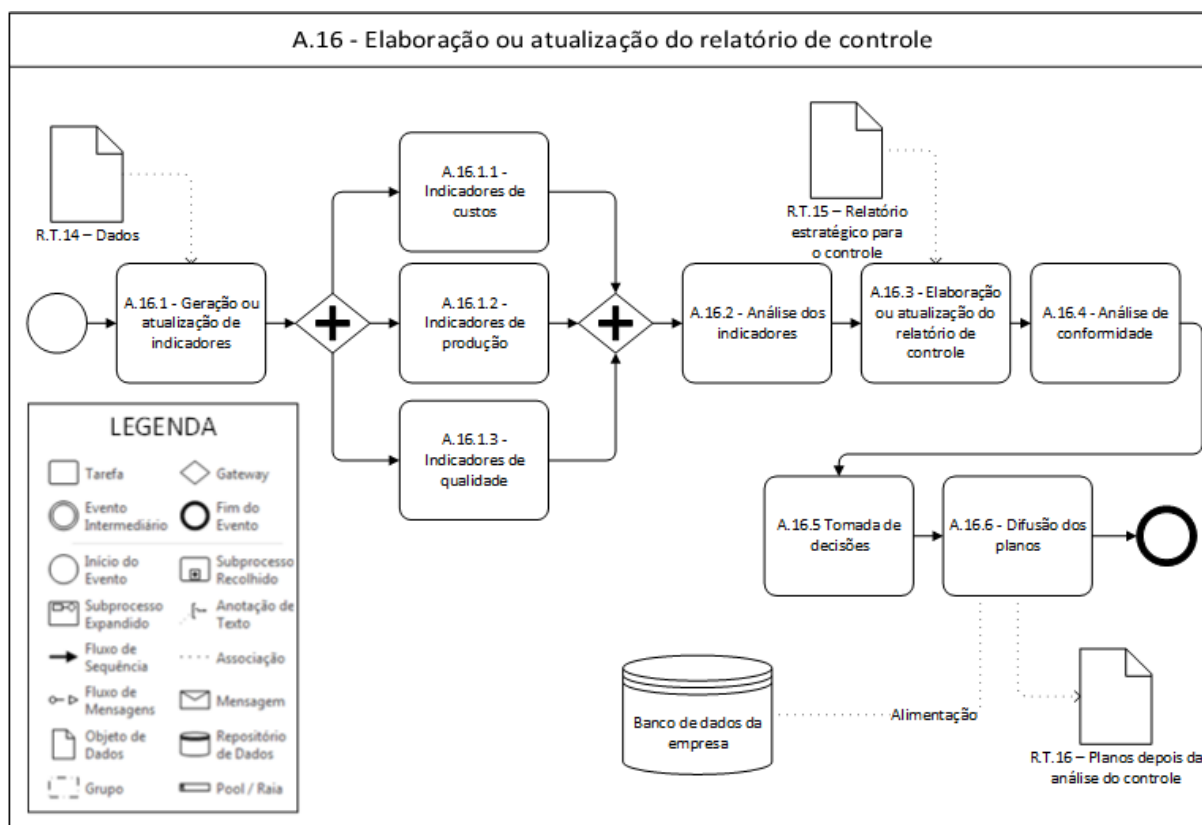
Figura 4.7 – Detalhamento da atividade A.15



Fonte: Elaborado pelo autor

O fluxo se encerra com a atividade de elaboração ou atualização do relatório de controle, detalhada na Figura 4.8, onde são tomadas as decisões que servirão como base para o andamento das atividades por meio da alimentação dos três níveis de planejamento, tornando cíclico esta fase do fluxo até o encerramento do empreendimento. Cada atividade presente nos mapas, estão descritas nos Quadro 4.1 a Quadro 4.16.

Figura 4.8 – Detalhamento da atividade A.16



Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 4.1 – Descrição da atividade A.1

Tipo	Tarefa
Identificador / Nome	A.1 – Recebimento dos projetos
Descrição	Recebimento dos projetos executivos e especificações técnicas que serão à base de informações para execução da obra.

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 4.2 – Descrição da atividade A.2

Tipo	Conjunto de tarefas
Identificador / Nome	A.2 – Elaboração do orçamento
Descrição	Atividade responsável por quantificar os insumos, a mão de obra e os equipamentos, bem como o respectivo tempo de duração e custos necessários à execução de um serviço ou obra.
Sub tarefas	Descrição das sub tarefas
A.2.1 – Leitura e interpretação dos projetos e especificações técnicas	Tarefa caracterizada por analisar as plantas baixas, vistas, perspectivas, notas, detalhes diagramas, tabelas, quadros e especificações técnicas dos mais diversos projetos existentes para construção de uma obra. Estes documentos trazem informações de natureza qualitativas e quantitativas que definem o produto final a ser construído.
A.2.2 – Leitura e interpretação dos requisitos do cliente	Tarefa caracterizada por analisar as exigências dos clientes, como: prazo da obra, penalidades atraso no cumprimento do prazo ou bônus por antecipação, critérios de medição, pagamento e reajustamento, regime de preços, entre outros. Esta tarefa ocorre com mais frequência em obras de caráter público através das regras descritas no edital de licitação.

Tipo	Conjunto de tarefas
Identificador / Nome	A.2 – Elaboração do orçamento
Descrição	Atividade responsável por quantificar os insumos, a mão de obra e os equipamentos, bem como o respectivo tempo de duração e custos necessários à execução de um serviço ou obra.
Sub tarefas	Descrição das sub tarefas
A.2.3 – Visita técnica	Tarefa que visa sanar dúvidas, tirar fotos do terreno, avaliar o acesso à obra, verificar a disponibilidade de materiais, equipamentos e mão de obra na região, ou seja, levantar dados relevantes a esta etapa de orçamentação.
A.2.4 Identificação dos serviços	Tarefa caracteriza por identificar todos os serviços oriundos do processo construtivo estabelecido e descritos nos projetos.
A.2.5 – Levantamento de quantitativos	Tarefa que quantifica todos os serviços identificados, através de cálculos baseados em dimensões fornecidas no projeto, como: volume de concreto, área de telhado, área de pintura, etc.
A.2.6 – Descrição dos custos diretos	Destinada a obter os custos que estão diretamente associados aos serviços de campo. Para obtenção dos custos diretos são utilizados as composições de custos unitários contendo os insumos do serviço com seus respectivos índices e o valor.
A.2.7 – Descrição dos custos indiretos	Tarefa destinada a obter os custos que não estão diretamente associados aos serviços de campo, mas são necessários para que tais serviços sejam realizados, como: custos com equipe técnica (engenheiros, mestres, encarregados), equipe de apoio (almoxarife, apontador), equipe de suporte (porteiro, vigia) e identificar as despesas gerais da obra (contas, materiais de escritório e limpeza), mobilização e desmobilização do canteiro, taxas e emolumentos, etc.
A.2.8 – Cotação de preços	Tarefa que consiste na coleta de preços de mercado para os diversos insumos da obra.
A.2.9 – Definição dos encargos sociais	Tarefa que consiste na definição do percentual de encargos sociais e trabalhistas a ser aplicados à mão de obra.
A.2.10 – Definição da lucratividade	A definição da lucratividade tem como base condições intrínsecas e extrínsecas a obras, e leva em consideração fatores como a concorrência, risco, entre outras.
A.2.11 – Cálculo do BDI	Consiste na obtenção do índice dos Benefícios e Despesas Indiretas que serão aplicados aos custos diretos, de forma a diluir sobre esses itens os custos indiretos que não são explicitados.
A.2.12 – Desbalanceamento da planilha	Tarefa caracterizada por distribuir de forma não uniforme o preço total do empreendimento nos itens da planilha. Este é um artifício para melhorar a situação econômica da obra em fases críticas.

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 4.3 – Descrição da atividade A.3

Tipo	Tarefa
Identificador / Nome	A.3 – Análise dos projetos
Descrição	Tarefa caracterizada por analisar os projetos e especificações técnicas dos mais diversos projetos existentes para construção de uma obra. Através desta análise é possível começar a traçar como a obra deve ser executada.

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 4.4 – Descrição da atividade A.4

Tipo	Tarefa
Identificador / Nome	A.4 – Análise do orçamento
Descrição	Tarefa que consiste em analisar o orçamento quanto a quantidades de insumos e serviços a serem executados no empreendimento.

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 4.5 – Descrição da atividade A.5

Tipo	Tarefa
Identificador / Nome	A.5 – Verificar a disponibilidade financeira
Descrição	Tarefa compreendida pela solicitação da disponibilidade financeira para execução do empreendimento ao setor financeiro e análise do planejamento financeiro disponibilizado em resposta a solicitação.

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 4.6 – Descrição da atividade A.6

Tipo	Tarefa
Identificador / Nome	A.6 – Planejamento financeiro
Descrição	Relatório de finanças elaborado pelo departamento financeiro para o período da execução do empreendimento.

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 4.7 – Descrição da atividade A.7

Tipo	Tarefa
Identificador / Nome	A.7 – Planejamento estratégico do empreendimento
Descrição	Tarefa compreendida por englobar os objetivos do empreendimento quanto a prazo, custo e qualidade, a partir dos requisitos dos clientes.

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 4.8 – Descrição da atividade A.8

Tipo	Conjunto de tarefas
Identificador / Nome	A.8 – Preparação do processo de planejamento
Descrição	Etapa que consiste em fixar procedimentos e padrões de planejamento que irão nortear as outras etapas do processo de planejamento, bem como permitir a análise durante a execução da obra.
Sub tarefas	Descrição das sub tarefas
A.8.1 – Tomar decisões preliminares	Tarefa que consiste em definir a quantidade de níveis hierárquicos de planejamento, a frequência de replanejamento em cada nível, o formato dos planos, os indicadores que irão ser coletados, o papel de cada agente no processo, bem como os ajustes no fluxo de informações que respaldará o processo. Esta tarefa tem como base o planejamento estratégico, os projetos e especificações, o planejamento financeiro, o orçamento e o banco de dados da empresa de obras anteriores.
A.8.2 – Definir plano de ataque	Tarefa que consiste em definir os principais fluxos de trabalho da produção, indicando o sequenciamento dos serviços a serem executados.
A.8.3 – Estabelecer padrões de planejamento	Tarefa que envolve a definição de padrões a serem utilizados na realização do planejamento e controle.
A.8.4 – Identificar restrições	Tarefa que envolve a identificação das restrições gerais envolvidas na execução da obra, como à dificuldade de acesso à obra, a localização geográfica, as limitações de recursos físicos e financeiros, entre outros.

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 4.9 – Descrição da atividade A.9

Tipo	Conjunto de tarefas
Identificador / Nome	A.9 – Elaboração ou atualização do planejamento de longo prazo
Descrição	Etapa que consiste no planejamento de caráter tático e tem como resultado os planos de longo prazo, a programação de recurso de classe C1 e a solicitação de contratação de mão de obra.
Sub tarefas	Descrição das sub tarefas
A.9.1 – Coleta de informações	Tarefa caracterizada por coletar informações provenientes do processo de preparação do planejamento, bem como do planejamento de médio prazo se a obra já tiver sido iniciada.
A.9.2 – Elaboração ou atualização do plano de longo prazo	Tarefa que determina o ritmo de trabalho para as equipes de produção e a programação de recursos de classe C1.
A.9.3 – Gerar ou atualizar fluxo de caixa	Tarefa que consiste em analisar o resultado do empreendimento quanto à geração de caixa, seja ele real ou estimado.
A.9.4 – Difundir plano de longo prazo	A transmissão do plano pode ocorrer tanto por meio escrito como verbal, durante as reuniões no escritório da empresa ou no canteiro de obras, de acordo com as necessidades de seus usuários.

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 4.10 – Descrição da atividade A.10

Tipo	Conjunto de tarefas
Identificador / Nome	A.10 – Elaboração ou atualização do planejamento de médio prazo
Descrição	Etapa que consiste no planejamento de caráter estratégico e tem como resultado os planos de médio prazo e a programação de recurso de classe C2 e C3.
Sub tarefas	Descrição das sub tarefas
A.10.1 – Coleta de informações	Tarefa caracterizada por coletar informações provenientes do planejamento de longo prazo, bem como do planejamento de curto prazo se a obra já tiver sido iniciada.
A.10.2 – Analisar os fluxos físicos	Tarefa que visa reduzir conflitos de equipes que venham trabalhar em um mesmo local ao mesmo tempo, bem como deve identificar um sequenciamento adequando dos pacotes de trabalho com intuito de reduzir o excesso de movimentação de pessoas e transporte de materiais.
A.10.3 – Elaboração ou atualização do plano de médio prazo	Tarefa que determina a sequencia de atividades de um determinado período, com um maior nível de detalhamento estabelecido no planejamento de longo prazo e dando estaque as restrições que deveram ser removidas, de forma a evitar interrupções. Nesta tarefa também é estabelecida a programação de recursos de classe C2 e C3.
A.10.4 – Difundir plano de médio prazo	Os planos devem ser difundidos principalmente para o responsável pela elaboração do plano de curto prazo e para o setor de suprimentos da empresa.

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 4.11 – Descrição da atividade A.11

Tipo	Conjunto de tarefas
Identificador / Nome	A.11 – Elaboração ou atualização do planejamento de curto prazo
Descrição	Etapa que consiste no planejamento de caráter operacional, tendo como objetivo orientar diretamente a execução da obra, através de designações de pacotes de trabalho elaborados no plano de médio prazo às equipes de produção.
Sub tarefas	Descrição das sub tarefas
A.11.1 – Coleta de informações	Tarefa caracterizada por coletar informações provenientes do planejamento de médio prazo, bem como do planejamento de curto prazo controlado do ciclo anterior se a obra já tiver sido iniciada.
A.11.2 – Elaboração ou atualização do plano de curto prazo	Tarefa caracterizada por desenvolvimento do plano semanal que é apresentado e discutido em uma reunião com o engenheiro, mestre de obras, subempreiteiro e encarregados das equipes de produção.
A.11.3 – Difundir plano de curto prazo	O plano é transmitido geralmente de duas formas, a primeira de modo formal entre o engenheiro, mestre de obras, subempreiteiro e os encarregados, e o segundo é através do contato verbal entre os encarregados e os demais funcionários.

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 4.12 – Descrição da atividade A.12

Tipo	Tarefa
Identificador / Nome	A.12 – Contratação de mão de obra
Descrição	Tarefa caracterizada pela divulgação, seleção e contratação da mão de obra de acordo com o planejamento do empreendimento.

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 4.13 – Descrição da atividade A.13

Tipo	Tarefa
Identificador / Nome	A.13 – Compra dos recursos classe C1
Descrição	Tarefa que compreende a negociação com os fornecedores e a compra dos insumos, tendo como base a programação de recursos classe C1.

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 4.14 – Descrição da atividade A.14

Tipo	Tarefa
Identificador / Nome	A.14 – Compra dos recursos classe C2 e C3
Descrição	Tarefa que compreende a negociação com os fornecedores e a compra dos insumos, tendo como base a programação de recursos classe C2 e C3.

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 4.15 – Descrição da atividade A.15

Tipo	Conjunto de tarefas
Identificador / Nome	A.15 – Execução do empreendimento
Descrição	Etapa que corresponde ao conjunto de ações ou atividades que materializam o empreendimento.
Sub tarefas	Descrição das sub tarefas
A.15.1 – Reunião de produção	Reunião onde são discutidos os planos e os gargalos encontrados na produção do empreendimento.
A.15.2 – Fiscalização dos serviços	Tarefa que visa garantir a qualidade do produto e deve acompanhar o processo de produção.
A.15.2.1 – Conformidade	Tarefa que visa verificar se o que foi executado esta de acordo com o que foi projetado, especialmente quanto à forma, conformidade, compatibilização e quanto à quantidade de produção.
A.15.2.2 – Qualidade	Tarefa que tem por objetivo verificar a eficiência dos procedimentos adotados e a qualidade dos materiais empregados.
A.15.3 – Produção	Tarefa que tem por objetivo a realização ou materialização do produto.
A.15.4 – Suprimento	Tarefa que compreende a gestão do suprimento.
A.15.4.1 – Logística	Tarefa compreendida pelo conjunto de ações necessárias as frentes de trabalho.
A.15.4.2 – Inspeção dos materiais	Tarefa que corresponde à fiscalização da quantidade, da qualidade e da execução de testes de desempenho dos insumos que são produzidos fora do canteiro.
A.15.5 – Geração de dados	Tarefa que compreende a reunião de dados das tarefas de fiscalização, produção e suprimento para análise.

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 4.16 – Descrição da atividade A.16

Tipo	Conjunto de tarefas
Identificador / Nome	A.16 – Elaboração ou atualização do relatório de controle
Descrição	Etapa caracterizada por medir e avaliar o que foi realizado e compará-lo ao planejamento ou acordado em termos de custo, prazo, quantidade e qualidade.
Sub tarefas	Descrição das sub tarefas
A.16.1 – Geração ou atualização de indicadores	Tarefa que visa transformar os dados coletados em campo em indicadores que possam facilitar a tomada de decisão.
A.16.1.1 – Indicadores de custos	Geração de indicadores que avaliam o empreendimento quanto aos custos.
A.16.1.2 – Indicadores de produção	Geração de indicadores que avaliam o empreendimento quanto aos prazos.
A.16.1.3 – Indicadores de qualidade	Geração de indicadores que avaliam o empreendimento quanto à qualidade.
A.16.2 – Análise dos indicadores	Tarefa que compreende em analisar os indicadores gerados e compará-los com os de ciclos anteriores.
A.16.3 – Elaboração ou atualização do relatório de controle	Tarefa que visa descrever os resultados dos indicadores, indicando possíveis desvios nas metas.
A.16.4 – Análise de conformidade	Tarefa que se destina a medir e avaliar a evolução do empreendimento, o motivo de possíveis inconsistências e suas causas.
A.16.5 – Tomada de decisões	Tarefa que visa propor ações necessárias a manter as metas estabelecidas.
A.16.6 – Difusão dos planos	Após a tomada de decisões são divulgadas as ações as serem tomadas.

Fonte: Elaborado pelo autor

Os requisitos de troca encontrados nos mapas, estão descritos nos Quadro 4.17 a Quadro 4.32.

Quadro 4.17 – Descrição do requisito de troca R.T.1

Tipo	Requisito de troca
Identificador / Nome	R.T.1 – Projetos
Descrição	Projetos executivos desenvolvidos pelos projetistas das diversas disciplinas envolvidas no empreendimento.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 4.18 – Descrição do requisito de troca R.T.2

Tipo	Requisito de troca
Identificador / Nome	R.T.2 – Orçamento
Descrição	Orçamento discriminado desenvolvido pelo departamento orçamenta.

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 4.19 – Descrição do requisito de troca R.T.3

Tipo	Requisito de troca
Identificador / Nome	R.T.3 – Solicitação de disponibilidade financeira
Descrição	Solicitação ao departamento financeiro a disponibilidade financeira da empresa para o período da construção do empreendimento.

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 4.20 – Descrição do requisito de troca R.T.4

Tipo	Requisito de troca
Identificador / Nome	R.T.4 – Relatório de disponibilidade financeira
Descrição	Relatório elaborado pelo departamento financeiro sobre as finanças da empresa disponíveis para o período da construção, servindo como base para planejamento estratégica do empreendimento.

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 4.21 – Descrição do requisito de troca R.T.5

Tipo	Requisito de troca
Identificador / Nome	R.T.5 – Solicitação de contratação de mão de obra
Descrição	Este requisito de troca descreve a necessidade a necessidade de contratação de mão e obra.

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 4.22 – Descrição do requisito de troca R.T.6

Tipo	Requisito de troca
Identificador / Nome	R.T.6 – Programação de compra de recursos classe C1 e comprar/alguém de equipamentos
Descrição	É a programação dos recursos que geralmente possuem um longo ciclo de aquisição e baixa repetitividade de compra.

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 4.23 – Descrição do requisito de troca R.T.7

Tipo	Requisito de troca
Identificador / Nome	R.T.7 – Programação de compra de recursos classe C2 e C3 e comprar/algum de equipamentos
Descrição	É a programação dos recursos que geralmente possuem um ciclo de aquisição inferior a trinta dias e uma frequência média de repetitividade de compra.

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 4.24 – Descrição do requisito de troca R.T.8

Tipo	Requisito de troca
Identificador / Nome	R.T.8 – Plano de curto prazo
Descrição	Plano descrito de modo formal e enviado ao responsável pela produção.

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 4.25 – Descrição do requisito de troca R.T.9

Tipo	Requisito de troca
Identificador / Nome	R.T.9 – Relatório da contratação da mão de obra
Descrição	Este requisito descreve a programação de contratação de mão de obra.

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 4.26 – Descrição do requisito de troca R.T.10

Tipo	Requisito de troca
Identificador / Nome	R.T.10 – Relatório de compra e entrega dos recursos classe C1
Descrição	Relatório onde são descritos os fornecedores, contados e data de entrega dos recursos adquiridos.

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 4.27 – Descrição do requisito de troca R.T.11

Tipo	Requisito de troca
Identificador / Nome	R.T.11 – Relatório de compra e entrega dos recursos classe C2 e C3
Descrição	Relatório onde são descritos os fornecedores, contados e data de entrega dos recursos adquiridos.

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 4.28 – Descrição do requisito de troca R.T.12

Tipo	Requisito de troca
Identificador / Nome	R.T.12 – Envio de informação para fornecedor de materiais
Descrição	Solicitação de cotação de preços aos fornecedores contendo a quantidade e a descrição do recurso a ser adquirido.

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 4.29 – Descrição do requisito de troca R.T.13

Tipo	Requisito de troca
Identificador / Nome	R.T.13 – Retorno de informações do fornecedor de materiais
Descrição	Cotação de preço fornecida pelo fornecedor contendo os preços dos recursos, forma de pagamento, prazo para entrega, valor do frete, etc.

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 4.30 – Descrição do requisito de troca R.T.14

Tipo	Requisito de troca
Identificador / Nome	R.T.14 – Dados
Descrição	Dados coletados em campo que iram fomentar a geração de indicadores.

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 4.31 – Descrição do requisito de troca R.T.15

Tipo	Requisito de troca
Identificador / Nome	R.T.15 – Relatório estratégico para o controle
Descrição	Relatório que contém o estabelecimento dos padrões que serão empregados na etapa de controle.

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 4.32 – Descrição do requisito de troca R.T.16

Tipo	Requisito de troca
Identificador / Nome	R.T.16 – Planos após o controle
Descrição	Após a análise de não conformidades será gerados novos planos que servirão de base à atualização dos três níveis de planejamento.

Fonte: Elaborado pelo autor

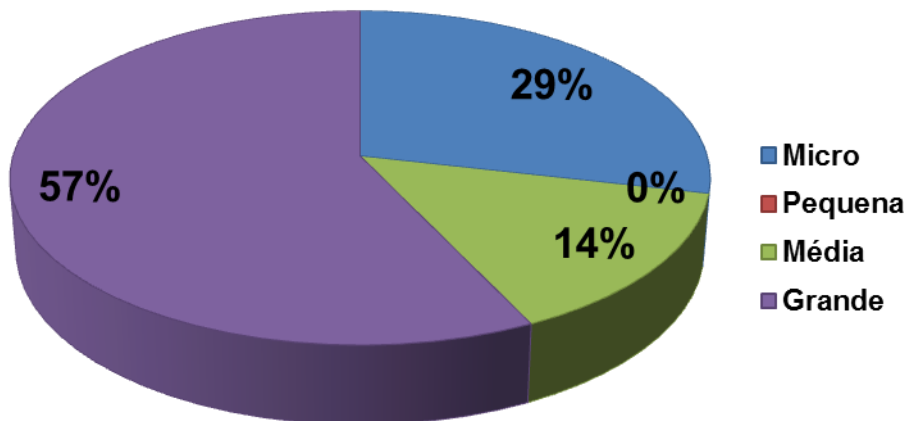
4.2 Coleta de dados

A coleta de dados será apresentada em etapas similares as que foram atribuídas no questionário, são elas: identificação (entrevistado e empresa), caracterização geral da implantação do BIM pela empresa, perguntas relacionadas com a orçamentação, perguntas relacionadas com o planejamento e perguntas relacionadas com o controle. A coleta de dados envolveu sete empresas, onde as respostas de cada empresa para as questões do questionário estão descritas no Apêndice C: Respostas do Questionário

4.2.1 Identificação (entrevistado e empresa)

A grande maioria das empresas pesquisadas tem sua área de atuação abrangendo todo o território nacional. Segundo a classificação do Serviço Brasileiro de Apoio às Micros e Pequenas Empresas (SEBRAE), 57% das empresas são de grande porte, tendo mais de quinhentos funcionários, como apresentado na Figura 4.9. A Tabela 4.1 traz informações referentes ao tipo de serviço prestado pelas empresas na área de construção civil, seu tempo de operação, quanto tempo está trabalhando com o BIM e o cargo exercido pelo entrevistado na empresa.

Figura 4.9 – Caracterização das empresas pelo número de funcionários



Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 4.1 – Descrição das Empresas e entrevistados

EMPRESA	MERCADO	TEMPO DE OPERAÇÃO	IMPLANTAÇÃO DO BIM	CARGO DO ENTREVISTADO
A	Incorporação e construção	70 anos	De 2 a 4 anos	Arquiteto
B	Prestação de serviços, incorporação e construção	41 anos	De 4 a 6 anos	Coordenador BIM
C	Consultoria	5 anos	Menos de 2 anos	Sócio-Diretor
D	Construção	20 anos	De 6 a 8 anos	Coordenador de Projeto
E	Construção	30 anos	De 4 a 6 anos	Diretor de Engenharia
F	Consultoria	7 anos	De 4 a 6 anos	Engenheiro
G	Estatal	62 anos	De 2 a 4 anos	Gerente de Projeto

Fonte: Elaborado pelo autor

As empresas são caracterizadas da seguinte forma:

A **Empresa A** é uma organização global, de origem brasileira, presente em vários países, possui mais de 180 mil funcionários e tem um portfólio de negócios diversificado, atuando em vários ramos da economia, inclusive na construção civil. A pesquisa foi aplicada no seguimento imobiliário da empresa, que atua em seis estados brasileiros realizando obras residenciais, comerciais, multiusos, de hotelaria e até mesmo bairros planejados. O estudo foi realizado com um arquiteto que trabalha diretamente com as ferramentas BIM na empresa.

A **Empresa B** é uma organização composta por três empresas, tendo como focos principais de negócio a prestação de serviços de engenharia e a construção civil, realizando obras residenciais, comerciais, hotelaria, hospitalares e industriais. A empresa possui cerca de seiscentos funcionários e atua em vários estados

brasileiros. A colaboradora que transmitiu as informações para o estudo é uma das coordenadoras de BIM da empresa.

A **Empresa C** é uma empresa de consultoria que atua no gerenciamento de empreendimento, tendo um pacote de serviços integrados contemplando as etapas de concepção, planejamento e controle de obras. Dentro deste contexto, a empresa vem prestando consultoria em BIM para várias empresas construtoras principalmente localizadas na região nordeste do país. O sócio-diretor foi à pessoa que respondeu ao questionário.

A **Empresa D** faz parte de um grupo empresarial compostos de empresas que atuam em seguimentos diferentes dentro do setor da construção civil, indo desde o estudo de viabilidade até execução de empreendimentos. A empresa possui cerca de quatrocentos funcionários e executa obras industriais, comerciais, hospitalares, residenciais e de hotelaria. A pesquisa foi realizada com uma das coordenadoras de projetos da empresa.

A **Empresa E** é uma construtora que atua nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, executando obras corporativas, residenciais, de hotelaria, industriais, shoppings e de telecomunicações, possuindo em torno de oitocentos colaboradores em seu quadro de funcionários. O contato estabelecido para desenvolvimento da pesquisa na empresa foi com o diretor de engenharia.

A **Empresa F** também é uma empresa de consultoria que tem em seu portfólio de serviços a elaboração de orçamento, planejamento, gerenciamento e acompanhamento de obras se utilizando das ferramentas BIM. A empresa vem desenvolvendo seus trabalhos em empresas construtoras basicamente dentro do estado de alagoas. As informações para a pesquisa foram colhidas com um dos engenheiros consultores.

A **Empresa G** é a maior estatal brasileira e esta presente em dezessete países, atuando de forma integrada com diferentes setores da geração de energia que tem como base o petróleo, como: a exploração e produção, refino, comercialização, transporte, petroquímica, distribuição de derivados, gás natural, energia elétrica, gás-química e biocombustíveis. A empresa foi convidada a colaborar com a pesquisa para obtenção das respostas de uma contratante, já que para as construções de suas novas sedes comerciais estão se exigindo a utilização

dos conceitos e ferramentas BIM. O respondente dos questionamentos da pesquisa foi um dos gerentes de projeto da empresa, responsável por coordenar alguns destes novos empreendimentos.

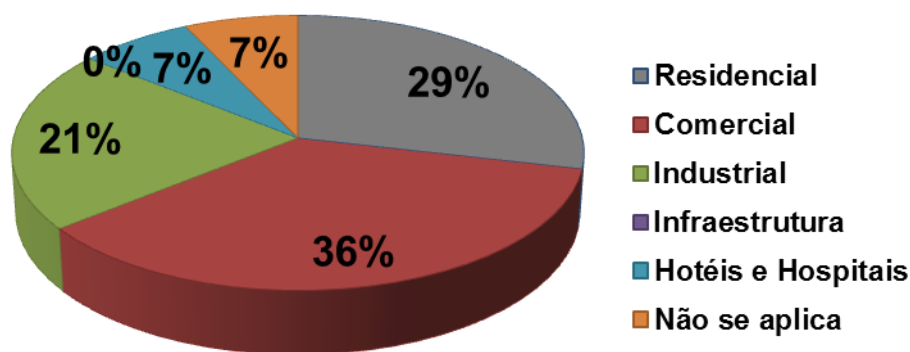
4.2.2 Caracterização geral da implantação e uso do BIM pelas empresas

Esta etapa do estudo compreende o entendimento de nove questionamentos que caracterizam como o BIM foi ou está sendo implantado pelas respectivas empresas.

4.2.2.1 Tipos de empreendimento construídos pelas empresas

Este questionamento visa esclarecer quais os tipos de empreendimentos o BIM vem sendo normalmente empregados no Brasil, ilustrado em forma de percentuais na Figura 4.10. As maiores atribuições encontradas foram para empreendimentos comerciais, residenciais e industriais, tendo respectivamente 36%, 29% e 21% das citações estabelecidas pelas empresas. De acordo com os respondentes, isto é ocorre pelo fato das empresas focarem seus investimentos, de maneira prioritária, para estes tipos de empreendimentos, em que as obras possuem um grau significativo de complexidade, conseqüentemente podendo extrair um maior nível de benefícios com o emprego do BIM. Outra justificativa esplanada, principalmente para obras comerciais e industriais, é que o emprego do BIM traz uma maior competitividade de mercado, pois sua utilização pode ser encarada como um diferencial para o cliente.

Figura 4.10 – Tipos de empreendimento construídos pelas empresas



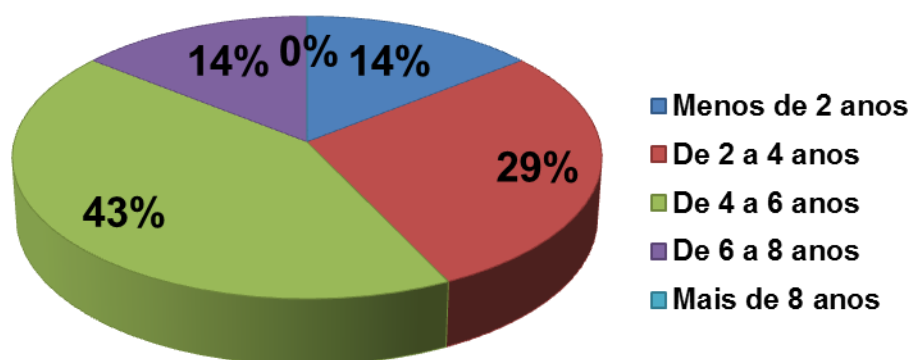
Fonte: Elaborado pelo autor

A resposta “não se aplica” foi colocada pela **Empresa C**, por ser uma empresa de consultoria e não construtora. Ela relata que em sua carteira de clientes estão presentes todos os tipos de obras, desenvolvendo aplicações em BIM em algumas delas. Já a **Empresa F**, a outra empresa de consultoria presente na pesquisa, respondeu que só está trabalhando com BIM para clientes que executam obras residenciais. A **Empresa G** está aplicando BIM apenas em seus empreendimentos comerciais, mas tem pretensão no futuro de implementá-lo em suas obras industriais.

4.2.2.2 Tempo de utilização da tecnologia BIM pelas empresas

Com esse questionamento, buscou-se entender a quanto tempo as empresas vem trabalhando e desenvolvendo seus empreendimentos com as ferramentas BIM. Pode-se observar na Figura 4.11 que entre as empresas pesquisadas, 43% delas estão com menos de quatro anos de implantação e 57% delas estão utilizando a ferramenta nos intervalos de quatro a seis e de seis a oito anos. Estes dados demonstram que o tempo de utilização é relativamente baixo para alcançar um nível elevado de maturidade para utilização da tecnologia.

Figura 4.11 – Tempo de utilização da tecnologia BIM pelas empresas



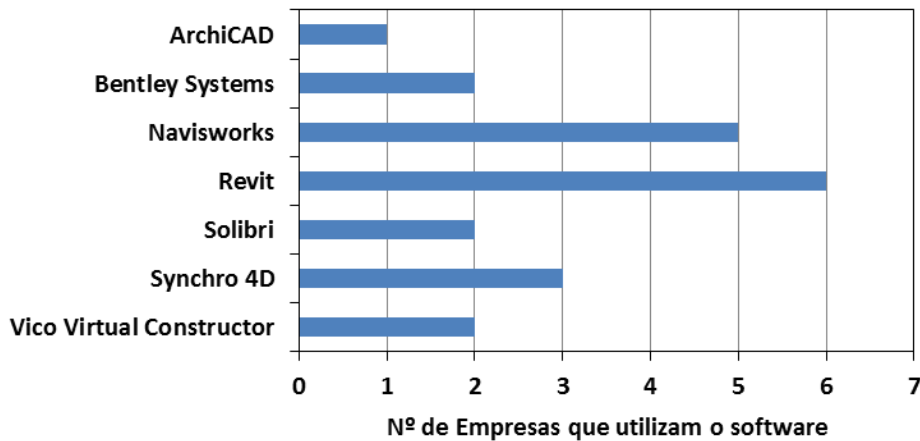
Fonte: Elaborado pelo autor

4.2.2.3 Softwares utilizados pelas empresas

A Figura 4.12 apresenta os principais softwares utilizados nas empresas. Os que mais se destacam são o Revit e o Navisworks, softwares citados pela maioria das empresas. Os entrevistados relataram que os softwares foram adquiridos pelas empresas por possuírem um ótimo custo-benefício e por serem bem intuitivos, facilitando o aprendizado. Os softwares são desenvolvidos pela empresa Autodesk,

onde o primeiro é um software de projeto que possui os conceitos BIM e inclui recursos para arquitetura, construção, engenharia estrutural e sistemas prediais (*Mechanical, Electrical, Plumbing* (MEP)). O segundo é um software de análise de projetos que possibilita a coordenação, resolução de conflitos entre as disciplinas e o planejamento 4D.

Figura 4.12 – Softwares utilizados pelas empresas



Fonte: Elaborado pelo autor

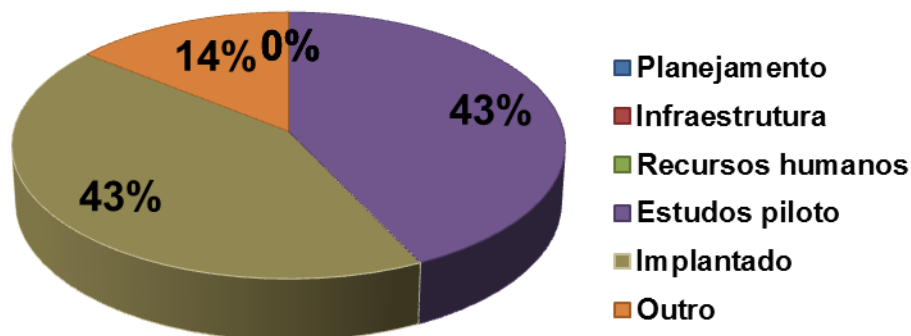
As empresas relataram que não existe um software que contemple todos os usos BIM e as necessidades inerentes às atividades de construção, se fazendo necessária a aquisição de pacotes de softwares. Deste modo, foi levado em consideração alguns aspectos para escolha dos pacotes, como a interoperabilidade entre os softwares, custo de aquisição das licenças, necessidade hardware e a facilidade de manuseio pelo usuário.

4.2.2.4 Estágio atual de implantação da tecnologia nas empresas

Os estágios de implantação da tecnologia foram divididos em cinco etapas básicas: planejamento para implantação, infraestrutura para implantação, investimento em recursos humanos, estudos pilotos e, enfim, a implantação. Estes estágios foram desenvolvidos a partir da leitura e compreensão de alguns estudos de casos da implantação do BIM em empresas construtoras.

Deste modo, a Figura 4.13 traz um panorama do estágio de implantação da tecnologia. Assim, foi possível constatar que entre as empresas participantes na pesquisa, os estágios com mais atribuições foram o implantado e o de estudos pilotos, totalizando 86% das empresas.

Figura 4.13 – Estágio atual de implantação da tecnologia nas empresas



Fonte: Elaborado pelo autor

As organizações que já implantaram a tecnologia relatam que estão em fase de consolidação dos conhecimentos adquiridos com a mudança dos procedimentos da forma tradicional para o BIM. Assim, eles descreveram que estão fortalecendo os pontos positivos e buscando estratégias para atenuar os pontos negativos estabelecidos com a adoção da tecnologia. Elas citaram como pontos positivos da tecnologia: a facilidade na execução, alteração e compatibilização de projetos, a maior simplicidade no gerenciamento das informações e comunicação entre as disciplinas, a grande possibilidade de identificação e geração de soluções para problemas que ocorreriam na obra através da visualização 3D do modelo, bem como a incomplexidade no levantamento de quantidades e especificações extraídas automaticamente.

Com relação às barreiras que tiveram que transpor para alcançar este estágio de implantação, as mesmas empresas expõem várias dificuldades, mas destacaram as com maior grau de relevância, como sendo:

- Plano de automação do projeto: elaboração de um plano que construa o caminho a ser seguido para atingir os objetivos do uso do BIM no projeto, ou seja, o plano deve orquestrar toda a gestão da construção virtual, contemplando a tecnologia, os processos e as pessoas. O plano deve conter e definir o cronograma de desenvolvimento do modelo, as premissas de modelagem, os processos de elaboração do modelo e os procedimentos de colaboração e de intercâmbio de informações entre as disciplinas.

- Escopo do modelo: reunião do conjunto de diretrizes de modelagem a serem adotadas para criação do modelo, diretamente relacionadas com os objetivos futuros de utilização do mesmo.
- Interoperabilidade: definição de quais procedimentos e padrões serão utilizados pelas empresas para combater a falta de comunicação e troca de informações entre os sistemas utilizados para o desenvolvimento do empreendimento.
- Desenvolvimento de bibliotecas: desenvolvimento de objetos BIM utilizados pelas empresas de forma organizada, estruturada e documentada, com o intuito de alinhar cada vez mais o modelo com o empreendimento real e com os produtos encontrados no mercado.

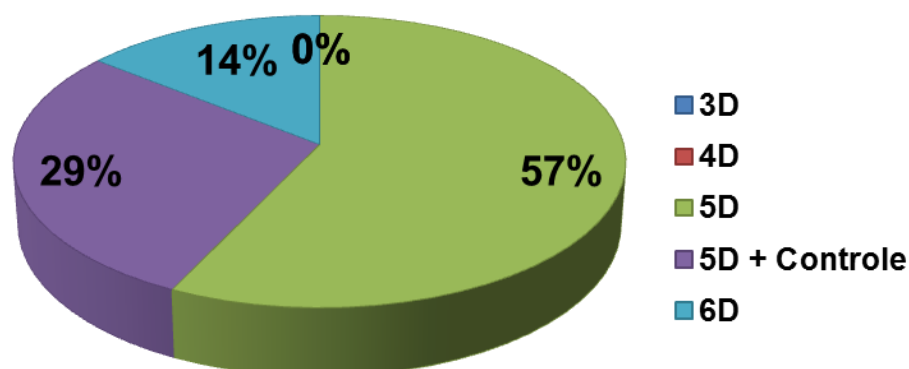
Já as empresas que declaram que estão no estágio de estudos pilotos, relataram que estão ansiosas para o término desta etapa, para assim, poderem conflitar os benefícios que o BIM pode proporcionar com os reais encontrados pelas empresas, possibilitando uma visão do todo e não apenas de partes já estabelecidas. A **Empresa C** foi a única a atribuir à resposta “outro”, pois considera que não esteja em uma fase definida, permeando entre todos os estágios estabelecidos para o questionário. A respondente descreveu que a estratégia de implantação do BIM pela empresa foi traçada por departamento e não todos ao mesmo tempo, ou seja, os departamentos estão em estágios de implantação diferentes.

4.2.2.5 Meta de utilização do BIM para as empresas

Entre as empresas que contemplam o estudo, 57% responderam que o objetivo principal de utilização do BIM é a modelagem 5D, compilação do modelo, tempo e custo, como ilustrado na Figura 4.14. A justificativa dada pelas empresas para a escolha desta meta, é o fato que os principais problemas enfrentados pelas construtoras são o de controlar os prazos e custos dos empreendimentos, problemas que podem ser minimizados com a utilização do BIM. De acordo com elas, estes problemas são atenuados com a tecnologia principalmente devido à maior qualidade na elaboração e compatibilização dos projetos e uma melhor análise de cenários de planejamento, proporcionando orçamentos com maior grau de confiabilidade e uma

maior continuidade produtiva a fase de execução, retirando as interrupções e retrabalhos decorrentes de falhas de projeto.

Figura 4.14 – Meta de utilização do BIM para as empresas



Fonte: Elaborado pelo autor

A segunda meta mais citada foi à modelagem 5D mais o controle, com um percentual de 29%. As empresas que atribuíram esta meta relatam que o controle a partir do BIM baseia-se na comparação entre o planejado e o realizado através do modelo, analisando principalmente aspectos de qualidade, prazo e custo. Este processo ganha maior agilidade quando as tecnologias BIM são combinadas com as outras inseridas no canteiro, como o uso de *tablets* com o acesso a plataformas em nuvem que proporcionam um sistema de acompanhamento e controle aprimorado e que utiliza as interfaces gráficas do modelo.

A **Empresa G** foi a única a atribuir como meta à modelagem 6D, isso se justifica por ser a única empresa contratante presente na pesquisa, onde se utiliza o modelo BIM para gerenciar as instalações. A empresa relata que após a combinação do modelo com um software de *Facility Management* obtém-se um ganho de qualidade na gestão de ativos, no gerenciamento dos espaços e no planejamento da manutenção da edificação, por o modelo BIM servir de repositório de informações inerentes a essas atividades.

4.2.2.6 Atribuições para as quais o BIM é utilizado pelas as empresas

Dentro do ciclo de vida de um empreendimento, o BIM pode possuir várias atribuições para as fases de projeto, construção e operação de edifícios, permitindo aperfeiçoar os processos internos das empresas. Assim, a Tabela 4.2 traz as principais atribuições de projeto utilizadas pelas empresas.

Tabela 4.2 – Atribuições de projeto

DESCRIÇÃO	Nº DE EMPRESAS	PERCENTUAL
Concepção do projeto	1	14%
Documentação do projeto	4	57%
Visualização do projeto	6	86%
Compatibilização dos projetos	7	100%
Revisão de projetos	5	71%
Análise de eficiência energética	0	0%
Avaliação de critérios de sustentabilidade	1	14%
Análises de engenharia	6	86%
Extração de quantitativos	7	100%

Fonte: Elaborado pelo autor

Entre as atribuições de projetos, as que mais se destacaram foram: compatibilização dos projetos, extração de quantitativos, visualização do projeto e análises de engenharia, onde as duas primeiras foram citadas por 100% das empresas e as duas últimas por 86%. A grande importância dada à compatibilização dos projetos é justificada pelos entrevistados pelo fato do BIM proporcionar uma facilitação e uma economia de tempo para a realização desta atividade. Essas melhorias agregadas ao processo de projeto se dão pela geração automática de relatórios de compatibilização por algumas ferramentas BIM, onde são listados os conflitos entre as disciplinas a partir da reunião de todos os modelos em um arquivo único ou da interação entre modelos das diferentes disciplinas.

Com relação à extração de quantitativos, seu grande percentual de utilização pelas empresas é justificado pelo ganho de precisão e agilidade, através da extração automática das quantidades diretamente do modelo 3D, diminuindo o esforço e gastos para a elaboração dos orçamentos e aumentando a assertividade dos custos incorridos em um empreendimento. Já para a visualização do projeto em BIM, as empresas atribuem uma grande importância por possibilitar uma visão holística antecipada do empreendimento, sem precisar fazer análise em várias pranchas de projeto em 2D, permitindo uma fácil verificação do escopo do projeto, desfrutando da construção virtual.

A justificativa atribuída pelos respondentes ao amplo número de citações destinadas ao item de análises de engenharia é correspondente aos benefícios proporcionados principalmente aos projetos estruturais, onde se tem a possibilidade de uma melhor visualização e comparação dos modelos geométricos e analíticos, facilitando a identificação de soluções construtivas que contribuam para uma melhor

construtibilidade, como também uma maior agilidade na análise econômica da solução construtiva encontrada por meio da extração automática dos quantitativos do modelo estrutural.

As atribuições de concepção do projeto, análise de eficiência energética e avaliação de critérios de sustentabilidade foram as que tiveram menores percentuais de citações pelas organizações. As duas últimas atribuições têm seus baixos percentuais motivados pelos conceitos de eficiência energética e sustentabilidade ainda não estarem incluídos e consolidados nas estratégias empresariais e por não ser um demanda dos clientes das empresas pesquisadas. Com relação à concepção do projeto, as empresas ainda não estão realizando a fase de concepção com o BIM, ou seja, a tecnologia atualmente esta sendo inserida após a idealização do projeto.

Para as principais atribuições de construção utilizadas pelas empresas, as que mais se destacam são a gestão de custo, o planejamento e a coordenação 3D, com 86%, 71% e 71% respectivamente, como apresentado na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Atribuição de construção

DESCRIÇÃO	Nº DE EMPRESAS	PERCENTUAL
Planejamento do canteiro de obras	4	57%
Planejamento	5	71%
Gestão de custos	6	86%
Coordenação 3D	5	71%
Pré-fabricação	2	29%
Prototipagem	1	14%
Acompanhamento e controle da obra	2	29%
Não utiliza o BIM para atribuições de Construção	1	14%

Fonte: Elaborado pelo autor

Para os participantes da pesquisa, o BIM proporciona o trabalho simultâneo de várias disciplinas entorno de um único modelo, facilitando o gerenciamento das modificações e a coordenação de projetos, gerando assim, projetos e informações com maior qualidade. Este fato aliado à modelagem 4D, que traz benefícios a duas atribuições, o planejamento e o planejamento do canteiro de obras, possibilitando uma melhor comunicação e contribuição entre as partes, uma coordenação de disciplinas facilitada e uma melhor logística de canteiro, possibilita uma melhor gestão dos custos do empreendimento.

As atribuições que obtiveram baixos percentuais foram observadas como não pertencentes ao escopo de utilização do BIM pelas empresas. O respondente da **Empresa G** descreveu que até o momento a empresa não utilizou as atribuições do BIM para construção, mas que a empresa pretende empregar este tipo de uso do BIM em empreendimentos futuros.

A Tabela 4.4 apresenta um panorama das empresas que estão utilizando o modelo para fins de operação e manutenção. Apenas duas empresas responderam que estão utilizando esta finalidade da tecnologia, uma delas é a **Empresa G** que por ser uma empresa contratante e que gerencia seus empreendimentos após a construção, tem este uso do BIM bem alinhado as suas metas empresariais. A outra organização é a **Empresa E** que descreveu que só utiliza esta finalidade se for uma demanda do cliente.

Tabela 4.4 – Utilização para fins de operação e manutenção

DESCRIÇÃO	Nº DE EMPRESAS	PERCENTUAL
Sim	2	29%
Não	5	71%

Fonte: Elaborado pelo autor

4.2.2.7 Principais benefícios da tecnologia para as empresas

Entre os benefícios do BIM descritos na literatura, as empresas mencionaram como principais benefícios alcançados, os seguintes: visualização antecipada e mais precisa de um projeto e a detecção de erros de projeto antes da construção, com 71% e 86% respectivamente, como ilustrado na Tabela 4.5. A melhor capacidade de visualização e interpretação do projeto gerado pelo modelo 3D BIM ao invés da leitura e entendimento de múltiplas vistas 2D, proporciona aos envolvidos no projeto, um maior entendimento do ambiente físico que irá ser construído, aumentando o grau de assertividade das bases para a tomada de decisão. Este aspecto explica o alto percentual atribuído ao item de visualização antecipada e mais precisa de um projeto.

Tabela 4.5 – Principais benefícios do BIM para as empresas

DESCRIÇÃO	Nº DE EMPRESAS	PERCENTUAL
Conceito, viabilidade e benefícios no projeto	1	14%
Aumento da qualidade e do desempenho da construção	4	57%
Visualização antecipada e mais precisa de um projeto	5	71%
Correções automáticas de baixo nível quando mudanças são feitas no projeto	1	14%
Geração de desenhos 2D precisos e consistentes em qualquer etapa do projeto	1	14%
Colaboração antecipada entre múltiplas disciplinas de projeto	3	43%
Verificação facilitada das intenções de projeto	2	29%
Extrações de estimativas de custo durante a etapa de projeto	4	57%
Incremento da eficiência energética e a sustentabilidade	0	0%
Sincronização de projeto e planejamento da construção	4	57%
Descoberta de erros de projeto antes da construção (detecção de interferências)	6	86%
Reação rápida a problemas de projeto ou do canteiro	3	43%
Uso do modelo de projeto com base para componentes fabricados	1	14%
Melhor implementação e técnicas de construção enxuta	1	14%
Sincronização da aquisição de materiais com o projeto e a construção	2	29%
Melhor gerenciamento e operação das edificações	1	14%
Integração com sistemas de operação e gerenciamento de facilidades	1	14%
Integração ampliada entre as equipes de projetos, engenharia e incorporação através de reuniões no modelo e troca de informações.	1	14%
Planejamento e Controle integrados	1	14%

Fonte: Elaborado pelo autor

As melhorias proporcionadas com a possibilidade da descoberta de erros de projeto antes da construção através de uma facilitação do processo de compatibilização dos projetos já foram descrito no item anterior do presente trabalho. A ocorrência de citações em praticamente todos os benefícios encontrados na literatura, pode ser explicada pelo fato do BIM poder ser considerado um grande repositório de informações, que podem ser facilmente obtidas e rastreadas em qualquer momento do empreendimento. Esta característica facilita a análise dos empreendimentos em vários aspectos, como por exemplo, o econômico e o construtivo, aumentando a qualidade e o desempenho do projeto.

Algumas empresas fizeram menção a outros benefícios alcançados, como a **Empresa A** que citou como outros benefícios a “Integração ampliada entre as

equipes de projetos, engenharia e incorporação através de reuniões no modelo e troca de informações” e a **Empresa B** que mencionou a possibilidade de “Planejamento e controle integrados”, maior ligação entre a etapa de planejamento e controle através da visualização em 3D. Isto demonstra que o BIM proporciona uma gama de benefícios, dependendo da destinação de utilização e do poder de percepção das empresas.

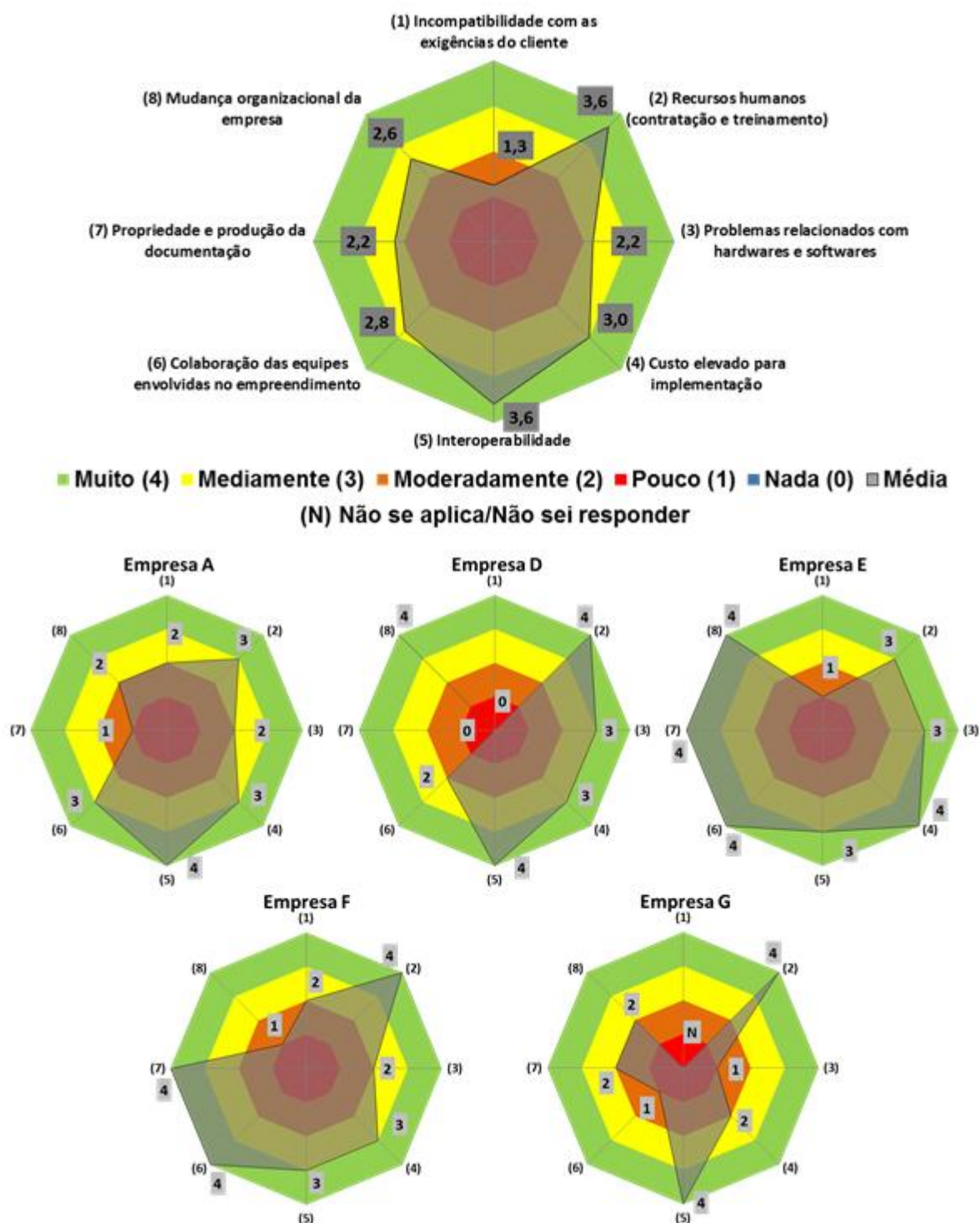
4.2.2.8 Principais desafios encontrados pelas empresas para implementação/uso da tecnologia

No questionário foi pedido que os participantes identificassem os principais desafios enfrentados pelas empresas para a implantação e uso da tecnologia BIM. Neste contexto, destacaram-se problemas com recursos humanos, com a interoperabilidade, com o custo elevado para implementação e com a colaboração das equipes envolvidas no empreendimento, como ilustrado na Figura 4.15.

A inserção de novas tecnologias em qualquer segmento da indústria ocasiona uma necessidade de encontrar pessoal qualificado para manusear as novas ferramentas e uma maior importância em oferecer formação e treinamento aos recursos humanos existentes na empresa. Esta necessidade em qualificar a mão de obra as novas ferramentas pode conduzir as organizações a enfrentar um longo processo de aprendizagem, onde a curva de aprendizagem é diferente para cada indivíduo, sendo importante encontrar o equilíbrio entre a carga de trabalho e o tempo destinado ao treinamento. Além disso, é necessário combater a relutância dos profissionais à mudança de cultura decorrente da modificação dos processos de trabalho proporcionado pelo sistema BIM. Assim, as organizações devem empregar uma gestão eficaz dos recursos humanos com a intenção de obter uma conformação do quadro de funcionários, proporcionando melhores resultados com a adoção da BIM.

Ao escolher pela implantação da tecnologia, as organizações também enfrentam problemas com a interoperabilidade, e neste sentido o desafio esta em estabelecer o equilíbrio na escolha do pacote de software que melhor desempenhe sua função e que melhor se comuniquem entre eles e com os softwares dos parceiros.

Figura 4.15 – Principais desafios encontrados pelas empresas



Fonte: Elaborado pelo autor

Assim, objetiva-se que a informação flua sem obstáculos, eliminando a transferência de dados manuais entre as aplicações, fazendo da interoperabilidade um fator de redução de tempo e custo. Ao se deparar com a falta de comunicação entre algumas aplicações as organizações tem que formalizar procedimentos,

padronizar terminologias dos objetos e escolher os padrões a ser utilizado para a troca de informações, isto demanda uma plana colaboração de todos os agentes participantes do empreendimento.

Isto expõe outro desafio, o de garantir a colaboração efetiva de todos os agentes em prol do todo e não apenas de sua atribuição específica. O BIM exige uma operação integrada multidisciplinar voltada para criação do produto, onde todos precisam compreender e contribuir de forma holística para o modelo. Deste modo, há a necessidade de se gerenciar a produção do modelo BIM, descrevendo detalhadamente a atuação de cada agente nos processos e buscando o entendimento de todos de que o BIM por si só não é a solução para a administração da informação da construção.

Desta maneira, é possível perceber que a implantação do BIM não é um tanto simples, que não se refere apenas à aquisição de hardwares e softwares, mas que compreende um conjunto de fatores que demanda um alto investimento de tempo e recursos monetários para se atingir o escopo estabelecido.

Na Figura 4.15 também se pode observar as respostas de cada empresa, onde ficou notório que as dificuldades enfrentadas por cada uma delas são diferentes, isto pode ser considerado decorrente do atual estágio de implantação e maturidade que cada empresa se encontra. Também é devido à variabilidade contida dentro de cada um dos aspectos estudados. Deste modo, uma empresa pode ainda não ter se deparado com certa dificuldade ou sua estratégia de implantação pode ter suprimido certa dificuldade.

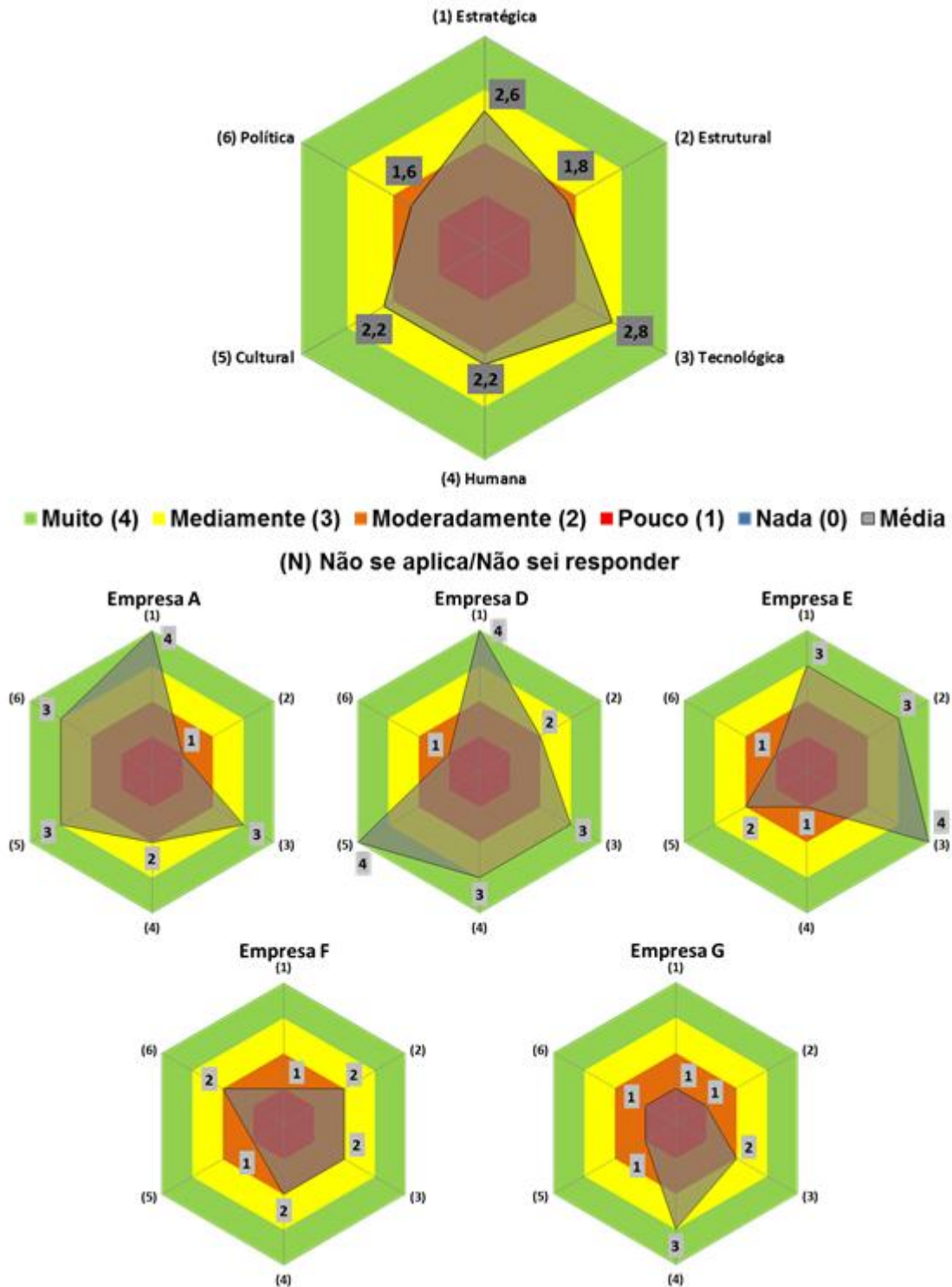
Segundo o colaborador da **Empresa A**, outro problema que a empresa esta enfrentando é a “falta de projetistas capacitados e convencidos dos potenciais usos do BIM”, o que ocasiona no desenvolvimento dos projetos em 2D e posteriormente serem modelados por uma equipe interna da empresa, proporcionando uma utilização limitada das potencialidades da tecnologia. A **Empresa B** e a **Empresa C** não estão presentes na Figura 4.15 por não terem respondido a esta questão, isto é decorrente da não participação das mesmas na segunda etapa da pesquisa, quando foi atualizado o questionário com novas perguntas.

4.2.2.9 Principais mudanças organizacionais sofridas pelas empresas após implantação do BIM

A Figura 4.16 apresenta as mudanças organizacionais sofridas pelas empresas após a implantação do BIM. Deste modo, pode-se notar que as notas foram bem distribuídas entre as opções, mas tendo um pouco mais de destaque a mudança estratégica e a mudança tecnológica, com notas 2,6 e 2,8 respectivamente. Os entrevistados relatam que a mudança estratégica sofrida pelas empresas está basicamente ligada ao estabelecimento de novos planos e padrões para produção dos serviços e produtos, buscando atender com maior qualidade as exigências do cliente. Já a mudança tecnológica está atrelada à atualização dos processos de trabalho, procurando otimizar os fluxos.

Pode-se observar também que as respostas individuais para cada empresa são diferentes e podem ser divididas em dois blocos, de um lado as empresas o bloco das empresas construtoras e de outro as empresas não construtoras. O primeiro bloco é formado pela **Empresa A**, **Empresa D** e **Empresa E**, onde é estabelecido certo grau de homogeneidade nas respostas em decorrência do fato de serem empresas construtoras, não podendo visualizar esta mesma conformidade nas respostas da **Empresa F** e **Empresa G**, pertencentes do grupo de não construtoras. Desta maneira, por serem empresas com atribuições de atuação diferentes dentro da construção civil, podem possuir percepções diferentes do impacto da utilização dos sistemas BIM sobre as organizações, pois os dois blocos de empresas têm participação diferentes nas etapas de materialização do produto final. A **Empresa B** e a **Empresa C** também não participaram deste item da pesquisa, em decorrência do mesmo motivo descrito no item anterior.

Figura 4.16 – Mudanças organizacionais sofridas pelas empresas



Fonte: Elaborado pelo autor

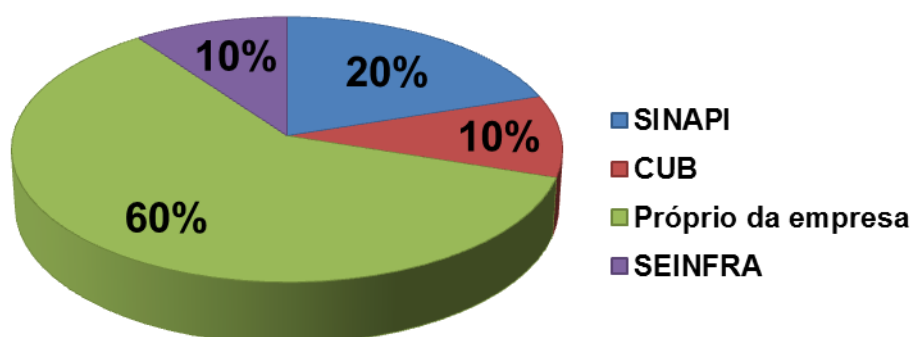
4.2.3 Perguntas relacionadas com a orçamentação

Esta fase visa identificar como o BIM auxilia no processo de orçamentação por meio de cinco questionamentos.

4.2.3.1 Base de dados mais utilizada para elaboração das estimativas de custos

Vários aspectos podem demandar a obtenção de estimativas de custos em alguma etapa do desenvolvimento do projeto, levando as empresas a utilizarem bases de dados e metodologias para alcançarem as estimativas. Assim, entre as empresas participantes da pesquisa, a base de dados mais utilizada é própria da empresa, composta por dados históricos da empresa, obtendo 60% das ocorrências, como demonstrado na Figura 4.17.

Figura 4.17 – Base de dados para elaboração das estimativas de custos



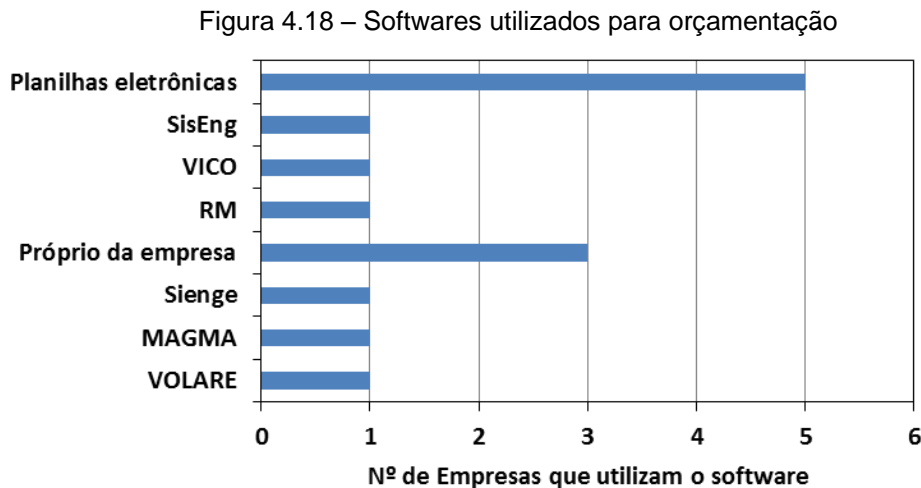
Fonte: Elaborado pelo autor

Outras bases de dados citadas foram o Custo Unitário Básico (CUB), utilizado principalmente para estimativas preliminares na fase de viabilidade, e o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), utilizado geralmente para obras públicas.

4.2.3.2 Softwares utilizados para orçamentação

A Figura 4.18 mostra os principais softwares utilizados pelas empresas para orçamentação. O software VICO, da organização VICO Software, é o único entre os programas comerciais citados que é considerado uma ferramenta BIM, ele é composto por quatro módulos (*Constructor*, *Estimating*, *Contral* e *5D Presenter*) que estabelecem até a modelagem 5D. O software que obteve o maior destaque foram às planilhas eletrônicas, em decorrência da maioria das ferramentas BIM só executarem o levantamento de quantitativos, demandando a utilização de outro software para unir os quantitativos aos custos unitários para chegar ao custo da obra. Como outro destaque, se observou o desenvolvimento de softwares para orçamentação próprios por parte de algumas empresas. Estes softwares foram

desenvolvidos levando em consideração a estrutura e a cultura organizacional de cada empresa e geralmente está vinculado ao *Enterprise Resource Planning* (ERP) da organização.



Fonte: Elaborado pelo autor

4.2.3.3 Como o BIM auxilia na estimativa de custos

Nesta etapa foi solicitado aos respondentes que descrevessem por meio da atribuição de notas o auxílio do BIM nas etapas de orçamentação descritas no item de fluxo de processos. Assim, são apresentadas na Figura 4.19 as notas atribuídas em cada etapa, onde é possível ser observado que o BIM auxilia principalmente o levantamento de quantitativos, a identificação dos serviços e a leitura e interpretação dos projetos e especificações técnicas.

Para o levantamento de quantitativos todas as empresas atribuíram a nota máxima quatro, demonstrando o quanto o BIM tem um auxílio impactante nesta etapa da orçamentação, devido principalmente à extração de quantidades automaticamente do modelo, já muito comentada no presente trabalho, e que gera um grande ganho de qualidade, precisão e tempo em comparação com a metodologia a partir de projetos CAD tradicional. Para as outras duas etapas em destaque, os fatores primordiais para a influência direta do BIM são a capacidade de visualização em três dimensões dos projetos e pelo BIM ser o repositório de informações, fornecendo ao orçamentista um melhor entendimento de como o empreendimento será construído.

Estes argumentos são fortalecidos pela gestão colaborativa da informação, ideologia central do BIM e proporcionada pela cooperação de todos os agentes, o que colabora para a inserção, extração e atualização das informações em um modelo e em diferentes fases do projeto. Desta maneira, as informações necessárias para a interpretação de uma construção passam a ser a compilação da geometria 3D, dos atributos dos comportamentos e das inter-relações dos elementos construtivos, facilitando a percepção antecipada de problemas e contribuindo para eficiência e redução dos custos de construção.

Na Figura 4.19 também é possível visualizar que algumas empresas atribuíram para certos aspectos a resposta zero ou a não se aplica/não sei responder. Foi atribuída resposta zero nas etapas que os respondentes acreditam não sofrerem influencia direta do BIM, mesmo podendo a tecnologia contribuir positivamente de forma indireta para a referida etapa. Já a resposta “Não se aplica/Não sei responder”, foi atribuída às etapas onde no entendimento dos respondentes, o BIM não tem nenhuma contribuição.

Em outros casos, foi visualizado que para algumas etapas foram obtidas notas bem diferentes, demonstrando o quanto pode ser distintas as opiniões das empresas. A Tabela 4.6 apresenta as três etapas com maior diferença de notas.

Tabela 4.6 – Etapas com maior diferença de notas

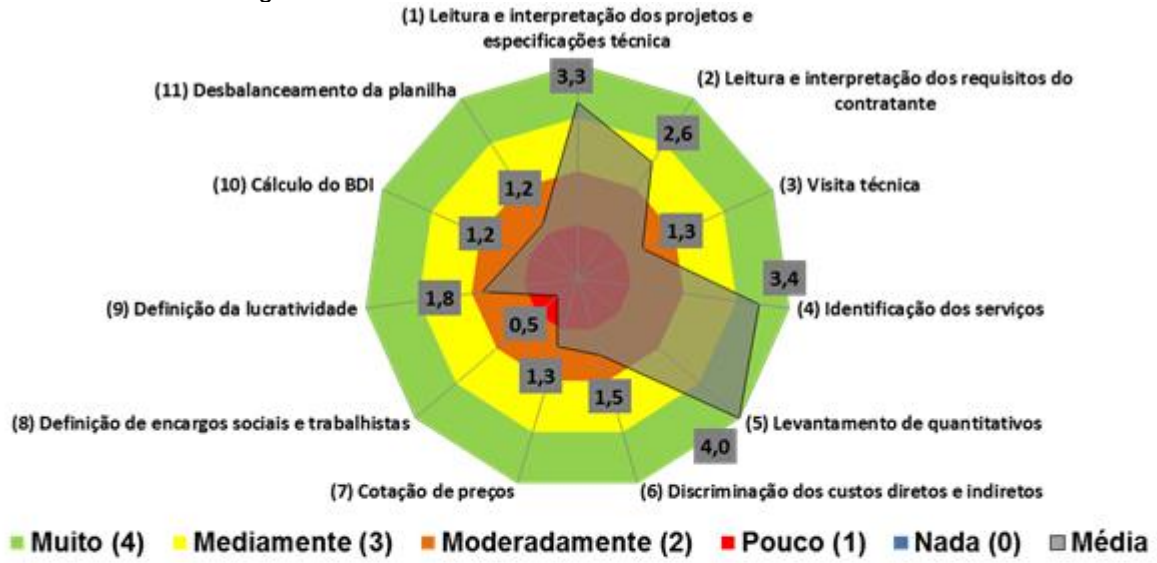
ETAPA	MENOR NOTA	MAIOR NOTA
Visita Técnica	Zero (0)	Quatro (4)
Cotação de preços	Zero (0)	Quatro (4)
Definição da lucratividade	Zero (0)	Quatro (4)

Fonte: Elaborado pelo autor

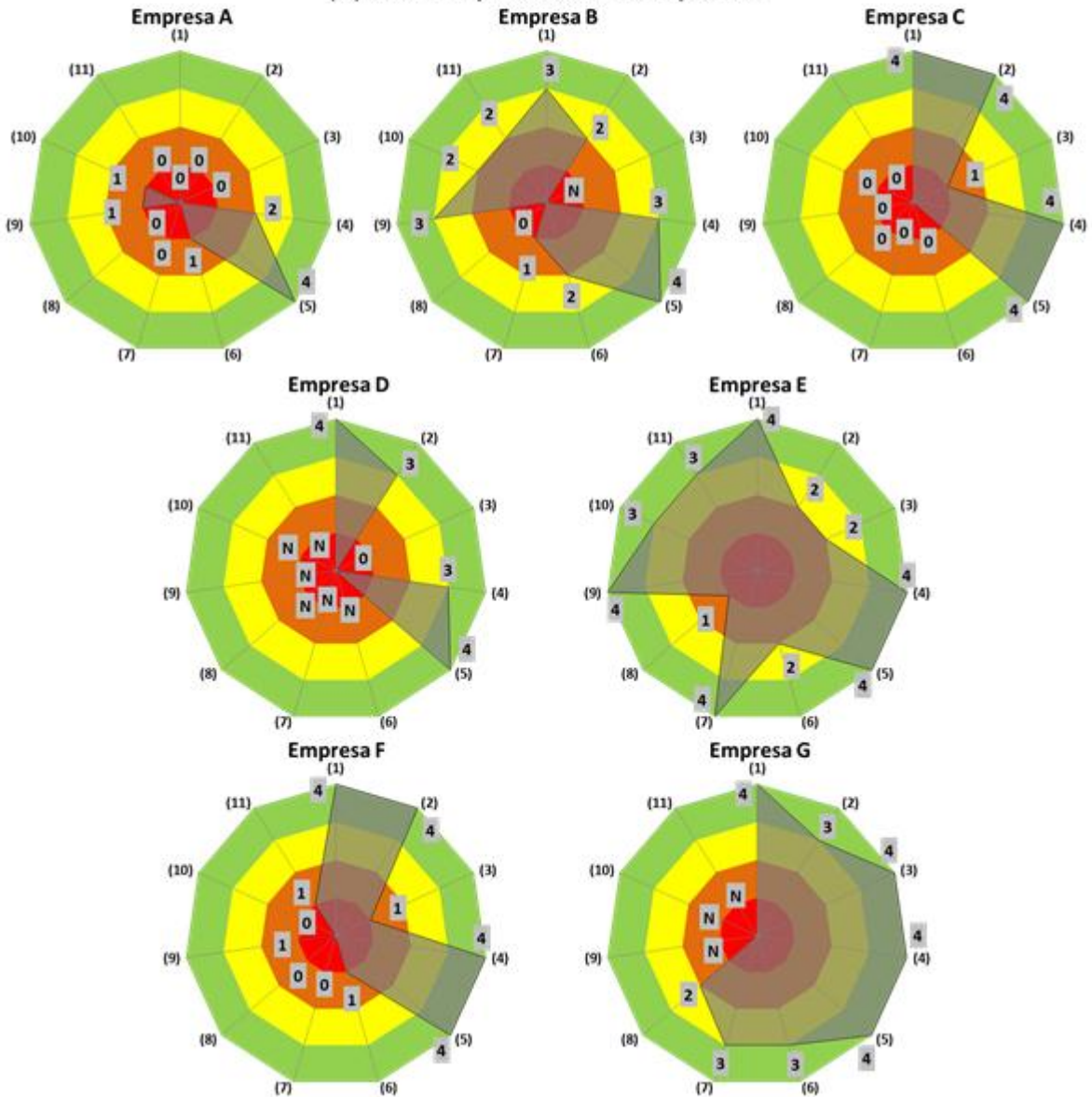
A justificativa para esta distinção de notas pode ser variada, mas pode-se destacar as seguintes:

- **Visita técnica:** pode ser um importante instrumento para coleta de dados para a modelagem 4D e 5D, principalmente no que diz respeito à localidade onde a obra está inserida e com a modelagem dos elementos temporários envolvidos na construção do empreendimento.

Figura 4.19 – Como o BIM auxilia na estimativa de custos



(N) Não se aplica/Não sei responder



Fonte: Elaborado pelo autor

- Cotação de preços: a modelagem de um elemento pode servir como informação base para componentes fabricados, como portas, janelas ou pré-moldados de concreto, contribuindo para um melhor entendimento e cotação de preços por parte dos fornecedores destes tipos de componentes.
- Definição da lucratividade: o BIM pode interferir indiretamente na lucratividade das empresas, sendo o mecanismo auxiliador na diminuição de custos, através dos benefícios aplicados as fases de projeto, orçamento e planejamento, proporcionando as empresas um aumento de lucratividade tendo o mesmo grau de competitividade de seu produto perante o mercado.

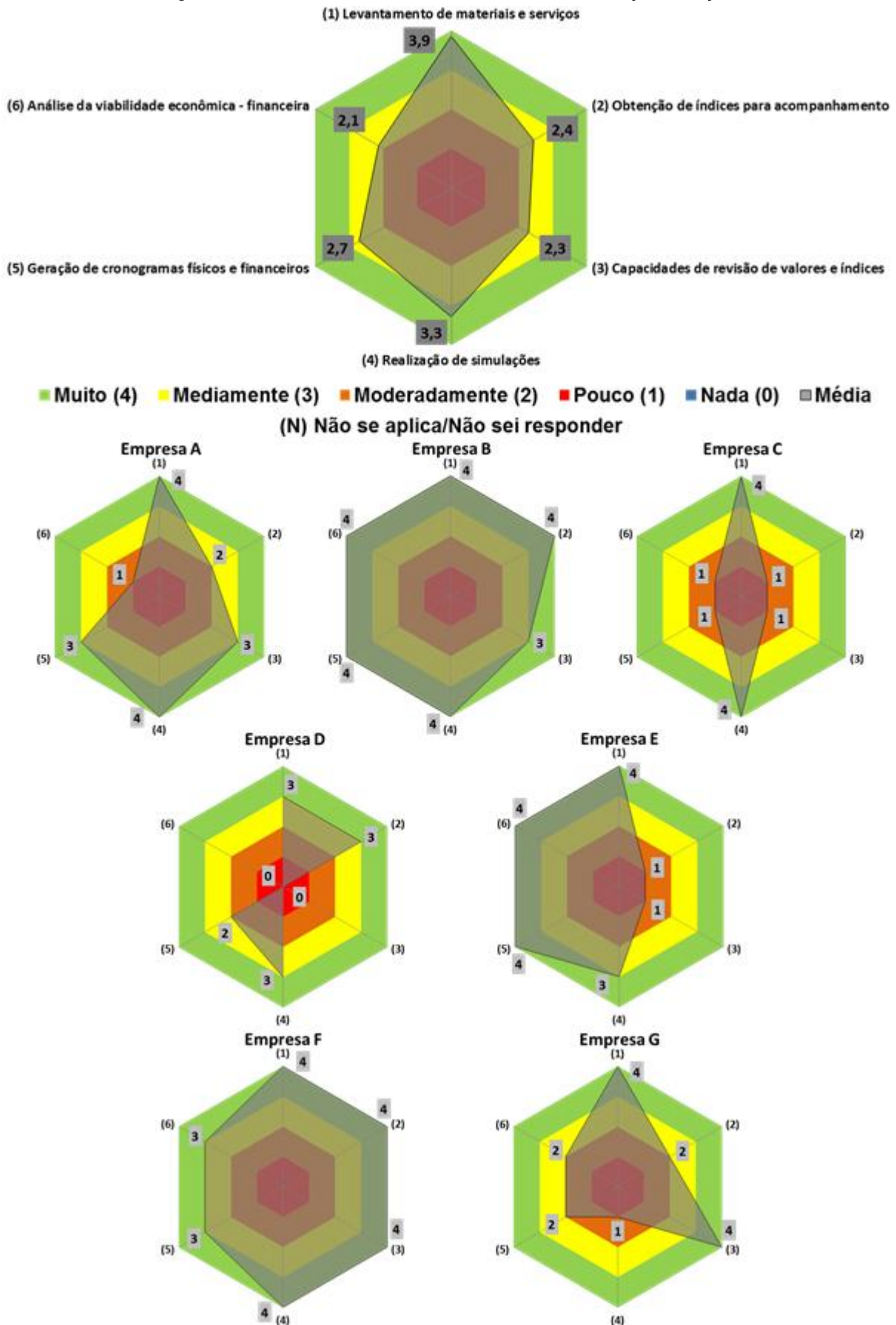
4.2.3.4 Como o BIM auxilia nas utilidades da orçamentação

Para este quesito os respondentes retrataram notas que descreve como o BIM influencia nas utilidades do orçamento, apresentadas na Figura 4.20. É perceptível que todas as utilidades da orçamentação obtiveram boas médias de notas, mostrando que o BIM também contribui para estas atribuições. Porém, as que obtiveram maiores destaques foram: levantamento de materiais e serviços, realização de simulações e geração de cronogramas físicos e financeiros.

As ótimas notas atribuídas ao levantamento de materiais e serviços também são consequência da extração automática de quantitativos proporcionada pelas ferramentas BIM. Já para a realização de simulações de custo, a tecnologia a partir dos princípios da parametrização e da orientação a objetos, contribui de modo a facilitar as alterações de projeto ou especificações de componentes, permitindo obter facilmente combinação entre projeto e especificação, otimizando o processo de viabilidade do empreendimento.

A geração de cronogramas físicos e financeiros sofre interferência do BIM por meio da modelagem 5D, onde são compiladas informações de projeto, planejamento e orçamento em um modelo único, incorporando os benefícios BIM individuais de cada um destes processos, proporcionando uma maior exatidão e confiabilidade cronograma físico-financeiro do empreendimento.

Figura 4.20 – Como o BIM auxilia nas utilidades da orçamentação



Fonte: Elaborado pelo autor

Também é possível observar na Figura 4.20 que duas utilidades da orçamentação obtiveram uma grande variação entre a menor nota e a maior nota atribuídas pelas empresas, são elas: capacidade de revisão de valores e índices e análise da viabilidade econômico-financeira. Esta grande variação de opiniões pode ser decorrente do pouco tempo de utilização dos conceitos e ferramentas BIM por parte das empresas estudadas, ocasionado um não entendimento pleno ou falta de maturidade com relação a alguns usos diretos ou indiretos da tecnologia.

As duas utilidades sofrem influência da tecnologia, devido ao provimento dos benefícios da parametrização, do fornecimento de projetos com melhor qualidade e de proporcionar múltiplas opções de projeto. Estas funcionalidades concede ao usuário a possibilidade gerar modelos com componentes paramétricos associados a itens de custo de uma base de dados, permitindo simular em tempo real e em qualquer etapa do desenvolvimento do empreendimento a melhor alternativa com relação às características e especificações do projeto e aos custos.

Especificamente para fase de viabilidade, a tecnologia permite a criação de regras para obtenção de custos a partir dos parâmetros dos componentes do modelo, do mesmo modo para aqueles não representados geometricamente, estabelecidos a partir da associação de parâmetros do modelo a variáveis, como a metragem quadrada da edificação.

Estes suportes da tecnologia BIM aos processos de estimativas de custos só ocorre de forma apropriada se as equipes de projeto e de construção trabalharem de forma colaborativa, identificando e determinando como os componentes devem ser associados aos itens de custos.

4.2.3.5 Como o uso da modelagem (BIM) contribui ou pode contribuir para melhoria das condições do processo de orçamentação

Foi solicitado às empresas que explanassem como a modelagem pode contribuir para a melhoria dos processos de elaboração de orçamentos. Nesse contexto, segundo o arquiteto da **Empresa A**, o processo de orçamentação só funciona corretamente e com confiabilidade por meio das ferramentas BIM, se as organizações adotarem um sistema de nomenclatura de classes padrão para todos os insumos de obra. De modo que seja possível não só customizar o processo de extração de dados do modelo conforme métodos de orçamentação adotados, como

na interoperabilidade entre os sistemas informatizados de controle e acompanhamento de custos.

Ou seja, para realização dos processos em BIM, as empresas precisaram utilizar uma nomenclatura padrão para os objetos presentes nos modelos para obtenção de uma interpretação uniforme entre os sistemas de softwares e entre os envolvidos no empreendimento. Desta maneira, é possível intermediar um melhor suporte a interoperabilidade, favorecendo a comunicação entre as múltiplas aplicações de softwares. A necessidade de uma melhor interoperabilidade também foi mencionada pelo gerente de projetos da **Empresa G**.

De acordo com a coordenadora BIM da **Empresa B**, uma contribuição importante do BIM, para esta fase, é a geração de informações muito precisas em qualquer etapa do ciclo de vida do empreendimento e a facilidade da rastreabilidade dos itens do escopo do projeto, isto em comparação com os processos tradicionais. Já os respondentes da **Empresa C** e da **Empresa D**, estabelecem que a geração de projetos com melhor nível de detalhes e a facilidade com que se podem alterar os projetos, propicia um ciclo de processos com muita qualidade, como: melhor identificação dos serviços, geração de quantitativos precisos, possibilidade de simulações e análise de cenários e obtenção de informações precisas para a tomada de decisões com base nos custos. Estes benefícios aliados à integração do projeto, orçamento e planejamento, propicia ao cliente um entendimento claro de toda estratégia de execução da obra.

Um aspecto importante exposto pelo entrevistado da **Empresa F** é a fidelidade com que a modelagem 3D apresenta o que será construído, provocando uma maior visualização e sinergia entre os serviços a serem executados e os itens de custo. Deste modo, o BIM pode contribuir para uma orçamentação do empreendimento com uma visão operacional, por meio de um melhor conhecimento das operações constituintes ou das atividades programadas e de suas demandas de recursos.

O orçamento operacional só é alcançado com um pleno entendimento entre os projetistas e os departamentos de orçamentação e de engenharia das empresas, de modo que os processos construtivos sejam estabelecidos dentro dos modelos da edificação. Este entendimento pode ser mais bem compreendido com a fala do diretor de engenharia da **Empresa E**, onde é relatado: “o mercado precisa entender

que os modelos a serem desenvolvidos têm que estar diretamente *linkados* aos processos construtivos das construtoras e que, por sua vez, estão ligados à sua orçamentação. Sem isto o retrabalho sobre os modelos entregues pelos projetistas são muito grandes, desestimulando as construtoras a utilizando, dando a falsa impressão de inutilidade”.

Outro aspecto descrito pelo respondente da **Empresa E** que atrapalha a fase de orçamento é a baixa contribuição dos fabricantes e fornecedores com relação à elaboração das bibliotecas para os sistemas BIM. Algumas empresas do setor argumentam que a falta de uma biblioteca é um dos impedimentos para a adoção da tecnologia, já que a criação de uma biblioteca própria pode se fazer necessário de um significativo valor de investimento.

Assim, o BIM contribui muito para o processo de orçamento, mas com ajustes dos processos dentro das organizações e com uma melhor contribuição de toda a cadeia do setor da construção o impacto sobre o processo de orçamentação pode ser ainda maior.

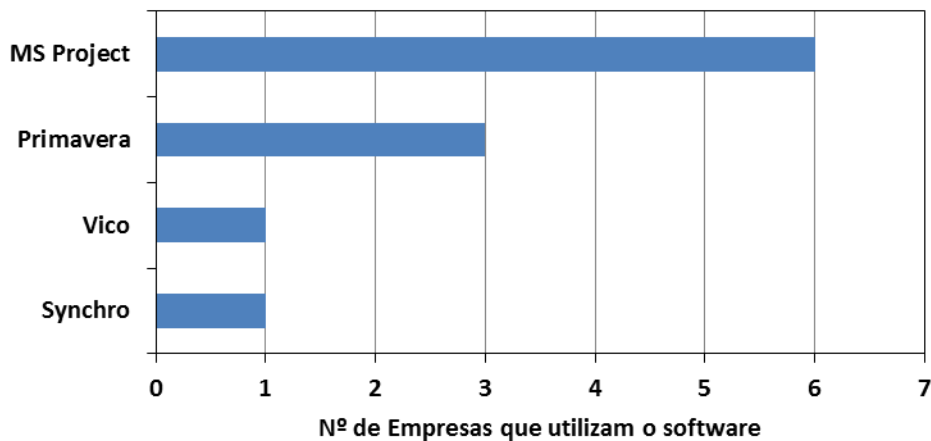
4.2.4 Perguntas relacionadas com planejamento

Este item visa apresentar como o processo de planejamento é influenciado com o uso do BIM, e está dividido em sete questionamentos.

4.2.4.1 Softwares de planejamento utilizados pelas empresas

Nesta seção foi constatado que o software de planejamento mais difundido entre as empresas presentes no estudo é o MS Project, como apresentado na Figura 4.21. Software este desenvolvido pela Microsoft Corporation, voltado para o gerenciamento de projetos se utilizando da técnica principalmente da PERT/CPM. A não utilização de um software BIM para o planejamento é esclarecido pelo fato da grande maioria das ferramentas que desenvolvem a modelagem 4D não elaborarem cronogramas, e sim, o importarem de programas tradicionais de planejamento.

Figura 4.21 – Softwares de planejamento utilizados pelas empresas



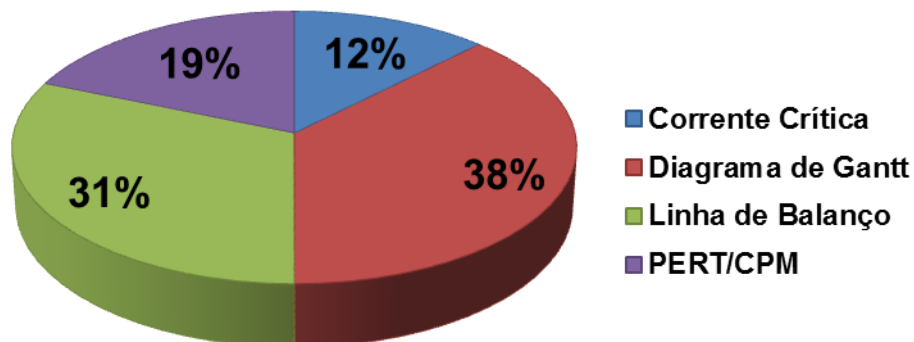
Fonte: Elaborado pelo autor

Os softwares Vico e Synchro são os únicos programas citados que fazem a vinculação do modelo BIM ao planejamento, através da ligação dos componentes do modelo com suas respectivas atividades contidas no cronograma da edificação elaborado em softwares específicos de planejamento tradicionais.

4.2.4.2 Técnicas de planejamento utilizadas pelas empresas

A Figura 4.22 traz as principais técnicas de planejamento utilizadas pelas instituições juntamente com o BIM. Pode-se observar que todas as técnicas tradicionais de planejamento estão sendo empregadas, tendo maior destaque o Diagrama de Gantt com 38% e a Linha de Balanço com 31% do número de citações das empresas.

Figura 4.22 – Técnicas de planejamento utilizadas pelas empresas



Fonte: Elaborado pelo autor

A modelagem 4D por meio da simulação da construção proporciona a visualização geral de todo o ciclo de construção do empreendimento e a

oportunidade de validação do planejamento traçado pelas técnicas tradicionais de planejamento, visualizando os possíveis problemas operacionais existentes no canteiro de obras antes do início das atividades, permitindo uma tomada de decisão com maior embasamento de informações.

Assim, a utilização do BIM para fins de planejamento é capaz de analisar: os arranjos físicos e a logística de canteiro, o melhor plano de ataque do empreendimento, a melhor sequência das atividades para uma determinada unidade de referência do sistema de produção (apartamento, pavimento, bloco de apartamento ou empreendimento), entre outros aspectos que podem contribuir para uma maior assertividade quanto aos prazos da obra.

A união da geometria 3D ao cronograma de execução da edificação torna-se uma valiosa ferramenta de planejamento, diminuindo os efeitos da variabilidade e da incerteza presentes na construção civil, contribuindo para um melhor desempenho dos sistemas planejamento e controle das empresas.

4.2.4.3 Como o BIM auxilia nas seguintes etapas do processo de planejamento.

Para este questionamento foi solicitado aos respondentes de cada empresa que descrevessem por meio da atribuição de notas o auxílio do BIM nas etapas do processo de planejamento descritas no item de fluxo de processos. Deste modo, são apresentadas na Figura 4.23 as notas atribuídas em cada subatividade das quatro etapas que compõem o processo global de planejamento, onde podemos destacar:

- Com exceção da subatividade de gerar ou atualizar o fluxo de caixa, todas as outras obtiveram médias iguais ou maiores que 2,0, ou seja, médias iguais ou superiores a 50% da média máxima, demonstrando que o BIM impacta com relevância o processo de planejamento.
- Dentro da etapa de preparação do processo de planejamento, as subatividades de tomar decisões preliminares e a de definir o plano de ataque foram as que obtiveram melhores médias, tendo 3,6 e 3,4 respectivamente de média.
- Para a etapa de planejamento de longo prazo, as subatividades de coleta de informação e elaboração ou atualização do plano foram as que tiveram maior notoriedade, com 3,2 e 2,6 de média.

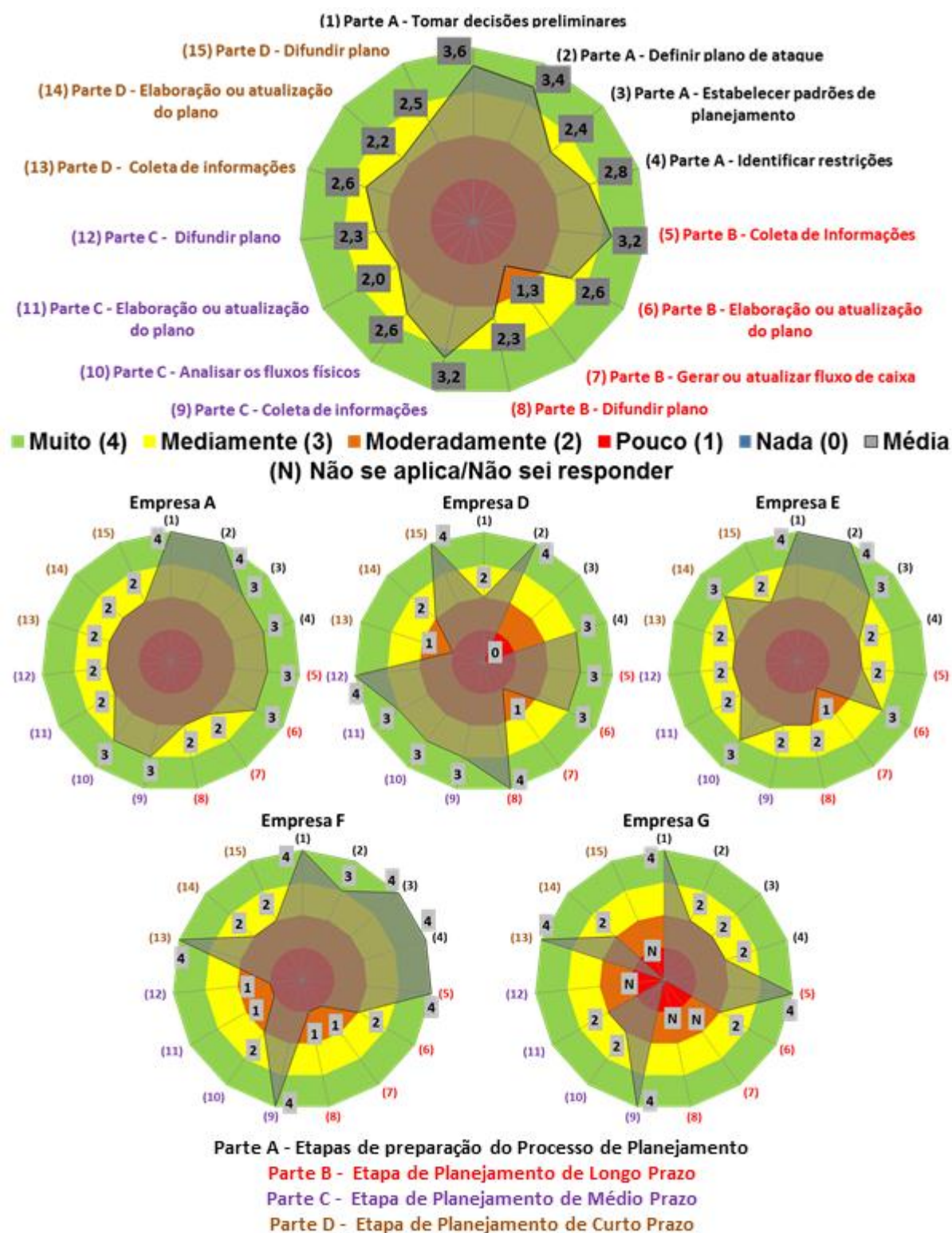
- As subatividades de coleta de informação e de analisar os fluxos físicos foram as conseguiram as maiores médias para a etapa de planejamento de médio prazo, com respectivamente 3,2 e 2,6 de média.
- A coleta de informação é a subatividade que detém a melhor média para a etapa de planejamento de curto prazo, tendo como média 2,6.

A subatividade de gerar ou atualizar o fluxo de caixa, presente na etapa de planejamento de longo prazo, obteve a média de 1,3, sendo a subatividade com menor média. Isso é decorrente do fluxo de caixa ser um instrumento gerencial que analisa o resultado do projeto quanto à geração de caixa, sofrendo interferência de fatores internos e externos à organização. Observou-se que o BIM não tem como diminuir a interferência destes fatores, como no caso da variabilidade do mercado, do aumento da concorrência, da inadimplência ou alíquota de impostos, entre outros fatores.

Para as subatividades de tomar decisões preliminares, definir plano de ataque, analisar os fluxos físicos e elaboração ou atualização do plano de longo prazo, já destacadas anteriormente, a modelagem 4D, junto com as técnicas de planejamento, apresenta de uma melhor maneiras as deliberações adotadas nestas subatividades. Com isso, é possível possibilitar uma avaliação espacial dos fluxos, dos ritmos de produção e das equipes necessárias para atingir a estratégia traçada para execução do empreendimento, contribuindo para um planejamento com maior assertividade e menores números de falhas.

A subatividade de coleta de informação, presente em todos os níveis de planejamento, obtiveram boas médias de notas, devido o BIM ter por conceito a reunião de todas as informações necessárias à destinação escolhida para a utilização do modelo, seja ela para o 4D, 5D ou 6D. Deste modo, a informação útil para qualquer fase do ciclo de vida do empreendimento pode ser coletada de uma única base de dados, o modelo BIM.

Figura 4.23 - Como o BIM auxilia nas etapas do processo de planejamento



Fonte: Elaborado pelo autor

Outros dois aspectos que podem ser observados na Figura 4.23, são relacionados às respostas individuais de cada empresa, onde primeiramente pode-se verificar a não participação neste questionamento da **Empresa B** e da **Empresa**

C, pelo mesmo motivo já comentado em itens anteriores. O segundo aspecto é a atribuição da resposta “Não se aplica/Não sei responder” do colaborador da **Empresa G** para a subatividade de gerar ou atualizar o fluxo de caixa e nas três subatividades de difundir planos, onde o mesmo entende que para estas subatividade o BIM não oferece nenhuma aplicabilidade.

A atribuição desta resposta a subatividade de gerar ou atualizar o fluxo de caixa pode ser considerada condizente, pelos aspectos já apresentados referentes ao fluxo de caixa. Mas quanto às subatividades de difundir planos, esta resposta é divergente em relação às respostas das outras empresas, podendo ser motivada pelo fato da **Empresa G** ser a única empresa contratante presente na pesquisa.

4.2.4.4 Como o BIM auxilia nas etapas do processo de planejamento seguindo a técnica Linha de Balanço

Utilizando o mesmo modo de atribuição de notas, foi solicitado que os respondentes avaliassem a influência do BIM na elaboração do planejamento utilizando a técnica de Linha de Balanço, onde é observado na Figura 4.24 que todas as etapas tiveram médias consideradas boas, acima de 2,4.

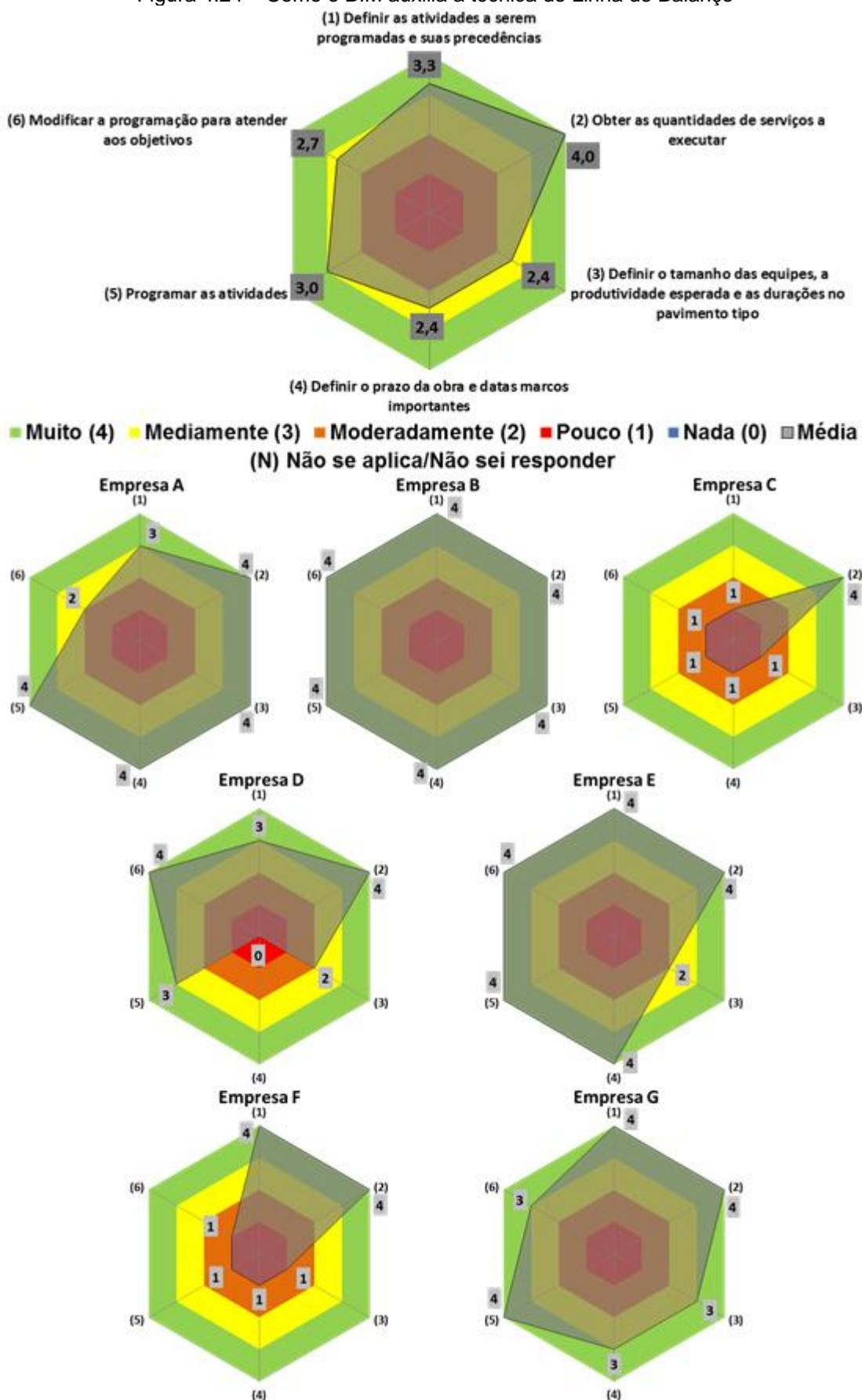
As boas médias encontradas são condizentes com a média estabelecida no item anterior para a subatividade de elaboração ou atualização do plano presente no nível de planejamento de longo prazo. Esta comparação pode ser mais bem entendida por meio do estabelecimento da média total para a técnica de Linha de Balanço, como apresentado na Tabela 4.7, chegando a uma média total de 2,96, ficando dentro da mesma classe de impacto.

Tabela 4.7 – Média para técnica de linha de balanço

ETAPAS	MÉDIA DAS ETAPAS	MÉDIA TOTAL DA TÉCNICA
Definir as atividades a serem programadas e suas precedências	3,3	
Obter as quantidades de serviços a executar	4,0	
Definir o tamanho das equipes, a produtividade esperada e as durações no pavimento tipo	2,4	2,96
Definir o prazo da obra e datas marcos importantes	2,4	
Programar as atividades	3,0	
Modificar a programação para atender aos objetivos	2,7	

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 4.24 – Como o BIM auxilia a técnica de Linha de Balanço



Fonte: Elaborado pelo autor

As duas médias comparadas então dentro da classe de impacto denominada de mediantemente, estabelecida na escala gradual. Isso ocorre devido à aplicação da técnica de Linha de Balanço ser nesta subatividade e neste nível de planejamento, sendo a referência para as fases subsequentes.

4.2.4.5 Como o BIM auxilia nas etapas do processo de planejamento seguindo a técnica PERT/CPM

Seguindo a mesma metodologia do item anterior, agora para o processo de planejamento através da técnica PERT/CPM, também foram obtidas boas médias para as etapas e tendo como média mínima 2,4, como ilustrado na Figura 4.25.

As **Empresas B e D** não aparecem na Figura 4.25 devida a atribuição da resposta “Não se aplica/Não sei responder” a todas as etapas deste questionamento. A justificativa das empresas para este fato é a não utilização desta técnica no planejamento de seus empreendimentos, defendendo que a técnica de Linha de Balanço se mostra mais harmônica com as características das edificações que executam.

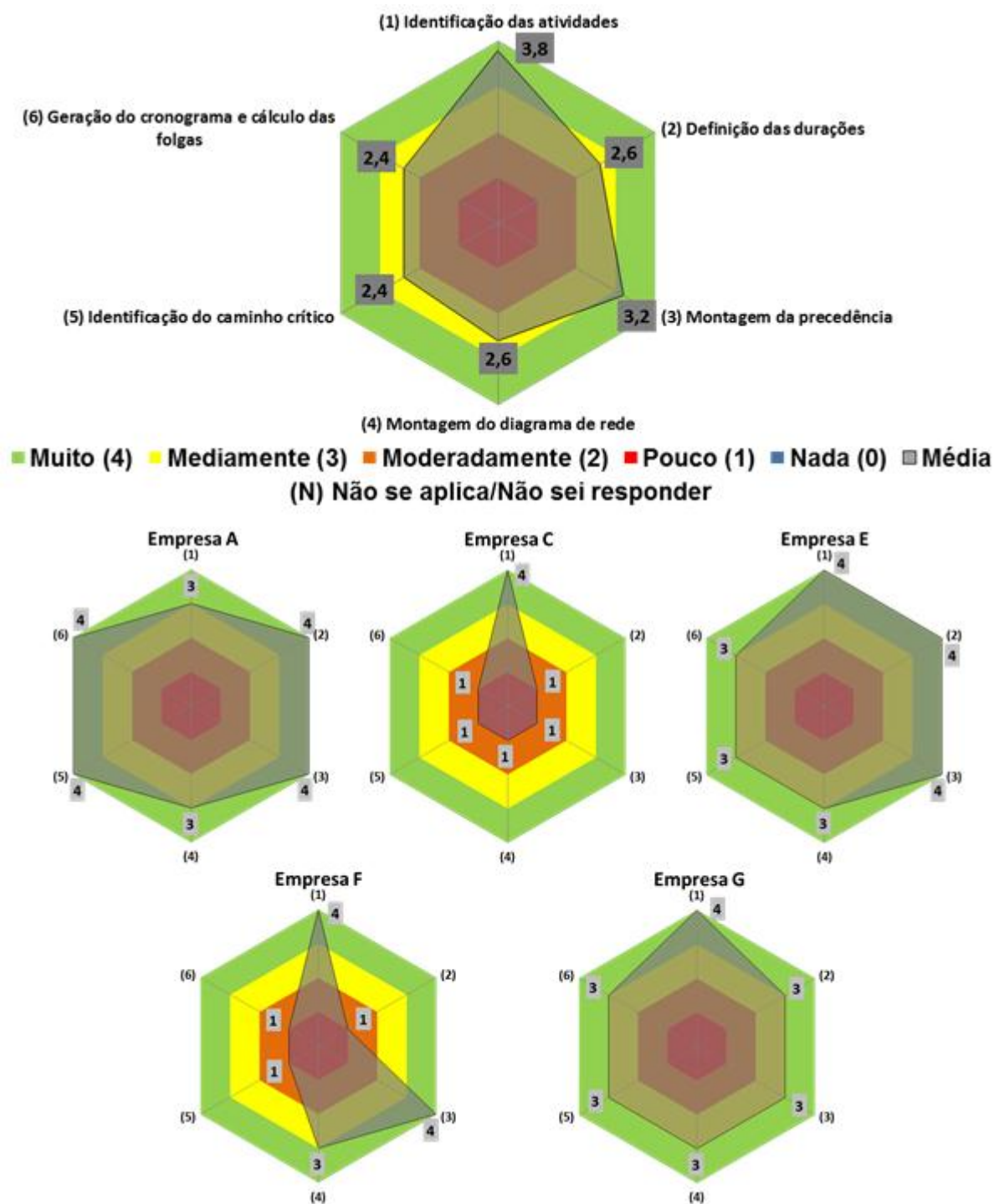
Fazendo a mesma relação do item anterior, onde foi comparada a média total para a técnica com a média atribuída a subatividade de elaboração ou atualização do plano de longo prazo, obtêm-se novamente médias condizentes umas com a outra, tendo a média total valor igual a 2,83, como apresentado na Tabela 4.8. Assim, com 2,6 de média para a subatividade, as duas médias estarão novamente classificadas como mediantemente na classe de influencia da escala gradual, também decorrente da utilização desta técnica nesta etapa.

Tabela 4.8 – Média para técnica PERT/CPM

ETAPAS	MÉDIA DAS ETAPAS	MÉDIA TOTAL DA TÉCNICA
Identificação das atividades	3,8	
Definição das durações	2,6	
Montagem da precedência	3,2	
Montagem do diagrama de rede	2,6	2,83
Identificação do caminho crítico	2,4	
Geração do cronograma e cálculo das folgas	2,4	

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 4.25 – Como o BIM auxilia técnica PERT/CPM



Fonte: Elaborado pelo autor

As boas notas estabelecidas para as técnicas de planejamento, tanto para a de linha de balanço do item anterior como para a de PERT/CPM, são decorrente da construção virtual do empreendimento proporcionada pelo BIM. A construção virtual otimiza a fase de pré-construção da edificação, mitigando os riscos associados a um planejamento inadequado, divulgando os planos com maior transparência entre os

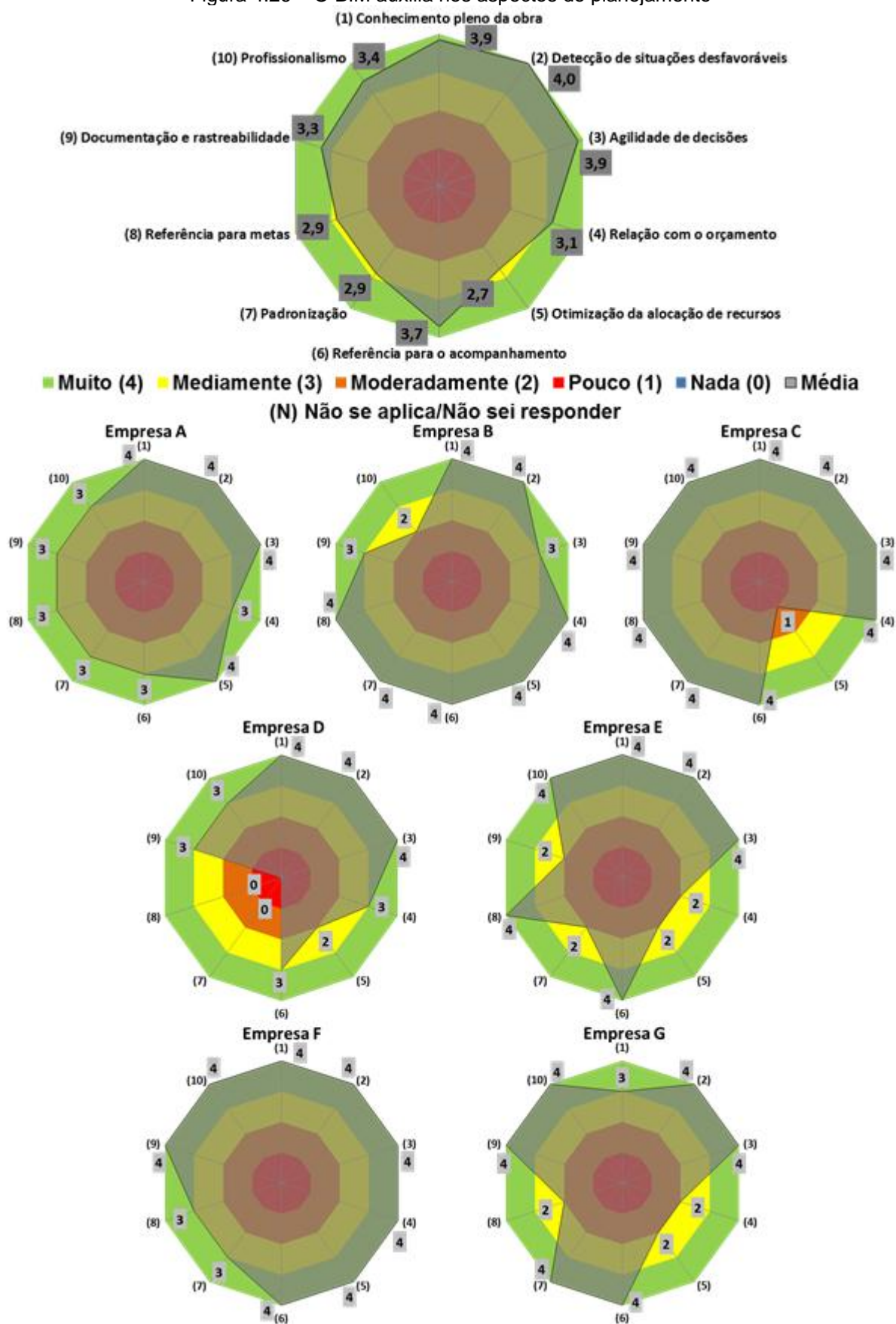
envolvidos e proporcionando um maior comprometimento e cumplicidade entre os setores da empresa. Outra contribuição do BIM e da construção virtual é a agilidade no replanejamento, apresentando de uma maneira mais explícita a melhor forma de aderir os planos traçados e combater os desvios.

4.2.4.6 Como o BIM auxilia nos aspectos do planejamento

O planejamento tradicional oferece às empresas vários benefícios, deste modo foi pedido aos participantes da pesquisa que apresentassem o quanto o BIM influencia estes benefícios. O objetivo era descrever o quanto o planejamento em BIM pode otimizar o planejamento realizado tradicionalmente. Para este questionamento também foi utilizado a atribuição de notas conforme a escala gradual descrita no capítulo 3 de Materiais e Métodos, e suas notas e médias estão apresentadas na Figura 4.26. Desta maneira, podem ser destacados os seguintes aspectos:

- Todos os benefícios analisados obtiveram médias iguais ou superiores a 2,7.
- A média total de 3,4 para este questionamento, ficando dentro do intervalo da classe de impacto muito, estabelece o quanto à modelagem 4D contribui para o planejamento.
- Os benefícios que apresentaram maiores médias foram o conhecimento pleno da obra, detecções de situações desfavoráveis e agilidades de decisões, com médias iguais a 3,9; 4,0 e 3,9; respectivamente.
- A menor média foi atribuída ao benefício da otimização da alocação de recursos, com 2,7; decorrente deste benefício sofre também com fatores externos ao planejamento, como os econômicos.

Figura 4.26 – O BIM auxilia nos aspectos do planejamento



Fonte: Elaborado pelo autor

A funcionalidade da modelagem 4D como ferramenta de entendimento do que será construído, capaz de expor os potenciais problemas que impede o andamento ou o melhor desempenho de um processo construtivo, se favorecendo de uma maior colaboração dos todos os participantes, é a justificativa para a atribuição de boas notas por parte dos respondentes.

Já que os planejadores, por meio da modelagem 4D, podem realizar simulações observando aspectos temporais e espaciais que analisam a viabilidade e a eficiência dos planos traçados. Este processo oferece uma melhor análise da logística de canteiro e da coordenação dos fluxos de trabalho, como também proporciona uma ótima forma de comunicação com os envolvidos no empreendimento.

4.2.4.7 Como o uso da modelagem (BIM) contribui ou pode contribuir para melhoria das condições do processo de planejamento

Nesta seção da pesquisa, foi solicitado às empresas que comentassem como a modelagem pode cooperar para a melhoria dos processos de planejamento. De acordo com esta conjuntura, o colaborador da **Empresa A** expos que o planejamento seguindo a modelagem 4D/5D contribui em grande escala para uma maior agilidade ao processo de tomada de decisão em todas as etapas do ciclo de vida de um empreendimento, sendo útil tanto na engenharia montante (fase do desenvolvimento do produto que se destina a realizar os estudos preliminares objetivando chegar à solução mais adequada para o empreendimento) quanto para o acompanhamento de obras.

O mesmo respondente relata que um modelo 4D é capaz de reunir as diversas áreas da engenharia em volta do planejamento, sendo possível facilmente detectar inconsistências através dos recursos gráficos, instruir uma equipe de campo acerca das atividades semanais, apresentar e simular diversas estratégias de plano de ataque à obra, logística de canteiro, correção de desvios, agilidade na extração de relatórios etc..

Porém, ele também esclarece que existem alguns gargalos a serem quebrados para uma maior utilização das ferramentas BIM 4D e 5D, onde além de seu custo elevado, ainda não são totalmente completas em termos de solução, tendo a necessidade de se combinar aplicativos para obtenção do resultado

desejado. Deste modo, é preciso antes estar muito seguro acerca dos objetivos e usos do BIM para a escolha correta do ferramental, pois cada um tem um potencial diferente.

Outra questão relatada foi à interoperabilidade entre os softwares de modelagem e planejamento 4D/5D, que muitas vezes gera perda de informações pelo uso do IFC, sendo necessário adotar métodos de modelagem específicos para mitigar esses problemas, uma vez que isso pode acarretar em uma perda relevante de agilidade de execução dos processos, devido ao retrabalho. Assim, é crucial definir um processo de trabalho bem estruturado e que abranja todas as etapas de desenvolvimento do modelo, de modo que as informações de planejamento e orçamento sejam parametrizadas corretamente, levando em conta que esse processo é multidisciplinar.

Os respondentes da **Empresa B** e **Empresa C** relataram que o BIM proporcionou aos gestores de obra uma previsão das tendências do empreendimento. Isso foi possível devido ao estabelecimento de um controle integrado de mudanças, onde todos os envolvidos tem a clara compreensão do empreendimento, de seu plano de ataque e das metas traçadas, facilitando o monitoramento da relação previsto e realizado.

As demais empresas relataram que a maior contribuição da modelagem 4D para o planejamento é o conhecimento detalhado do projeto e de sua quantificação, como também a possibilidade de ser fazer simulações de planejamento unindo os aspectos temporais e espaciais do empreendimento. Estas contribuições possibilitaram a obtenção de um mecanismo real de verificação dos planos e metas, melhorando o processo de tomada de decisão e facilitando as correções e ajustes no plano para que se consigam os objetivos definidos.

O gerente de projetos da **Empresa G** também expõe que o BIM poderá contribuir mais para o planejamento, a partir do momento que um maior número de empresas passarem a dotar a ferramenta. É de suma importância o envolvimento de todos os agentes da indústria da construção civil no processo de mudança e adaptação a nova tecnologia, onde todos possam contribuir com sua parcela de responsabilidade nesta fase de transição.

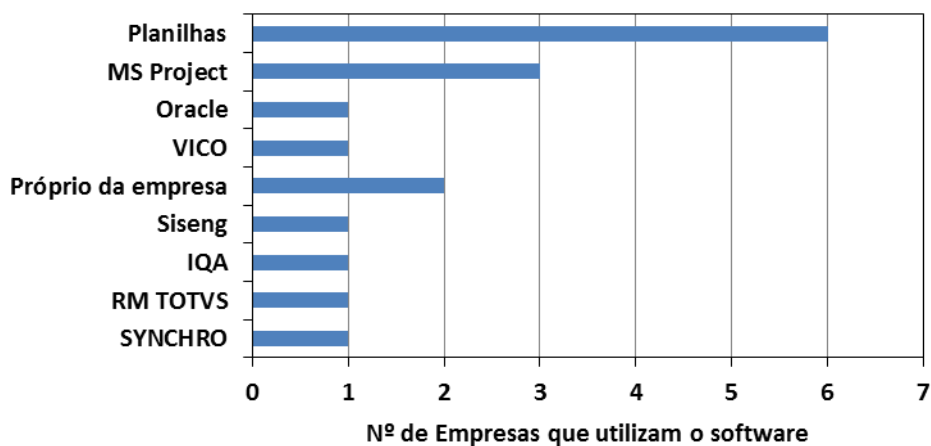
4.2.5 Perguntas relacionadas com o controle

Esta etapa compreende na procura pelo entendimento de como as empresas estão fazendo o processo de controle de seus empreendimentos, após a adoção do BIM.

4.2.5.1 Ferramentas de controle utilizadas pelas empresas (software).

Os aplicativos utilizados para a etapa de controle pelas empresas estão descritos na Figura 4.27. As principais ferramentas citadas foram às planilhas eletrônicas, o MS Project e os softwares desenvolvidos pelas próprias empresas. As duas primeiras podem ser consideradas ferramentas tradicionais, sem vínculo direto com a tecnologia BIM, já as desenvolvidas dentro das empresas podem ter ou não interface com os aplicativos BIM, ficando a critério de cada organização.

Figura 4.27 – Ferramentas de controle utilizadas pelas empresas



Fonte: Elaborado pelo autor

Praticamente todas as empresas apontaram para a utilização de mais de um aplicativo destinado aos processos de controle. Esta necessidade de combinar aplicativos para obtenção e manipulação das informações necessárias ou desejáveis para realização das atividades inerentes ao controle, demonstra que os softwares destinados ao controle ou que contempla esta funcionalidade não estão aderidos completamente com as práticas estabelecidas pelas empresas.

Outro aspecto que merece ser dada maior atenção é a citação de apenas dois softwares considerados ferramentas BIM e com registro de utilização de apenas uma empresa para cada um, que são eles o VICO e o SYNCHRO. Esta baixa utilização de ferramentas BIM para o processo de controle esta condizente com as metas de

utilização do BIM pelas empresas, apresentadas no Item 4.2.2.5, onde apenas 29% das empresas divulgaram que tem como meta utilizar o BIM para fins de controle.

4.2.5.2 Indicadores utilizados pelas empresas para o controle da obra.

Os indicadores são instrumentos que auxiliam os gestores no entendimento de como um empreendimento está evoluindo, apresentando os possíveis desvios de desempenho em relação às metas traçadas na etapa de planejamento. Assim, este item visa apresentar quais os indicadores que estão sendo utilizados pelas empresas, buscando entender a aplicação e a funcionalidade dos mesmos.

As **Empresas A, B, D e G** abstiveram-se de responder este item da pesquisa. Esta atitude é compreendida como um ato de proteção das práticas e da cultura organizacional desenvolvida por cada uma delas. A **Empresa C** apenas informou que utiliza a técnica de análise do valor agregado, desenvolvida pelo *Project Management Institute* (PMI), como instrumento de análise e medição do desempenho de seus empreendimentos, não informando os indicadores utilizados. As **Empresas E e F** foram às únicas que se propuseram a apresentar seus indicadores. Os mesmos estão expostos e descritos no Quadro 4.33.

Quadro 4.33 – Indicadores utilizados pelas empresas

INDICADOR	EMP.	TÍTULO	DESCRIÇÃO
Indicador de custo	E	Curva de tendência	É um indicador gráfico que a apresenta a tendência evolutiva dos custos do empreendimento, fazendo uma comparação entre previsto e realizado.
	F	Índice de custo de obra	Relação entre o valor do trabalho executado (tendo como referência o orçamento) com o custo real do projeto. $ICO = (\text{Trabalho executado})/(\text{Custo real})$
Indicador de Prazo	E	Dias de atraso	Aferição da existência ou não dos dias de atraso, a partir da comparação entre previsto e realizado no planejamento de longo prazo.
	F	Índice de cumprimento do planejamento	Relação entre o progresso alcançado pelo empreendimento com o progresso estabelecido no planejamento. $ICP = (\text{Progresso Real})/(\text{Progresso Planejado})$
Indicador de Produção	E	Tempo x caminho	Análise das linhas de balanço do empreendimento (prevista e realizada).
	F	Índice de produção de serviços	Comparação do índice de produtividade orçado e executado.
Indicador de Qualidade	E	Planilha de controle	Planilha desenvolvida pela empresa que elenca alguns fatores de qualidade a serem observados na execução dos serviços.
	F	Índice de conformidade de serviço	Indicador em percentual de serviços executados sem problemas de qualidade.

Fonte: Elaborado pelo autor

As empresas realizam a medição de desempenho de seus empreendimentos, por meio da obtenção dos indicadores. As **Empresas E e F** relatam que após a coleta e manipulação dos indicadores são realizadas análises comparativas entre o previsto e o realizado para todos os aspectos apresentados (custo, prazo e qualidade), observando os desvios de metas e buscando soluções para minimizá-los.

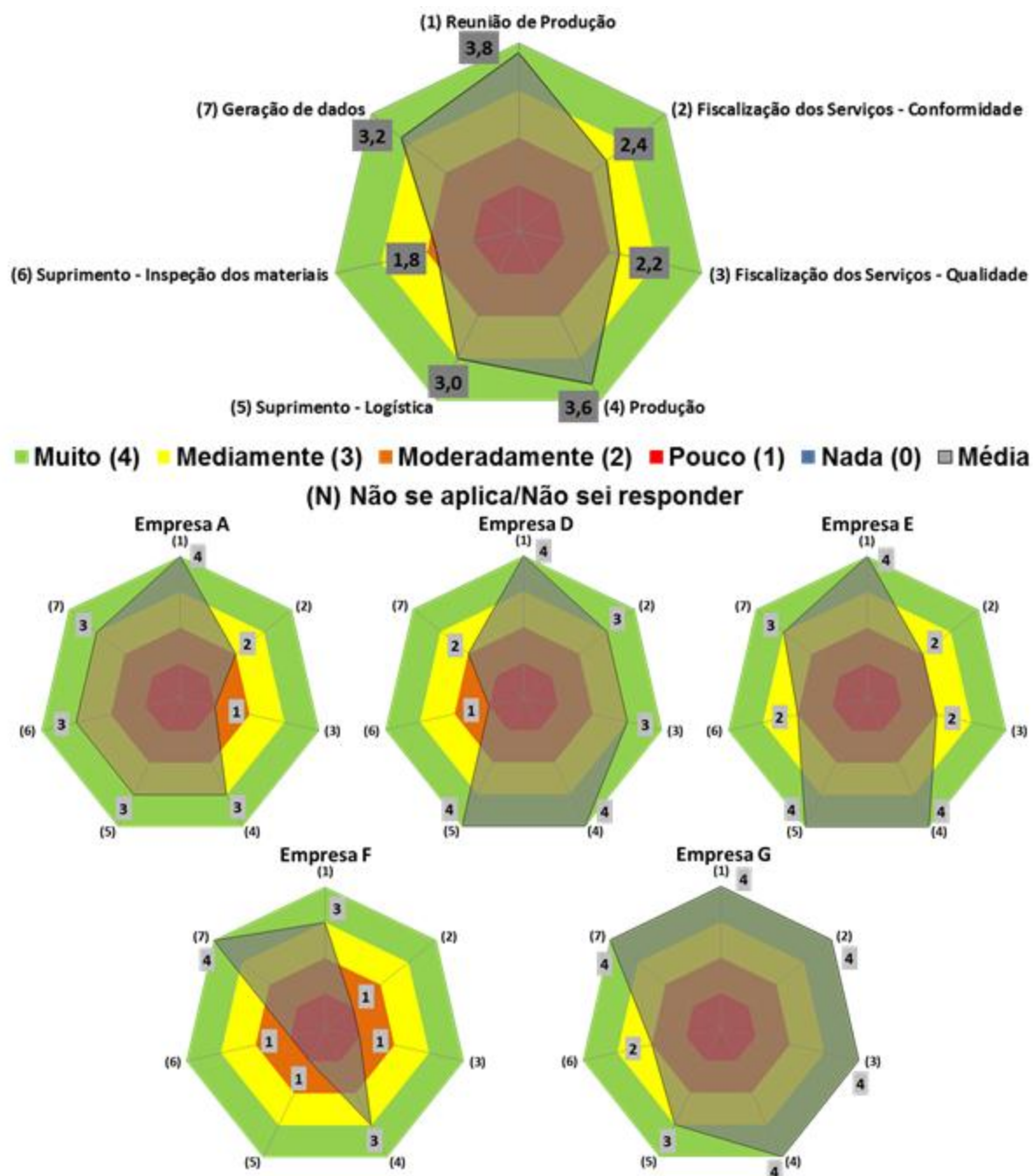
4.2.5.3 Como o BIM auxilia na etapa de execução da obra

A fase de execução da obra é caracterizada pela materialização do produto da construção civil, compreendida pelas atividades de produção, fiscalização e fornecimento de suprimento, sendo assim, é a fase geradora dos dados necessários para o efetivo controle do empreendimento. Desta maneira, seguindo a escala gradual, foi solicitado que os respondentes atribuíssem notas para as etapas do processo de execução, buscando descrever como o BIM auxilia nesta fase, como descrito na Figura 4.28.

As atividades de reunião de produção, produção e geração de dados foram as que obtiveram maiores médias e que estão dentro do intervalo da classe de impacto muito, tendo respectivamente 3,8; 3,6 e 3,2 de média. A capacidade do BIM de propiciar um melhor entendimento do que será construído, através da reunião dos aspectos relacionados à geometria, comportamento, especificações, tempo e espaço, em uma única plataforma, faz com que as duas primeiras atividades citadas sejam fortemente influenciadas pelo BIM.

Para a atividade de geração de dados, a intensa influência do BIM está condicionada à utilização de dispositivos móveis ou mecanismos processuais que estabeleçam de forma efetiva a comunicação entre os colaboradores do canteiro e o modelo BIM do empreendimento. Desta forma, é garantida a difusão das informações extraídas do modelo necessárias para a execução, como também facilita a coleta das informações de campo para retroalimentação do modelo.

Figura 4.28 – Como o BIM auxilia na etapa de execução de obra



Fonte: Elaborado pelo autor

Outra atividade que merece destaque é a de suprimento – logística, que obteve média de 3,0. A influência do BIM para esta etapa refere-se à capacidade da modelagem 4D em analisar os fluxos, os equipamentos de transporte e os locais de armazenagem de materiais, através da construção virtual, possibilitando uma análise temporal e espacial da cadeia de abastecimento presente dentro do canteiro. Outro aspecto que pode favorecer esta atividade é a possibilidade de combinar as

ferramentas BIM com as etiquetas RFID, agregando a informação de rastreabilidade dos materiais ou componentes da edificação as já fornecidas pelo modelo BIM.

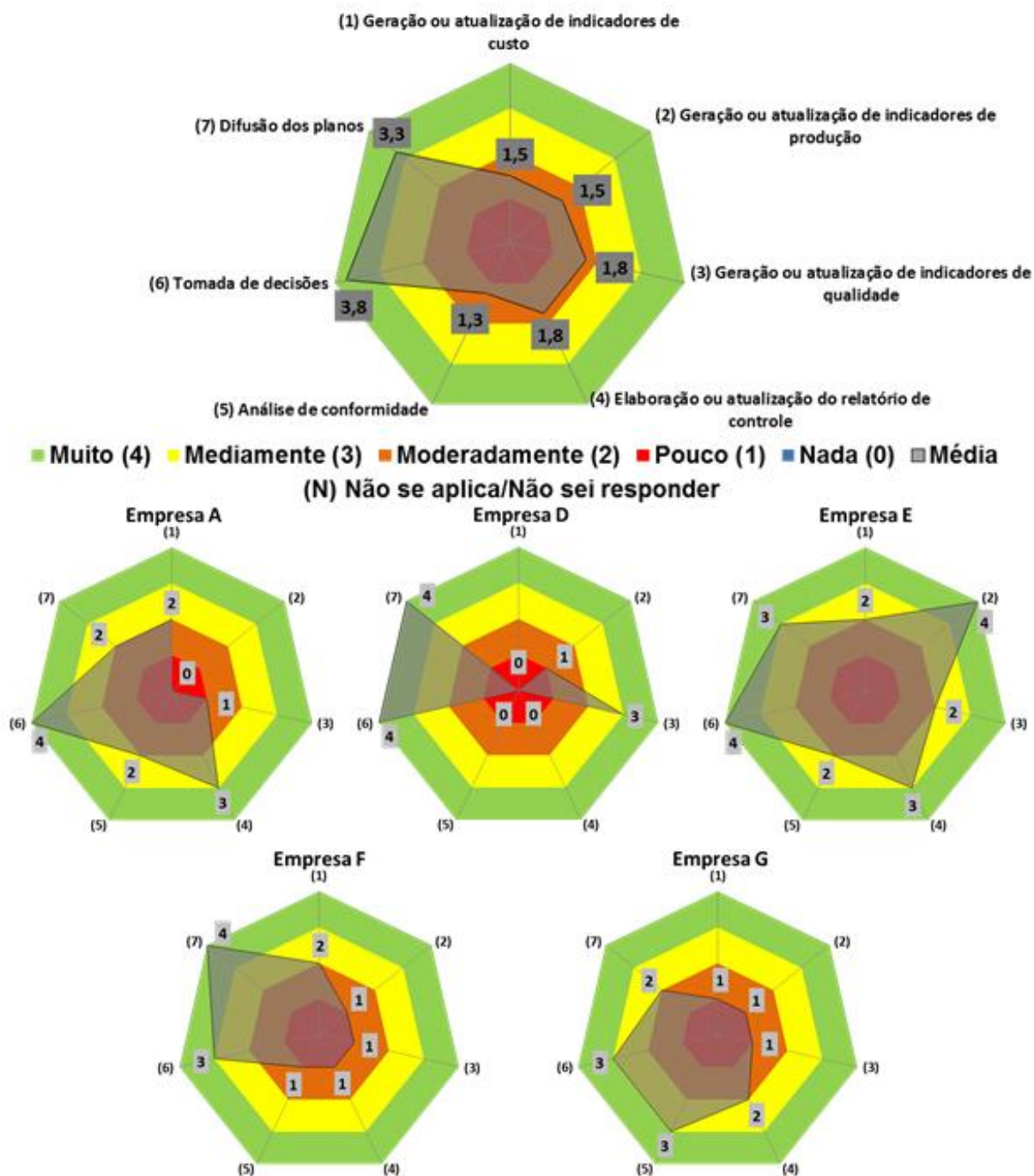
As duas atividades de fiscalização dos serviços e a atividade de suprimento – inspeção dos materiais não obtiveram médias muito altas. Isto é decorrente do BIM agir de forma parcial nestas etapas, fornecendo apenas informações inerentes as fases de projeto, planejamento e orçamento, não contribuindo efetivamente para o produto gerado nestas etapas.

4.2.5.4 Como o BIM auxilia na etapa de controle

A etapa de controle compreende a medição e avaliação das atividades realizadas, observando principalmente os aspectos de custo, prazo, produção e qualidade, comparando os resultados encontrados com o planejamento traçado para o empreendimento. Assim, buscando entender como o BIM auxilia esta etapa, foi solicitado que as empresas pontuassem as atividades inerentes a esta etapa, seguindo a escala gradual estabelecida para a pesquisa. Desta maneira, as notas e médias deste item são descritas na Figura 4.29.

Pode-se observar na Figura 4.29 que o BIM não possui uma grande influência nas atividades inerentes a etapa de controle, onde em cinco das sete atividades tiveram médias abaixo de 1,8, ficando dentro da classe de impacto moderadamente. Isto está correlacionado com o fato das ferramentas BIM ainda não contemplarem em suas funcionalidades a medição de desempenho em campo, sendo esta a ser executada de forma tradicional. Até o momento, o BIM contribui para a atividade de controle apenas no fornecimento dos objetivos e das metas a serem atingidas pelo empreendimento, tendo pouca ou não possuindo interferência na manipulação e análise dos dados referentes ao andamento das atividades do canteiro.

Figura 4.29 – Como o BIM auxilia na etapa de controle



Fonte: Elaborado pelo autor

4.2.5.5 Principais causas/razões para o não cumprimento dos custos e prazos

O controle dos custos e prazos dos empreendimentos está dentro dos principais desafios encontrados pelas empresas. Deste modo, foi solicitado aos colaboradores das empresas que indicassem as principais causas e razões para o não cumprimento destes parâmetros, onde as mais mencionadas foram: alteração

de projeto, retrabalhos e correções de falhas e qualidade do projeto, com respectivamente 86%, 100% e 57%, como pode ser observado na Tabela 4.9.

Tabela 4.9 – Principais Causas/razões para o não cumprimento dos custos e prazos

DESCRIÇÃO	Nº DE EMPRESAS	PERCENTUAL
Qualidades do projeto	4	57%
Alterações de projeto	6	86%
Condições atmosféricas adversas	0	0%
Recursos humanos	1	14%
Aprovisionamento (relação entre fornecedores e empresa)	1	14%
Retrabalhos e correção de falhas	7	100%
Comunicação entre intervenientes	3	43%
Procedimentos legais e burocráticos	2	29%
Segurança	0	0%
Orçamento de viabilidade fora da realidade	1	14%

Fonte: Elaborado pelo autor

Estas causas/razões são geradas principalmente para atender às solicitações dos clientes, por uma inadequada destinação de tempo para elaboração dos projetos executivos, por uma má compatibilização das inúmeras disciplinas presentes em empreendimento, pela escassez de mão de obra qualificada e pela falta de comunicação entre as empresas e os empreiteiros. Estes problemas ocasionam mudanças no cronograma de execução das atividades, gerando atrasos no planejamento e maximização dos custos decorrentes das perdas de matéria e de mão de obra. Mas, o BIM é um grande agente para diminuição ou eliminação destas causas, como abordado no próximo item.

4.2.5.6 O uso do BIM pode interferir em alguma destas causas/razões, ajudando assim o cumprimento dos custos e prazos.

Para esta seção, com o intuito de conhecer as causas e razões do não cumprimento dos custos e prazos em que o BIM pode ter a influência direta, minimizando os efeitos danosos. Neste contexto, foram solicitadas as empresas que apontassem para as respectivas causas e razões que acreditam que o BIM tenha uma interferência positiva, como apresentado na Tabela 4.10.

Tabela 4.10 – Causas/razões em que o BIM pode interferir

DESCRIÇÃO	Nº DE EMPRESAS	PERCENTUAL
Qualidades do projeto	5	71%
Alterações de projeto	6	86%
Condições atmosféricas adversas	0	0%
Recursos humanos	0	0%
Aprovisionamento (relação entre fornecedores e empresa)	1	14%
Retrabalhos e correção de falhas	6	86%
Comunicação entre intervenientes	5	71%
Procedimentos legais e burocráticos	1	14%
Segurança	0	0%
Viabilidade de negócio	1	14%

Fonte: Elaborado pelo autor

De acordo com os respondentes, a qualidade do projeto, as alterações de projeto, os retrabalhos e correções de falhas e a comunicação entre intervenientes são as causas/razões do não cumprimento dos prazos e custos em que o BIM pode ter interferência direta. Fazendo uma comparação com o item anterior, pode-se observar que três destas causas/razões foram as mais citadas em ambos os itens, este resultado aponta que o BIM contribui para redução dos principais motivos para o não cumprimento dos prazos e dos custos.

4.2.5.7 Como o BIM auxilia o processo de controle

Nesta seção da pesquisa, foi solicitado aos respondentes que comentassem como a modelagem pode colaborar para a melhoria do processo de controle. De acordo com as empresas, o BIM auxilia o controle através da disponibilidade de informações mais seguras e concretas relacionadas às fases de projeto, orçamento e planejamento. A entrega de projetos mais consistentes, tendo um maior envolvimento e comunicação de todos os agentes, dispendo de uma maior agilidade na quantificação e uma otimização dos recursos, fazem com que o BIM ofereça uma melhor previsão do andamento da obra, integrando o escopo, prazo e custo. Desta maneira, as metas são visualizadas de forma clara, facilitando a comparação entre previsto e realizado, com a obtenção de dados reais em campo.

4.3 Impacto sobre os fluxos dos processos

A partir dos dados coletados no estudo de campo, pôde-se fazer uma análise qualitativa e quantitativa dos fluxos dos processos, de forma a evidenciar o quanto o BIM impacta os processos de orçamento, planejamento e controle de obras nas empresas que participaram da análise. Assim, as Figuras Figura 4.30, Figura 4.31,

Figura 4.32 e Figura 4.33 apresentam uma síntese dos itens: Fluxos dos processos e Coleta de dados.

4.3.1 Impacto do BIM sobre o processo de orçamento

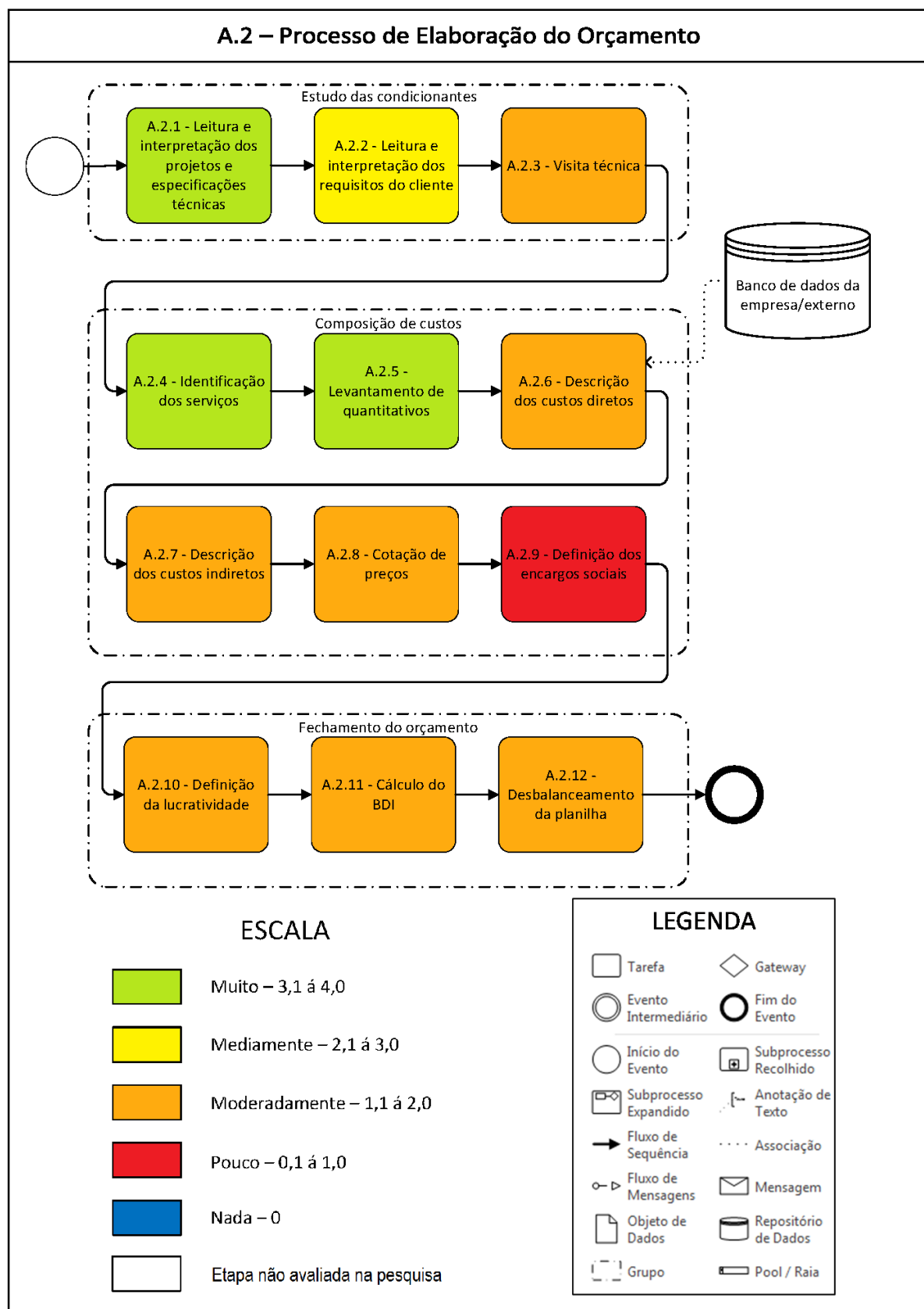
A Figura 4.30 relata o impacto do BIM sobre o fluxo do processo de orçamento, tendo três atividades contidas dentro da classe de impacto muito, uma na mediantemente, sete na moderadamente e uma na pouco. Esta distribuição de classes dentre as atividades reflete que a tecnologia tem maior impacto sobre as atividades que tem relação direta com a modelagem dos projetos, não necessitando de informações externa, como é o caso das três atividades classificadas com o grau de impacto muito: leitura e interpretação dos projetos e especificações técnicas; identificação dos serviços e levantamento de quantitativos.

As atividades que necessitam de informação oriunda da modelagem dos projetos e de informações externas foram classificadas dentro da classe mediantemente e moderadamente, ou seja, o BIM impacte de forma parcial estas atividades. Por exemplo, na atividade de descrição dos custos diretos, o orçamentista uni o quantitativo de um determinado serviço retirado automaticamente da ferramenta BIM com sua respectiva composição de custo, desenvolvida com informações externas ao modelo.

Já a atividade de definição dos encargos sociais, única no intervalo da classe de impacto pouco, é uma atividade desenvolvida com informações externas ao modelo BIM. Ou seja, essa atividade não tem interferência da modelagem, pois estes encargos são taxas percentuais aplicadas aos salários dos colaboradores de obras, podendo variar de acordo com a região em que a obra se localiza, com o tipo de contrato trabalhista e com o prazo da obra.

Assim, as atividades do processo de orçamento são impactadas pelo BIM de acordo com a origem das informações para a manipulação do resultado final de cada atividade, sendo ela oriunda da modelagem ou externa a mesma. Desta maneira, fazendo uma análise geral através da obtenção de uma média total das notas atribuídas às atividades, o BIM influencia a orçamentação de forma moderada, já que foi obtida uma média geral de 2,0.

Figura 4.30 – Impacto do BIM sobre o processo de orçamento



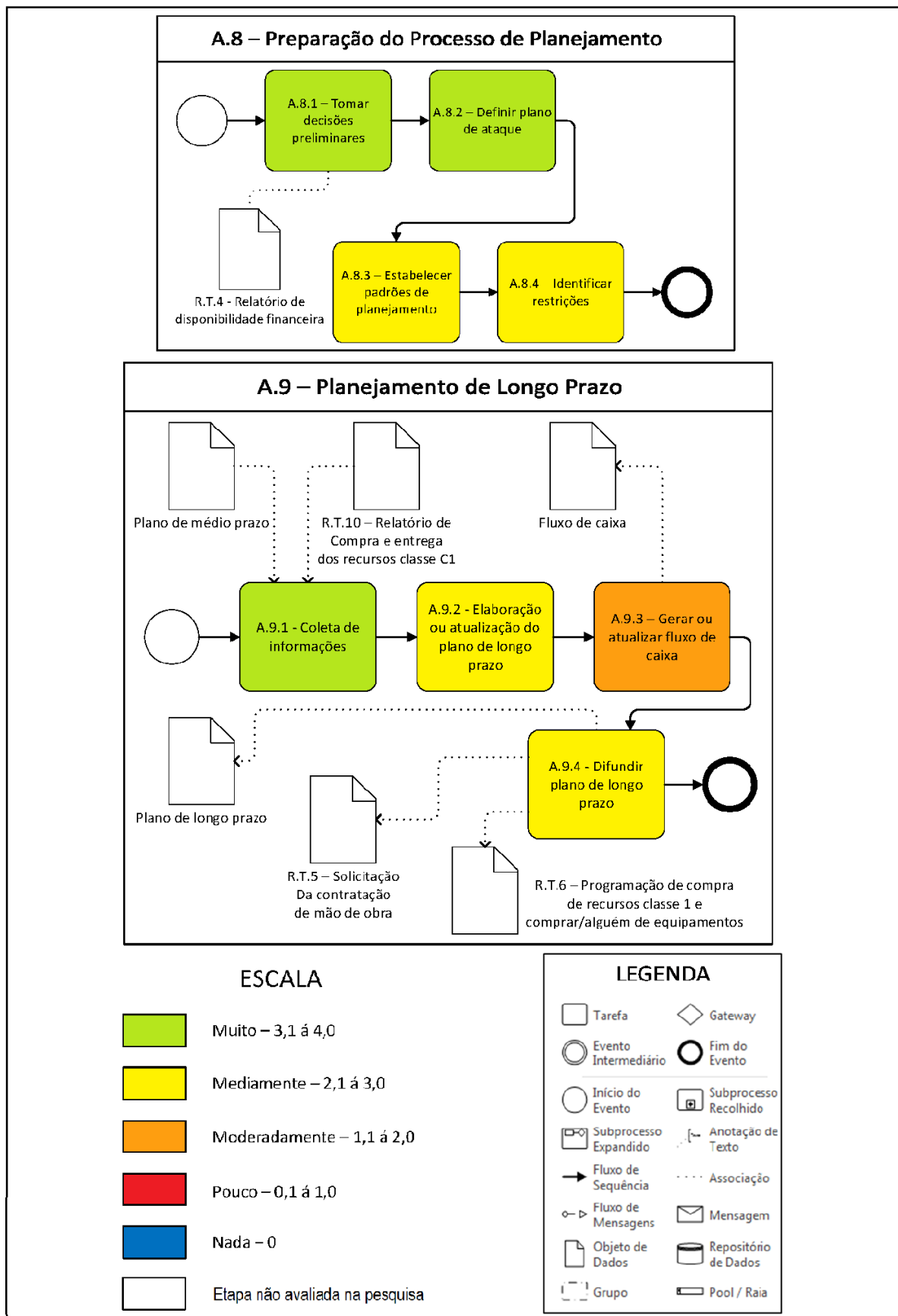
Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.2 Impacto do BIM sobre o processo de planejamento

As Figuras Figura 4.31 e Figura 4.32 apresentam o impacto do BIM sobre o fluxo do processo de planejamento, separado por seus subprocessos e com suas respectivas peculiaridades, como descritas a seguir:

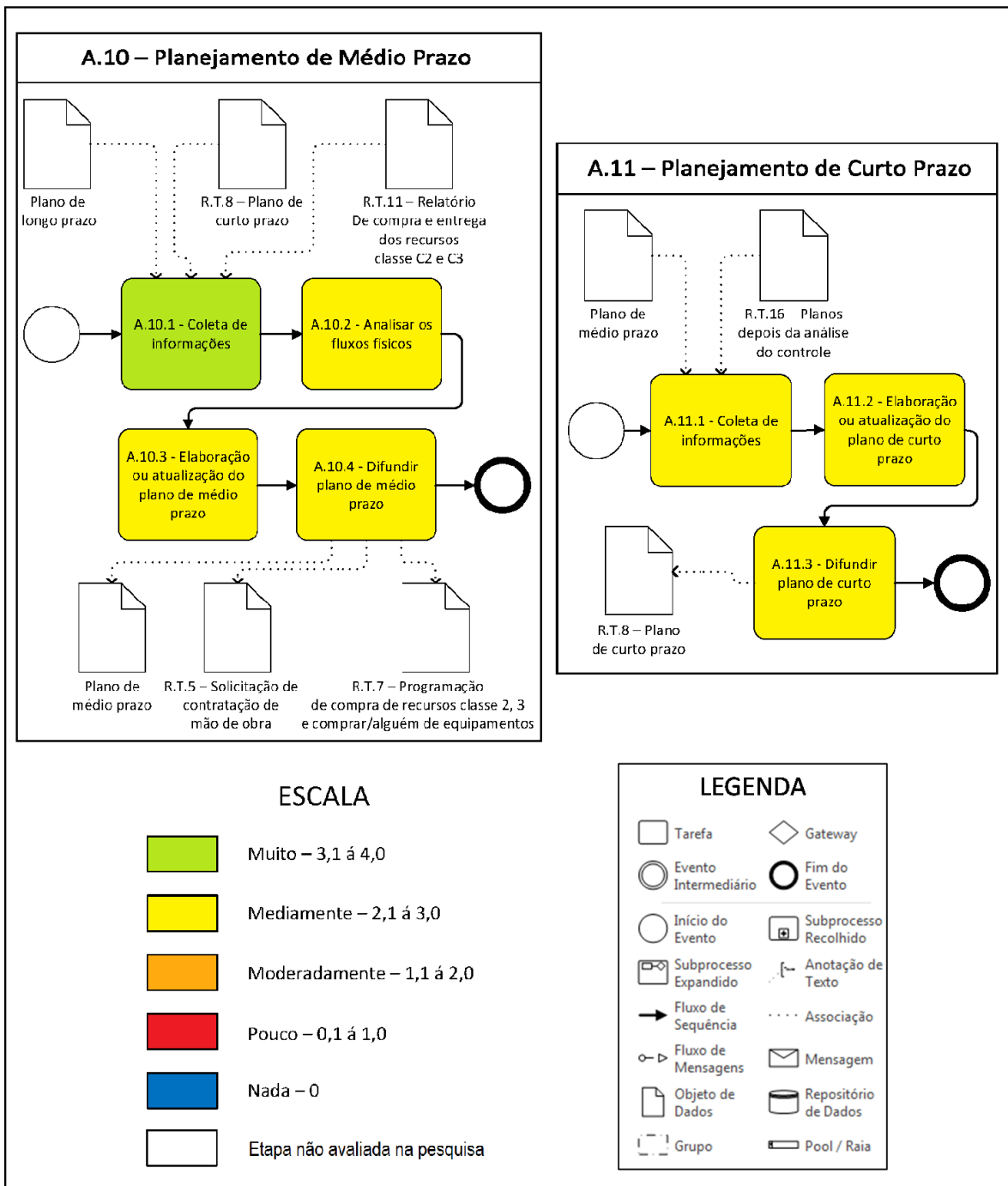
- Preparação do processo de planejamento: Este subprocesso de planejamento alcançou uma média geral de 3,1; obtendo a classe muito da escala gradual de impacto do BIM. Esta grande influencia é decorrendo do poder de análise fornecido pela construção virtual, onde são ponderados as decisões, os procedimentos e padrões fixados nesta etapa do processo de planejamento.
- Planejamento de longo prazo: O subprocesso de planejamento de longo prazo foi classificado dentro da classe mediantemente, com média geral de 2,3. Esta classe é condizente com as melhorias fornecidas pela tecnologia, pois o BIM influencia esta etapa como uma ferramenta de análise da estratégia e dos objetivos traçados para a execução do empreendimento, não contribuindo diretamente para elaboração deste nível planejamento. A visualização espacial da evolução dos serviços de execução por meio da modelagem 4D é a principal contribuição do BIM para esta etapa, favorecendo a construção e simulação de cenários de planejamento, facilitando a escolha do melhor caminho a seguir.
- Planejamento de médio prazo: Com média geral de 2,5, o planejamento de médio prazo também foi classificado dentro da classe mediantemente. Esta rotulação é em virtude das ferramentas de modelagem 4D prover mecanismos de avaliação dos fluxos físicos e das restrições no canteiro de obras, apontando os principais conflitos.
- Planejamento de curto prazo: O planejamento de curto prazo obteve média geral de 2,4, sendo a influencia do BIM classificada também como mediantemente. Esta classificação é apropriada, tendo em conta que os sistemas BIM são apenas o fornecedor de informações necessárias à produção, tendo como principal contribuição a esta etapa a qualidade das informações geradas.

Figura 4.31 – Impacto do BIM sobre o processo de planejamento



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 4.32 – Impacto do BIM sobre o processo de planejamento (continuação)



Fonte: Elaborado pelo autor

Assim, é observado que os sistemas BIM não impactam de forma direta o processo de planejamento, mas é uma excelente ferramenta de checagem e avaliação dos planos elaborados, tendo como funcionalidade principal a compreensão espacial.

4.3.3 Impacto do BIM sobre o processo de controle

O impacto sobre o processo de controle é apresentado na Figura 4.33, separado pelos subprocessos de execução e do relatório de controle, obtendo como média geral 2,5; estando portando dentro da classe de impacto mediantemente.

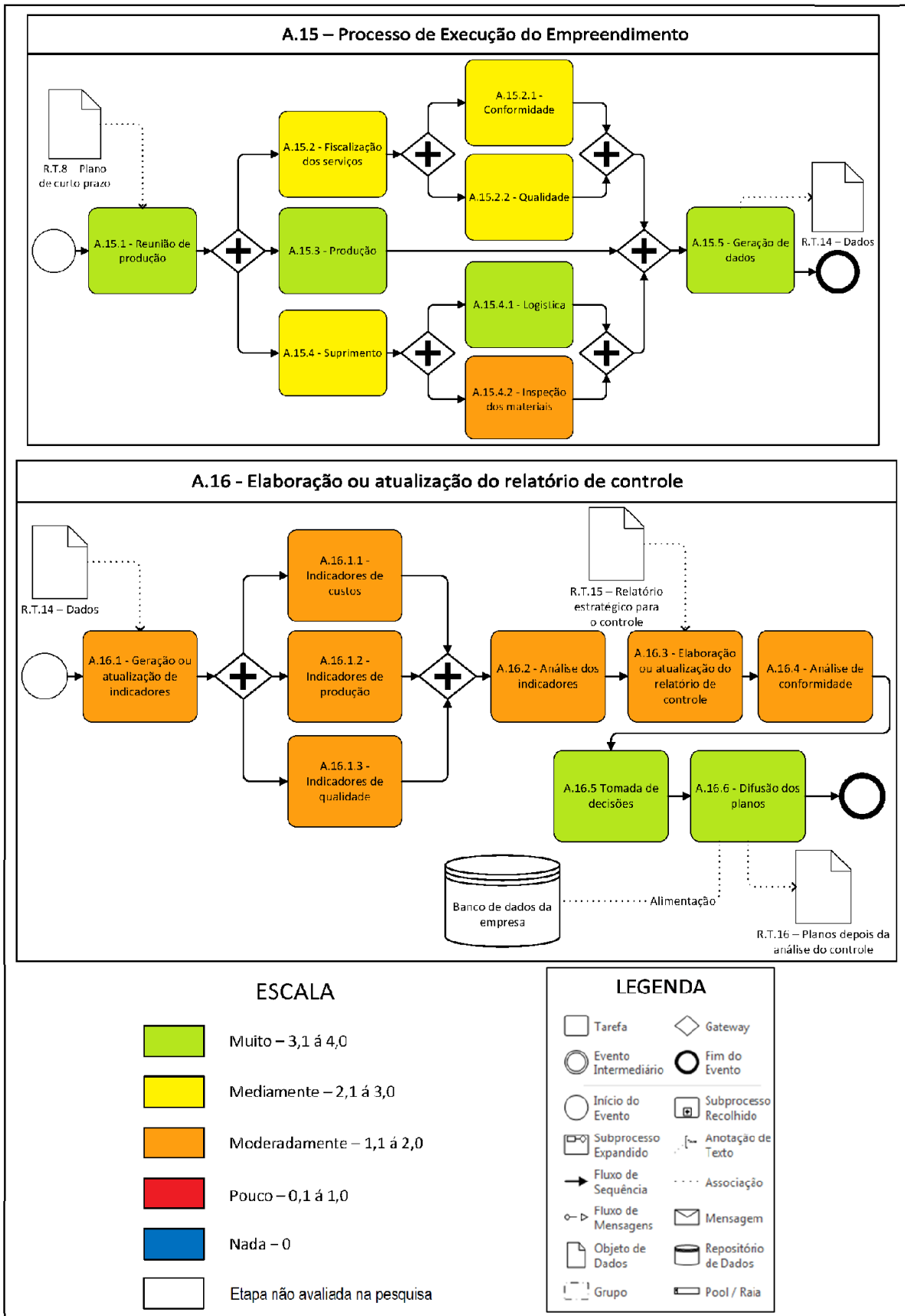
O subprocesso de execução do empreendimento recebe muita influência do BIM, tendo quatro atividades classificadas com muito impacto, três classificadas como mediantemente e apenas uma como moderadamente. As atividades com muito impacto são as que a modelagem tem uma relação direta na informação necessária para o andamento da atividade, fornecendo os critérios de projeto e as informações de prazo, custo e qualidade.

Para as atividades descritas como mediantemente e moderadamente, o BIM tem impacto parcial, pois estas são atividade que necessitam de informações vindas do modelo e das coletadas no canteiro. Por exemplo, a atividade de inspeção dos materiais é compreendida pela comparação da quantidade, especificações e qualidade dos insumos entregues pelos fornecedores com os dados descritos no modelo BIM, sendo a tecnologia apenas o repositório das informações previstas para cada insumo, não tendo interferência no insumo que o fornecedor irá entregar.

No subprocesso de elaboração ou atualização do relatório de controle a influência do BIM não é muito notória, pois sete atividades são classificadas como impacto moderado e apenas duas como impacto muito. Isto reflete a falta de melhor interface das ferramentas BIM com os sistemas de medição de desempenho das empresas, não contribuindo de forma efetiva para a geração ou atualização de indicadores. Verificou que os indicadores apresentados pelas **Empresas E e F** foram trabalhados de forma tradicional, onde o BIM apenas contribui fornecendo a esfera de dados de previsão para a comparação de previsto e realizado.

Após a análise das não conformidades e dos desvios, o BIM retoma o grau elevado de influência no replanejamento, auxiliando com todos os mesmos benefícios de análise do planejamento, contribuindo para as atividades de tomada de decisões e de difusão dos planos.

Figura 4.33 – Impacto do BIM sobre o processo de controle



Fonte: Elaborado pelo autor

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Esta seção apresenta as conclusões e as recomendações para pesquisas futuras relacionadas com os temas estudados, de modo a promover um maior aprofundamento teórico e prático.

5.1 Conclusões

Neste trabalho, pretendeu-se analisar e apresentar os impactos do BIM sobre os processos de orçamento, planejamento e controle em empresas construtoras, tendo como objetivo secundário a representação esquemática dos impactos proporcionados pelo BIM em um fluxo genérico dos processos estudados. Para isto, o método de pesquisa foi decomposto em quatro etapas de estudo: compreensão do BIM, fluxo dos processos, estudo de campo e impacto sobre os fluxos dos processos. Estas etapas formaram o embasamento para alcançar os resultados que permitiram entender mais claramente a importância e influência do BIM.

A utilização dos sistemas BIM no processo de orçamento se mostra muito vantajosa, em comparação com o tradicional, tendo a exatidão e a extração automática dos quantitativos como principal contribuição. Isto se dá pela maior harmonia entre o projeto e suas informações, gerada através da configuração de parâmetros e inter-relações dos objetos no modelo. Com isso é possível estabelecer um banco de dados seguro para extração dos quantitativos, como também de todas as informações necessárias às demais fases do ciclo de vida do empreendimento.

A capacidade de ser o repositório de informações unido à visualização em três dimensões contribui para melhor leitura e interpretação dos projetos e especificações. Com isso, é possível tornar o BIM um grande aliado para o aumento do grau de confiabilidade e diminuição de erros e inconsistências das planilhas orçamentárias. Outra contribuição importante do BIM para esta etapa é a possibilidade de simulações de custos, decorrentes dos conceitos de parametrização e orientação a objetos contidos nos sistemas BIM. Estes conceitos otimizam a alteração de projeto ou especificações, permitindo a criação de várias configurações projetuais para o empreendimento, auxiliando as empresas na escolha da opção mais viável economicamente e financeiramente.

Em relação aos processos de planejamento, os conceitos e métodos presentes na modelagem 4D trazem importantes subsídios para o desenvolvimento do produto edificação e, conseqüentemente, para as empresas. Este fator é fruto da vinculação entre as informações de projeto com as de prazo, estabelecidas por meio da combinação entre o modelo 3D e as técnicas tradicionais de planejamento. Isto contribui para os gestores de empreendimentos entenderem mais facilmente a tendência evolutiva das atividades de produção, no que correspondem aos prazos e aos fluxos.

Assim, os sistemas BIM se transformam em mais uma ferramenta de elaboração, visualização e análise das decisões para criação do planejamento. A inserção do caráter espacial nas avaliações dos planos é a melhor funcionalidade proposta pela tecnologia, onde proporciona uma melhor visualização e escolha da estratégia de ataque, do sequenciamento das atividades e dos fluxos de trabalho, como também oferece ganho de qualidade na alocação dos recursos de produção. Estas melhorias proporcionam um incremento de produtividade com a diminuição de tempos de espera decorrentes da resolução problemas de projeto ou má elaboração do planejamento.

O impacto nos fluxos de planejamento mostrou que o BIM é compatível e pode abranger os três níveis de planejamento, tendo como foco de análise uma unidade base ou o empreendimento como todo. Isto expõe a possibilidade de simular e visualizar novos cenários de planejamento envolvendo os níveis de longo, médio e curto prazo, oferecendo maiores informações aos gestores para basear a tomada de decisão. Entretanto, o nível de detalhamento do modelo tem que estar condizendo com a exigência dos níveis menores de planejamento, requerendo maior esforço de modelagem dos projetos.

No que tange o processo de controle, os sistemas BIM se mostram poucos impactantes, não tendo aderência direta aos sistemas de medição de desempenho das empresas. A medição dos dados para o controle da variação de desempenho ainda é realizado de forma tradicional pelas empresas estudadas, onde o BIM não participa da criação e análise de indicadores de desempenho, obtendo contribuição limitada para apresentação da performance quanto a sua evolução real. Neste contexto, a plataforma se apresenta apenas como ferramenta auxiliar no comparativo entre previsto e realizado, apresentando claramente os objetivos e as

metas a serem atingidas ou, quando necessário, auxiliando nas simulações de análise do replanejamento.

Para a adoção do BIM, as empresas têm enfrentando algumas dificuldades. O estudo de campo apresentou os problemas com recursos humanos, à interoperabilidade, a falta de colaboração e o alto custo da implantação da tecnologia como as mais relevantes. Estes problemas podem ser mitigados com a elaboração de um bom plano de implantação da plataforma, onde deve estar contido a verificação da necessidade de consultoria; análise, seleção e treinamento da mão de obra; implantação da infraestrutura necessária (redes, hardwares e softwares) e a elaboração e estruturação da nova metodologia de processos da empresa.

O objetivo do plano de implantação não deve visar só o auxílio aos agentes internos da organização, mas toda a cadeia da construção que estará envolvida no desenvolvimento do empreendimento. Este maior envolvimento de todos os agentes é uma das peças fundamentais para o êxito da plena utilização da plataforma, pois todos devem conhecer as regras e princípios da tecnologia. Só desta maneira é possível gerar informações com alto grau de confiabilidade, ajudando na criação e na utilização do modelo.

Com esta pesquisa foi possível determinar os impactos do BIM nos processos de orçamento, planejamento e controle de obras, como também os requisitos de trocas de informações básicos necessários entre estes processos. Um aspecto a ser destacado no desenvolvimento dos fluxos e dos requisitos de troca foi a consideração apenas de informações retiradas da literatura, não sendo estudado um caso real. Deste modo, pode haver a necessidade de estabelecer outros intercâmbios de informações importantes para o pleno desenvolvimento dos processos estudados, merecendo um estudo técnico e prático aprofundado de casos reais.

As etapas da pesquisa apresentaram que com o BIM é possível obter com facilidade um maior número de informações para os processos estudados do que utilizar os documentos tradicionais sem a devida sinergia. A funcionalidade da extração automática de quantitativos, da visualização em três dimensões e da resolução de conflitos trazem maior exatidão e confiabilidade para as informações necessárias para os processos de orçamento, planejamento e controle, fazendo do BIM um forte aliado.

5.2 Recomendações

Com a elaboração desta pesquisa, surgiram recomendações para trabalhos futuros, como:

- A. Desenvolver uma metodologia que melhor aproxime as estratégias de medição de desempenho das empresas com a tecnologia BIM.
- B. Aprofundar os estudos com relação às trocas de informações necessárias para o pleno desenvolvimento dos processos de orçamento, planejamento e controle em BIM.

REFERÊNCIAS

ACKOFF, R. **Planejamento Empresarial**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos - LTC, 1976.

ANTUNES, C. E. **Mapeamento de processos e determinação de requisitos de informação em projetos de estruturas em concreto armado para obras de saneamento através de sistemas BIM: Estudo de caso utilizando a metodologia IDM**. Dissertação. Curitiba. p.148. Universidade federal do Paraná, 2014.

ASSEF, R. **Guia prático de administração financeira: pequenas e médias empresas**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Campos, 2003.

AVILA, A. V.; JUNGLES, A. E. **Gestão do Controle e Planejamento de Empreendimentos**. Florianópolis: 2013.

AZEVEDO, O. J. M. **Metodologia BIM - Building Information Modeling na Direção Técnica de Obras**. Dissertação. Minho. p.114. Universidade do Minho, 2009.

BALARINE, O. F. O. O Controle de Projetos Através dos Conceitos de Desempenho Real (Earned Value). **Produção**, v.10, n.2, p.9, 2001.

BALLARD, H. G. **The Last Planner System of Production Control**. Tese. Birmingham, 2000.

BARBOSA, C. ET AL. **Gerenciamento de custos em projetos** . 3ª. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2009.

BEDRICK, J. Organizing the Development of a building information model. **AECbytes**, 2008.

BERLINER, C.; BRINSON, J. **Cost management for today ' s advanced manufacturing**. Boston. Harvard Business School, 1998.

BERNARDES, M. M. E S. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção**. Tese. Porto Alegre. p.282. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

BUILDINGSMART. **IFD library white paperFramework**, 2008.

BUILDINGSMART. **Information Delivery Manual Guide to Components and Development Methods**, 2010. Disponível em:
<http://iug.buildingsmart.org/idms/development/IDMC_004_1_2.pdf>

BUILDINGSMART. **Industry Foundation Classes: IFC4 Release Candidate**. Disponível em: <<http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC2x4/rc4/html/index.htm>>. Acesso em: 20 nov. 2014.

CICRP (COMPUTER INTEGRATED CONSTRUCTION RESEARCH PROGRAM). **Planning Guide for Facility Owners**. p. 105, 2012.

CONSTRUCTION, M. H. **The business value of BIM for construction in major global markets**. Bedford. SmartMarket Report, 2013.

COONS, S. A. An Outline of the Requirements for a Computer-Aided Design System. **Simulation**, v. 2, n. 2, p. 299–304, 1964.

CORDEIRO, L. F.; RIBAS, R. A. **Gestão de custos em empresas de engenharia através do ABC “Activity Based Costing”**. Curitiba: Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná - CEFET, 2000.

COSTA, J. M. C. DA; SERRA, S. M. B. Comparação de processos de levantamento de quantitativos : tradicional e bim. **XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. Maceió, 2014.

COSTA, E. N. **Avaliação da metodologia bim para compatibilização de projetos**. Dissertação. Ouro Preto. p.86. Universidade Federal de Ouro Preto, 2013.

EASTMAN, C. et al. **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. 1^a.ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

EASTMAN, C. M. et al. Exchange Model and Exchange Object Concepts for Implementation of National BIM Standards. **Journal of Computing in Civil Engineering**. p. 25–34, 2010.

FARAH, M. F. S. **Tecnologia, processo de trabalho e construção habitacional**. Tese. São Paulo. p.297. Universidade de São Paulo, 1992.

FERREIRA, S. L. **Proposta de ampliação do modelo IFC com a contribuição do IES LM-63 : A luminária no ciclo de vida da Edificação**. Tese. São Paulo. p.228. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.

FILHO, C. A. **Acesso ao modelo integrado do edifício**. Dissertação. Curitiba. p.140 Universidade Federal do Paraná, 2009.

FORMOSO, C. **A knowledge based framework for planning house building projects**. Tese. Salford. p.314. University de Salford, 1991.

FORMOSO, C. T. et al. **Planejamento e controle da produção em empresas de construção**. p. 1–50, 2001.

FOUQUET, J. **Planejamento de edifício utilizando software 4D**. Trabalho de conclusão de curso. São Carlos. p.62. Universidade Federal de São Carlos, 2010.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

HORNGREM, C. T.; DATAR, S. M.; FOSTER, G. **Contabilidade de custos**. 11^a. ed. São Paulo: 2006.

KAM, C. **Building Information Modeling Guide Series 01 – Overview**. GSA - U.S. General Service Administration, 2007.

KERN, A. P.; FORMOSO, C. T. A utilização de curvas de agregação de recursos como ferramenta de integração dos diferentes setores de uma empresa de construção civil na gestão de custos. Curitiba. **XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 2002.

KERN, A. P.; FORMOSO, C. T. Integração dos setores de produção e orçamento na gestão de custos de empreendimentos de construção civil. São Carlos. **III simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção**, 2003.

KOSKELA, L. **Application of the new philosophy to construction**. Stanford. Center for Integrated Facility Engineering - CIFE, 1992.

KOSKELA, L. **An Exploration towards a Production Theory and its Application to Construction**. Tese. Technical Research Centre of Finland - VTT, 2000.

KYMMELL, W. **Building Information Modeling: Planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations**. New York: MCGRAW-HILL, 2008.

LAAKSO, M.; KIVINIEMI, A. The IFC standard - A review of history, development, and standardization. **Electronic Journal of Information Technology in Construction**, v. 17, n. May, p. 134–161, 2012.

LAUFER, A.; TUCKER, R. Is construction planning really doing its job ? A critical examination of focus, role and process. **Construction Management and Economics**, London, n.5, p. 243-266, 1987.

LOBO, E. J. R. **Curso de engenharia de software**. São Paulo: Digerati Books, 2008.

MANZIONE, L. **Proposição de uma Estrutura Conceitual de Gestão do Processo de Projeto Colaborativo com o uso do BIM**. Tese. São Paulo. p.343. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - EPUSP, 2013.

MATTOS, A. D. **Como preparar orçamentos de obras: dicas para orçamentistas, estudos de casos e exemplos**. São Paulo: PINI, 2006.

MATTOS, A. D. **Planejamento e controle de obras**. São Paulo: PINI, 2010.

MENDES JR, R.; HEINECK, L. F. M. Roteiro para programação da produção com linhas de balanço em edifícios altos. Gramado. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP**, 1997.

- MENEZES, G. L. B. B. DE. Breve histórico de implantação da plataforma bim. **Caderno de Arquitetura e Urbanismo**, v. 18^o, p. 152–171, 2011.
- MINARI, C. F. J. **Influência do Custo da Produção no Fluxo de Caixa de Obras de edificações**. Dissertação. São Carlos. p.134. Universidade Federal de São Carlos, 2009.
- MINARI, C. F. J.; SERRA, S. M. B. Influência do Custo da Produção no Fluxo de Caixa de Obras de Edificações. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 2010.
- MONDRUP, T. F.; KARLSHØJ, J.; VESTERGAARD, F. **Information delivery manuals to facilitate it supported energy analysis**. p. 17–19, 2012.
- MONTEIRO, A. DA S.; SANTOS, R. DE C. A. DOS. **Planejamento e controle na construção civil, utilizando alvenaria estrutural**. Universidade da Amazônia, 2010.
- MORAES, R. M. DE M. **Procedimentos para o processo de planejamento da construção: Estudo de caso**. Dissertação. São Carlos. p.127. Universidade federal de São carlos - UFSCAR, 2007.
- NAKAMURA, J. **Construtoras apostam no BIM 4D para melhorar assertividade do planejamento de obras**. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/213/artigo335226-4.aspx>>. Acesso em: 15 jan. 2015.
- NBIMS. **National Building Information Modeling Standard**National Institute of Building Sciences, , 2007.
- OMG. **Business Process Model and Notation (BPMN)**, 2014. Disponível em: <<http://www.bpmn.org/>>
- PMBOK., G. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos**. 4^a. ed. Pennsylvania: Project Management Institute, 2008.
- QUEIROZ, M. N. DE. **Programação e controle de obras**, 2001.
- ROCHA, A. P. **AsBEA divulga tabela comparativa de softwares BIM para modelagem paramétrica**. Disponível em: <<http://piniweb.pini.com.br/construcao/arquitetura/asbea-divulga-tabela-comparativa-de-softwares-bim-para-modelagem-parametrica-243722-1.aspx>>. Acesso em: 10 ago. 2014.
- ROLDÃO, V. S. **Gestão de projetos: Um perspectiva integrada**. 2^a. ed. São Carlos: EDUFSCAR, 2010.
- SACKS, R. et al. The Rosewood experiment — Building information modeling and interoperability for architectural precast facades. **Automation in Construction**, v. 19, n. 4, p. 419–432, jul. 2010.

SANTOS, A. DE P. L. et al. A utilização do bim em projetos de construção civil. **Revista Iberoamericana de Engenharia Industrial**. Florianópolis, v.1, n.2, p.24-42, 2009.

SHEN, Z.; ISSA, R. R. Quantitative Evaluation of the BIM-assisted Construction Detailed Cost Estimates. **ITcon**, v. 15, p. 234–257, 2010.

SILVEIRA, S. J. DA; GÓMEZ, L. A.; JUNGLES, A. E. Metodologia para interoperabilidade entre softwares de planejamento e de visualização gráfica para o desenvolvimento do planejamento 4D. **XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP)**, n. 2002, p. 1–11, 2006.

SLACK, N. et al. **Administração da Produção - Edição compacta**. 10^a. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

SOLER, A. M. ET AL. **Gerenciamento de riscos em projetos**. 2^a. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2007.

SOUZA, L. L. A. DE. **Diagnóstico do uso do BIM em empresas de projeto de arquitetura**. Dissertação. Niterói. p.108. Universidade Federal Fluminense, 2009.

STEEL, J.; DROGEMULLER, R.; TOTH, B. Model interoperability in Building Information Modeling. **Software and Systems Modeling**, v. 11, n. 1, p. 99–109, 2012.

SYAL, M. G. et al. Construction project planning process model for small-medium builders. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 118, n. 4, p. 651–666, 1992.

TURNER, J. R. **The Handbook of Project-Based Management**. 3^a. ed. Nova Iorque: MCGRAW-HILL, 2009.

WITICOVSKI, L. C.; SCHEER, S. Utilização de Modelagem BIM no Processo de Integração Entre Projeto e Orçamentação. **Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção**, 2011.

APÊNDICES

Apêndice A: E-mail de apresentação da pesquisa

Prezado(a) Senhor(a),

Vimos, por meio deste, solicitar sua colaboração na pesquisa que está sendo desenvolvida no escopo do trabalho de mestrado, conduzido por mim, José Martins Cavalcanti da Costa, e sob a orientação da professora Sheyla Mara Baptista Serra, no programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil (PPGECIV) da Universidade Federal de São Carlos/SP.

A dissertação de mestrado, “Diagnóstico da Implantação do BIM em Empresas Construtoras com foco nos Processos de Orçamento, Planejamento e Controle de Obras”, será desenvolvida por meio da aplicação de questionários e entrevistas a empresas construtoras. O objetivo da pesquisa é analisar os principais impactos do uso do BIM (Building Information Modeling) sobre os processos de orçamento, planejamento e controle.

Assim, convidamos o senhor(a) a participar desse trabalho, respondendo ao questionário através do link (formulário do google docs):

<https://----->

Ressaltamos a importância da sua participação para no contexto deste trabalho analisar o uso, os benefícios, as dificuldades e as mudanças provocadas pelo uso das ferramentas do BIM pelas empresas construtoras, e sua implicação direta nos processos de planejamento e orçamentação. No final do questionário será solicitado o contato de algum membro da empresa para que possamos agendar uma entrevista via Skype, ou se possível, pessoalmente.

Comprometo-me, como pesquisador principal, a utilizar os dados e o material coletado apenas para uso estritamente acadêmico. E ressaltamos que os dados obtidos serão sigilosos, não sendo divulgada a identificação de nenhum dos participantes.

Em qualquer etapa do estudo, ficaremos a disposição para esclarecimento de eventuais dúvidas. Contato: José Martins, telefone: (xx) xxxx-xxxx, endereço eletrônico: xxx.

Atenciosamente,

José Martins Cavalcanti da Costa

Apêndice B: Questionário

QUESTIONÁRIO

DIAGNÓSTICO DA IMPLANTAÇÃO DO BIM EM EMPRESAS CONSTRUTORAS

“Diagnóstico da Implantação do BIM em Empresas Construtoras com foco nos Processos de Planejamento, Orçamento e Controle”

Responsável: José Martins Cavalcanti da Costa* (Aluno de Mestrado)

Orientadora: Prof^a. Sheyla Mara Baptista Serra*

* Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil (PPGECIV) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

O objetivo deste trabalho é analisar os principais impactos do Building Information Modelling (BIM) sobre os processos de planejamento, orçamento e controle.

E propor uma representação esquemática do impacto do BIM no fluxo de informações entre os processos estudados.

No contexto deste trabalho temos como questão de pesquisa: quais os benefícios adquiridos pelas empresas com a adoção do BIM e sua implicação direta nos processos de planejamento, orçamentação e controle?

Comprometo-me, como pesquisador principal, a utilizar os dados e o material coletado apenas para uso estritamente acadêmico. E ressaltamos que os dados obtidos serão sigilosos, não sendo divulgada a identificação de nenhum dos participantes.

Em qualquer etapa do estudo, ficaremos a disposição para esclarecimento de eventuais dúvidas. Contato: José Martins, telefone: -----, endereço eletrônico: -----.

AGRADECEMOS IMENSAMENTE PELA SUA DISPONIBILIDADE EM RESPONDER AO QUESTIONÁRIO.

*OBRIGATÓRIA A RESPOSTA

Estrutura do Questionário

Esse questionário apresenta 28 questões relacionadas à implantação do BIM e é composto pelas seguintes partes:

PARTE 1: Identificação (entrevistado e empresa)

PARTE 2: Caracterização geral da implantação e uso do BIM pela empresa

PARTE 3: Perguntas relacionadas com a orçamentação

PARTE 4: Perguntas relacionadas com o planejamento

PARTE 5: Perguntas relacionadas com a execução e controle

O tempo para responder ao questionário é de 30 a 40 minutos.

PARTE 1: Identificação (entrevistado e empresa)***OBRIGATÓRIA A RESPOSTA**

Nome do entrevistado:*

Cargo:*

Telefone:

E-mail:

Empresa:*

Número de funcionários da empresa:*

PARTE 2: Caracterização geral da implantação e uso do BIM pela empresa***OBRIGATÓRIA A RESPOSTA**

1. Tipos de empreendimentos construídos pela empresa: *

<input type="checkbox"/> Residencial	<input type="checkbox"/> Comercial	<input type="checkbox"/> Industrial	<input type="checkbox"/> Infraestrutura
<input type="checkbox"/> Outro: <input type="text"/>			

2. Há quanto tempo à empresa utiliza a tecnologia BIM? *

<input type="radio"/> Menos de 2 anos	<input type="radio"/> De 2 a 4 anos	<input type="radio"/> De 4 a 6 anos	<input type="radio"/> De 6 a 8 anos	<input type="radio"/> Mais de 8 anos
---------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------------

3. Quais softwares são utilizados pela empresa? *

<input type="checkbox"/> ArchiCA	<input type="checkbox"/> Bentley Systems	<input type="checkbox"/> Digital Project	<input type="checkbox"/> Dprofiler	<input type="checkbox"/> Navisworks	
<input type="checkbox"/> Projecwise	<input type="checkbox"/> Revit	<input type="checkbox"/> Solibri	<input type="checkbox"/> Synchro	<input type="checkbox"/> Vico Virtual	<input type="checkbox"/> Visual Simulation
<input type="checkbox"/> Outro: <input type="text"/>					

4. Qual o estágio atual de implantação da tecnologia na empresa? *

<input type="radio"/> Planejamento para implantação
<input type="radio"/> Infraestrutura (aquisição de hardware e softwares)
<input type="radio"/> Recursos humanos (contratação e treinamento de pessoal)
<input type="radio"/> Estudo piloto
<input type="radio"/> Implantado
<input type="radio"/> Outro: <input type="text"/>

5. Qual a meta de utilização do BIM para a empresa? *

<input type="radio"/> Modelagem BIM 3D (Modelo)
<input type="radio"/> Modelagem BIM 4D (Modelo e Planejamento)
<input type="radio"/> Modelagem BIM 5D (Modelo, Planejamento e Custo)
<input type="radio"/> Modelagem BIM 5D + Controle (Modelo, Planejamento, Custo e Controle)
<input type="radio"/> Modelagem BIM 6D (Modelo, Operação e Manutenção)
<input type="radio"/> Outro: <input type="text"/>

6. Atualmente, o BIM é empregado para quais atribuições dentro da empresa? *

A – Projeto	
<input type="checkbox"/>	Concepção do projeto
<input type="checkbox"/>	Documentação do projeto
<input type="checkbox"/>	Visualização do projeto
<input type="checkbox"/>	Compatibilização dos projetos
<input type="checkbox"/>	Revisão de projetos
<input type="checkbox"/>	Análise de eficiência energética
<input type="checkbox"/>	Avaliação de critérios de sustentabilidade
<input type="checkbox"/>	Análises de engenharia
<input type="checkbox"/>	Extração de quantitativos
<input type="checkbox"/>	Outro: <input type="text"/>
B – Construção	
<input type="checkbox"/>	Planejamento logístico do canteiro de obras
<input type="checkbox"/>	Planejamento
<input type="checkbox"/>	Gestão de custo
<input type="checkbox"/>	Coordenação 3D
<input type="checkbox"/>	Acompanhamento e controle da obra
<input type="checkbox"/>	Pré-fabricação
<input type="checkbox"/>	Prototipagem
<input type="checkbox"/>	Não utiliza o BIM para atribuições de construção
<input type="checkbox"/>	Outro: <input type="text"/>
C – Operação	
<input type="radio"/>	Sim
<input checked="" type="radio"/>	Não

7. Quais são os três principais benefícios da tecnologia para a empresa? *

<input type="checkbox"/> Conceito, viabilidade e benefícios no projeto
<input type="checkbox"/> Aumento da qualidade e do desempenho da construção
<input type="checkbox"/> Visualização antecipada e mais precisa de um projeto
<input type="checkbox"/> Correções automáticas de baixo nível quando mudanças são feitas no projeto
<input type="checkbox"/> Geração de desenhos 2D precisos e consistentes em qualquer etapa do projeto
<input type="checkbox"/> Colaboração antecipada entre múltiplas disciplinas de projeto
<input type="checkbox"/> Verificação facilitada das intenções de projeto
<input type="checkbox"/> Extrações de estimativas de custo durante a etapa de projeto
<input type="checkbox"/> Incremento da eficiência energética e a sustentabilidade
<input type="checkbox"/> Sincronização de projeto e planejamento da construção
<input type="checkbox"/> Descoberta de erros de projeto antes da construção (detecção de interferências)
<input type="checkbox"/> Reação rápida a problemas de projeto ou do canteiro
<input type="checkbox"/> Uso do modelo de projeto com base para componentes fabricados
<input type="checkbox"/> Melhor implementação e técnicas de construção enxuta
<input type="checkbox"/> Sincronização da aquisição de materiais com o projeto e a construção
<input type="checkbox"/> Melhor gerenciamento e operação das edificações
<input type="checkbox"/> Integração com sistemas de operação e gerenciamento de facilidades
<input type="checkbox"/> Outro: <input type="text"/>

8. Utilizando a escala abaixo, escolha o número que melhor represente o grau de desafio encontrado pela empresa para implementação/uso do BIM: *

Escala: 0 – Nada; 1 – Pouco; 2 – Moderadamente; 3 – Mediamente; 4 – Muito

Desafios encontrados	0	1	2	3	4	Não se aplica / Não sei responder
Incompatibilidade com as exigências do cliente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Recursos humanos (contratação e treinamento)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Problemas relacionados com hardwares e softwares	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Custo elevado para implementação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Interoperabilidade ¹	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Colaboração das equipes envolvidas no empreendimento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Propriedade e produção da documentação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mudança organizacional da empresa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Outro: <input type="text"/>						

¹ Interoperabilidade: capacidade de um sistema (informatizado ou não) de se comunicar de forma transparente (ou o mais próximo disso) com outro sistema (semelhante ou não).

PARTE 3: Perguntas relacionadas com a orçamentação

***OBRIGATÓRIA A RESPOSTA**

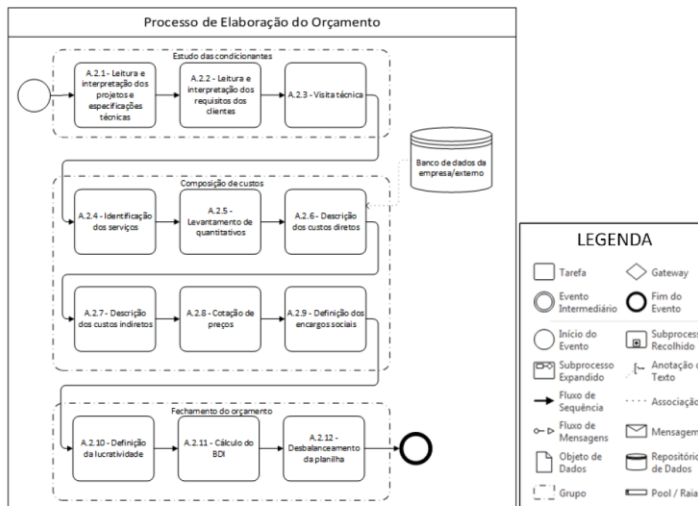
10. Qual base de dados é utilizada para elaboração das estimativas de custos? *

SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil)
 CUB (Custo Unitário Básico de Construção)
 ORSE (Orçamento de Obras de Sergipe)
 Própria da empresa
 Outro: _____

11. Quais os softwares utilizados para orçamentação? *

Planilhas eletrônicas (Exemplo: Excel)
 CCS Candy
 ORCA++
 ORSE (Orçamento de Obras de Sergipe)
 Primavera Construction
 Sage "Construção"
 VICO
 Própria da empresa
 Outro: _____

Processo de Elaboração do Orçamento (as questões abaixo são baseadas neste fluxo)



12. Utilizando a escala abaixo, escolha o número que melhor represente como o BIM auxilia na estimativa de custos nas seguintes etapas do processo de orçamentação. *

Escala: 0 – Nada; 1 – Pouco; 2 – Moderadamente; 3 – Mediamente; 4 – Muito

A – ESTUDOS DAS CONDICIONANTES						
Etapas	0	1	2	3	4	Não se aplica / Não sei responder
Leitura e interpretação dos projetos e especificações técnica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Leitura e interpretação dos requisitos do contratante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Visita técnica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
B – COMPOSIÇÃO DE CUSTOS						
Identificação dos serviços	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Levantamento de quantitativos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Discriminação dos custos diretos e indiretos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cotação de preços	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Definição de encargos sociais e trabalhistas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C – FECHAMENTO DO ORÇAMENTO						
Definição da lucratividade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cálculo do BDI	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Desbalanceamento da planilha	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

13. Utilizando a escala abaixo, escolha o número que melhor represente como o BIM auxilia nas seguintes utilidades da orçamentação: *

Escala: 0 – Nada; 1 – Pouco; 2 – Moderadamente; 3 – Mediamente; 4 – Muito

Utilidades da Orçamentação	0	1	2	3	4	Não se aplica / Não sei responder
Levantamento de materiais e serviços	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Obtenção de índices para acompanhamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Capacidades de revisão de valores e índices	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Realização de simulações	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Geração de cronogramas físicos e financeiros	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Análise da viabilidade econômica - financeira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

14. Exponha, em sua opinião, como o uso da modelagem (BIM) contribui ou pode contribuir para melhoria das condições do processo de orçamentação. (Novas ferramentas, processos, etc.) *

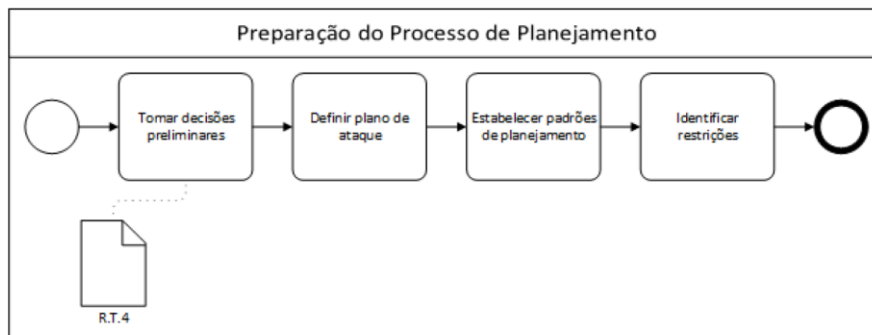
Resposta:

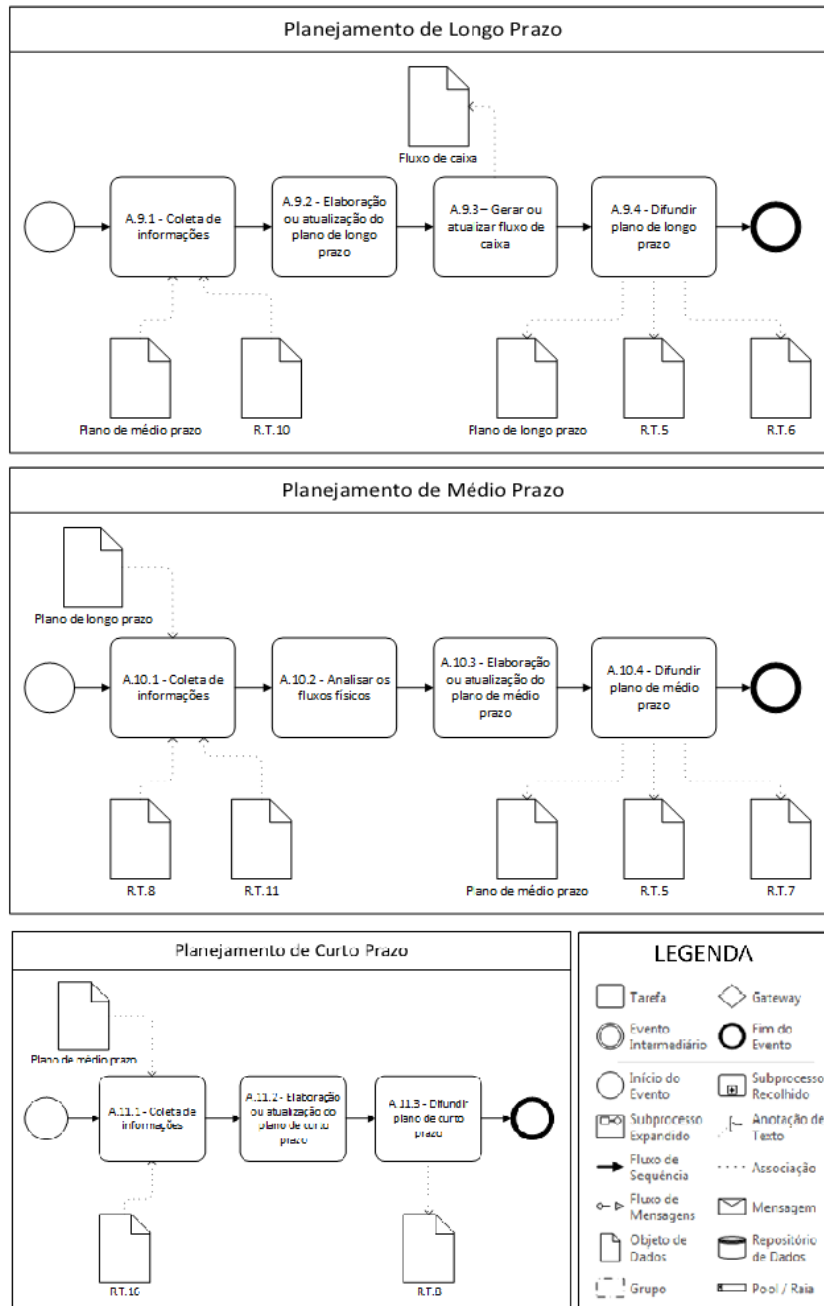
PARTE 4: Perguntas relacionadas com o planeamento***OBRIGATÓRIA A RESPOSTA****15. Quais os softwares de planeamento são utilizados pela empresa? ***

- Planilhas eletrônicas (Exemplo: Excel)
- MS Project
- Primavera
- VICO
- Própria da empresa
- Outro:

16. Quais técnicas de planeamento são aplicadas pela empresa? *

- Corrente Crítica
- Diagrama de Gantt
- Linha de Balanço
- PERT/CPM
- Outro:

Processo de Planeamento (as questões abaixo são baseadas neste fluxo)



19. Utilizando a escala abaixo, escolha o número que melhor represente como o BIM auxilia nas seguintes etapas do processo de planejamento seguindo a técnica PERT/CPM: *

Escala: 0 – Nada; 1 – Pouco; 2 – Moderadamente; 3 – Mediamente; 4 – Muito

Etapas	0	1	2	3	4	Não se aplica / Não sei responder
Identificação das atividades	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Definição das durações	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Montagem da precedência	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Montagem do diagrama de rede	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Identificação do caminho crítico	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Geração do cronograma e cálculo das folgas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

20. Em sua opinião, o BIM auxilia nos seguintes aspectos do planejamento? *

Escala: 0 – Nada; 1 – Pouco; 2 – Moderadamente; 3 – Mediamente; 4 – Muito

Aspectos do Planejamento	0	1	2	3	4	Não se aplica / Não sei responder
Conhecimento pleno da obra	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Deteção de situações desfavoráveis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Agilidade de decisões	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Relação com o orçamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Otimização da alocação de recursos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Referência para o acompanhamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Padronização	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Referência para metas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Documentação e rastreabilidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Documentação e rastreabilidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

21. Exponha, em sua opinião, como o uso da modelagem (BIM) contribui ou pode contribuir para melhoria das condições do processo de planejamento. (Novas ferramentas, processos, etc.). *

Resposta:

PARTE 5: Perguntas relacionadas com a execução e controle***OBRIGATÓRIA A RESPOSTA****22. Quais ferramentas de controle são utilizadas pela empresa? (SOFTWARE)***

<input type="checkbox"/> Planilhas eletrônicas (Exemplo: Excel)
<input type="checkbox"/> MS Project
<input type="checkbox"/> Oracle
<input type="checkbox"/> VICO
<input type="checkbox"/> Própria da empresa
<input type="checkbox"/> Não utiliza nenhum software
<input type="checkbox"/> Outro: <input type="text"/>

23. Para o controle da obra quais os indicadores utilizados?

A – Para avaliar os custos:
<input type="text"/>
B – Para avaliar os prazos:
<input type="text"/>
C – Para avaliar a produção:
<input type="text"/>
D – Para avaliar a qualidade:
<input type="text"/>
Outro: Qual? Como?
<input type="text"/>

26. Aponte três das principais causas/razões para o não cumprimento dos custos e prazos: *

<input type="checkbox"/> Qualidades do projeto
<input type="checkbox"/> Alterações de projeto
<input type="checkbox"/> Condições atmosféricas adversas
<input type="checkbox"/> Recursos humanos
<input type="checkbox"/> Aproveitamento (relação entre fornecedores e empresa)
<input type="checkbox"/> Retrabalhos e correção de falhas
<input type="checkbox"/> Comunicação entre intervenientes
<input type="checkbox"/> Procedimentos legais e burocráticos
<input type="checkbox"/> Segurança
<input type="checkbox"/> Nenhuma das opções
<input type="checkbox"/> Outro: <input type="text"/>

27. O uso do BIM pode interferir em alguma destas causas, ajudando assim o cumprimento dos custos e prazos. Quais? *

<input type="checkbox"/> Qualidades do projeto
<input type="checkbox"/> Alterações de projeto
<input type="checkbox"/> Condições atmosféricas adversas
<input type="checkbox"/> VICO
<input type="checkbox"/> Aproveitamento (relação entre fornecedores e empresa)
<input type="checkbox"/> Retrabalhos e correção de falhas
<input type="checkbox"/> Comunicação entre intervenientes
<input type="checkbox"/> Procedimentos legais e burocráticos
<input type="checkbox"/> Segurança
<input type="checkbox"/> Nenhuma das opções
<input type="checkbox"/> Outro: <input type="text"/>

28. Descreva como o BIM auxilia o processo de controle? *

Resposta:
<input type="text"/>

SUGESTÕES**Contato para entrevista**

Caso possa participar de uma entrevista via Skype, ou se possível pessoalmente, por favor, preencher os campos abaixo.

Disponibilidade para entrevista: *

Sim Não

Nome Skype:

Possível data e horário para entrevista:

Mês: Dia: Horário:

Observação:

Apêndice C: Respostas do Questionário

Respostas da PARTE 2: Caracterização geral da implantação e uso do BIM pela empresa								
1. Tipos de empreendimentos construídos pela empresa:	(%)	E.A	E.B	E.C	E.D	E.E	E.F	E.G
Residencial	29,0	x	x			x	x	
Comercial	36,0	x	x		x	x		x
Industrial	21,0		x		x	x		
Infraestrutura	0,0							
Hotéis e Hospitais	7,0		x					
Não se aplica	7,0			x				
2. Há quanto tempo à empresa utiliza a tecnologia BIM?	(%)	E.A	E.B	E.C	E.D	E.E	E.F	E.G
De 0 a 2 anos				x				
De 2 a 4 anos		x						x
De 4 a 6 anos			x			x	x	
De 6 a 8 anos					x			
Mais de 8 anos								
3. Quais softwares são utilizados pela empresa?	Nº	E.A	E.B	E.C	E.D	E.E	E.F	E.G
ArchiCAD	1					x		
Bentley Systems	2				x			x
Digital Project	0							
Dprofiler	0							
Navisworks	5	x	x	x	x			x
Projectwise	0							
Revit	6	x	x	x	x		x	x
Solibri	2		x			x		
Synchro 4D	3	x	x			x		
Vico Virtual Constructor	2	x	x					
Visual Simulation	0							
4. Qual o estágio atual de implantação da tecnologia na empresa?	(%)	E.A	E.B	E.C	E.D	E.E	E.F	E.G
Planejamento	0,0							
Infraestrutura	0,0							
Recursos humanos	0,0							
Estudos piloto	43,0			x			x	X
Implantado	43,0	x			x	x		
Indefinido	14,0		x					
5. Qual a meta de utilização do BIM para a empresa?	(%)	E.A	E.B	E.C	E.D	E.E	E.F	E.G
BIM 3D (Modelo)	0,0							
BIM 4D (Modelo e Planejamento)	0,0							
BIM 5D (Modelo, Planejamento e Custo)	57,0	x	x	x		x		
BIM 5D + Controle (Modelo, Planejamento, Custo e Controle)	29,0				x		x	
BIM 6D (Modelo, Operação e Manutenção)	14,0							x
6. Atualmente, o BIM é empregado para quais atribuições dentro da empresa?	(%)	E.A	E.B	E.C	E.D	E.E	E.F	E.G
A - Projeto								
Concepção do projeto	14,0							x
Documentação do projeto	57,0		x		x	x		x
Visualização do projeto	86,0	x	x		x	x	x	x
Compatibilização dos projetos	100	x	x	x	x	x	x	x
Revisão de projetos	71,0		x		x	x	x	x
Análise de eficiência energética	0,0							
Avaliação de critérios de sustentabilidade	14,0	x						
Análises de engenharia	86,0	x		x	x	x	x	x
Extração de quantitativos	100	x	x	x	x	x	x	x

CONTINUAÇÃO: Atualmente, o BIM é empregado para quais atribuições dentro da empresa?	(%)	E.A	E.B	E.C	E.D	E.E	E.F	E.G
B - Construção								
Planejamento logístico do canteiro de obras	57,0	x	x	x		x		
Planejamento	71,0	x	x	x		x	x	
Gestão de custo	86,0	x	x	x	x	x	x	
Coordenação 3D	71,0	x	x	x	x	x		
Acompanhamento e controle da obra	29,0				x		x	
Pré-fabricação	29,0					x		
Prototipagem	14,0			x	x			
Não utiliza o BIM para atribuições de construção	14,0							x
C – Operação e Manutenção								
Sim	29,0					x		x
Não	71,0	x	x	x	x		x	
7. Quais são os três principais benefícios da tecnologia para a empresa?	(%)	E.A	E.B	E.C	E.D	E.E	E.F	E.G
Conceito, viabilidade e benefícios no projeto	14,0							x
Aumento da qualidade e do desempenho da construção	57,0	x	x		x	x		
Visualização antecipada e mais precisa de um projeto	71,0	x		x	x	x	x	
Correções automáticas de baixo nível quando mudanças são feitas no projeto	14,0					x		
Geração de desenhos 2D precisos e consistentes em qualquer etapa do projeto	14,0				x			
Colaboração antecipada entre múltiplas disciplinas de projeto	43,0			x	x	x		
Verificação facilitada das intenções de projeto	29,0	x				x		
Extrações de estimativas de custo durante a etapa de projeto	57,0	x			x	x	x	
Incremento da eficiência energética e a sustentabilidade	0,0							
Sincronização de projeto e planejamento da construção	57,0	x				x	x	x
Descoberta de erros de projeto antes da construção (detecção de interferências)	86,0	x	x	x	x	x		x
Reação rápida a problemas de projeto ou do canteiro	43,0	x			x	x		
Uso do modelo de projeto com base para componentes fabricados	14,0					x		
Melhor implementação e técnicas de construção enxuta	14,0				x			
Sincronização da aquisição de materiais com o projeto e a construção	29,0				x	x		
Melhor gerenciamento e operação das edificações	14,0					x		
Integração com sistemas de operação e gerenciamento de facilidades	14,0					x		
Integração ampliada entre as equipes de projetos, engenharia e incorporação através de reuniões no modelo e troca de informações.	14,0	x						
Planejamento e Controle integrados	14,0		x					
8. Utilizando a escala abaixo, escolha o número que melhor represente o grau de desafio encontrado pela empresa para implementação/uso do BIM:	Med	E.A	E.B	E.C	E.D	E.E	E.F	E.G
Escala: 0 – Nada; 1 – Pouco; 2 – Moderadamente; 3 – Mediamente; 4 – Muito; NN – Não se aplica/Não sabe; NR – Não respondeu								
Incompatibilidade com as exigências do cliente	1,3	2	NR	NR	0	1	2	NN
Recursos humanos (contratação e treinamento)	3,6	3	NR	NR	4	3	4	4
Problemas relacionados com hardwares e softwares	2,2	2	NR	NR	3	3	2	1
Custo elevado para implementação	3,0	3	NR	NR	3	4	3	2
Interoperabilidade	3,6	4	NR	NR	4	3	3	4
Colaboração das equipes envolvidas no empreendimento	2,8	3	NR	NR	2	4	4	1
Propriedade e produção da documentação	2,2	1	NR	NR	0	4	4	2
Mudança organizacional da empresa	2,6	2	NR	NR	4	4	1	2

9. Qual a principal mudança organizacional sofrida pela empresa após a implantação do BIM?	(%)	E.A	E.B	E.C	E.D	E.E	E.F	E.G	
	Estratégica	29,0	x			x			
	Estrutural	0,0							
	Tecnológica	71,0		x	x		x	x	
	Humana	0,0							
	Cultural	0,0							
Política	0,0								
CONTINUAÇÃO: Utilizando a escala abaixo, escolha o número que melhor represente as mudanças organizacionais:	Med	E.A	E.B	E.C	E.D	E.E	E.F	E.G	
	Escala:	0 – Nada; 1 – Pouco; 2 – Moderadamente; 3 – Mediamente; 4 – Muito; NN – Não se aplica/Não sabe; NR – Não respondeu							
	Estratégica	2,6	4	NR	NR	4	3	1	1
	Estrutural	1,8	1	NR	NR	2	3	2	1
	Tecnológica	2,8	3	NR	NR	3	4	2	2
	Humana	2,2	2	NR	NR	3	1	2	3
	Cultural	2,2	3	NR	NR	4	2	1	1
	Política	1,6	3	NR	NR	1	1	2	1
Respostas da PARTE 3: Perguntas relacionadas com a orçamentação									
10. Qual base de dados é utilizada para elaboração das estimativas de custos?	(%)	E.A	E.B	E.C	E.D	E.E	E.F	E.G	
	SINAPI	20,0			x				x
	CUB	10,0	x						
	Própria da Empresa	60,0	x	x	x	x	x	x	
	SEINFRA	10,0			x				
11. Quais os softwares utilizados para orçamentação?	Nº	E.A	E.B	E.C	E.D	E.E	E.F	E.G	
	Planilhas eletrônicas (Exemplo: Excel)	5	x	x	x		x	x	
	SisEng	1	x						
	VICO	1		x					
	RM	1		x					
	Próprio da empresa	3			x	x	x		
	Sienge	1					x		
	MAGMA	1						x	
	VOLARE	1							x
12. Utilizando a escala abaixo, escolha o número que melhor represente como o BIM auxilia na estimativa de custos nas seguintes etapas do processo de orçamentação.	Med	E.A	E.B	E.C	E.D	E.E	E.F	E.G	
	Escala:	0 – Nada; 1 – Pouco; 2 – Moderadamente; 3 – Mediamente; 4 – Muito; NN – Não se aplica/Não sabe; NR – Não respondeu							
	A – Estudos das Condicionantes								
	Leitura e interpretação dos projetos e especificações técnica	3,3	0	3	4	4	4	4	4
	Leitura e interpretação dos requisitos do contratante	2,6	0	2	4	3	2	4	3
	Visita técnica	1,3	0	NN	1	0	2	1	4
	B – Composição de Custos								
	Identificação dos serviços	3,4	2	3	4	3	4	4	4
	Levantamento de quantitativos	4,0	4	4	4	4	4	4	4
	Discriminação dos custos diretos e indiretos	1,5	1	2	0	NN	2	1	3
	Cotação de preços	1,3	0	1	0	NN	4	0	3
	Definição de encargos sociais e trabalhistas	0,5	0	0	0	NN	1	0	2
	C – Fechamento do Orçamento								
	Definição da lucratividade	1,8	1	3	0	NN	4	1	NN
	Cálculo do BDI	1,2	1	2	0	NN	3	0	NN
	Desbalanceamento da planilha	1,2	0	2	0	NN	3	1	NN

13. Utilizando a escala abaixo, escolha o número que melhor represente como o BIM auxilia nas seguintes utilidades da orçamentação:	Med	E.A	E.B	E.C	E.D	E.E	E.F	E.G	
	Escala: Levantamento de materiais e serviços Obtenção de índices para acompanhamento Capacidades de revisão de valores e índices Realização de simulações Geração de cronogramas físicos e financeiros Análise da viabilidade econômica - financeira	0 – Nada; 1 – Pouco; 2 – Moderadamente; 3 – Mediamente; 4 – Muito; NN – Não se aplica/Não sabe; NR – Não respondeu	3,9	4	4	4	3	4	4
		2,4	2	4	1	3	1	4	
		2,3	3	3	1	0	1	4	
		3,3	4	4	4	3	3	4	
		2,7	3	4	1	2	4	3	
		2,1	1	4	1	0	4	3	
14. Exponha, em sua opinião, como o uso da modelagem (BIM) contribui ou pode contribuir para melhoria das condições do processo de orçamentação. (Novas ferramentas, processos, etc.)	RESPOSTAS								
	Empresa A	O uso do BIM no processo de orçamentação só funciona corretamente e com confiabilidade caso a Empresa adote um sistema de nomenclatura de classes padrão para todos os insumos de uma obra, de modo que seja possível não só customizar o processo de extração de dados do modelo conforme métodos de orçamentação adotados, como na interoperabilidade entre os sistemas informatizados de controle e acompanhamento de custos.							
	Empresa B	Precisão e rastreabilidade dos itens do escopo.							
	Empresa C	Projetos com melhor nível de detalhe. Permite uma melhor identificação dos serviços. Quantitativos precisos. Melhor integração entre projeto e orçamento. Possibilita menos retrabalho quando de mudanças em projetos. Possibilita a análise de cenários. Permite simulações e auxilia a tomada de decisões com base em custos.							
	Empresa D	O BIM contribui na ilustração das novas soluções técnicas que estão sendo propostas ao cliente no orçamento e também para o levantamento de quantidades de todos os materiais. Quando integrado ao planejamento, fica claro ao cliente toda estratégia de execução da obra.							
	Empresa E	Acho que é ainda muito baixa a contribuição, uma vez que os fabricantes e fornecedores não estão contribuindo no fornecimento das suas bibliotecas BIM. As soluções integradas de software ainda estão descoladas dos modelos. a menos da VICO, que tem problema de custo alto, demais soluções que conheço não estão aderidas ao modelo. A mais, o mercado precisa entender que os modelos a serem desenvolvidos tem que estar diretamente linkados aos processos construtivos das construtoras e que por sua vez estão ligados a sua orçamentação. Sem isto o retrabalho sobre os modelos entregues pelos projetistas são muito grandes desestimulando as construtoras a utilizando, dando a falsa impressão de inutilidade. Os departamentos de orçamento tem que ter a cultura inserida, hoje orçamos em 2D a maioria das concorrência, e uma vez ganha modelamos para aderirmos ao orçamento ganho, e a partir daí fazemos o acompanhamento físico da obra. Temos muito a andar ainda.							
	Empresa F	Aproveitando a geração de modelos mais fiéis ao que será construído, haver uma integração com maior número de sistemas de orçamento. Outro aspecto a ser melhorado diz respeito à modelagem de sistemas complementares que, para alguns tipos de sistemas, ainda necessitam de uma maior disponibilização de famílias de fabricantes de materiais.							
	Empresa G	Necessária interoperabilidade com softwares específicos de orçamentação.							

Respostas da PARTE 4: Perguntas relacionadas com o planejamento									
15. Quais os softwares de planejamento são utilizados pela empresa? Planilhas eletrônicas (Exemplo: Excel) MS Project Primavera VICO Sincro	Nº	E.A	E.B	E.C	E.D	E.E	E.F	E.G	
	4			x		x	x	x	
	6	x	x	x		x	x	x	
	3	x			x			x	
	1		x						
	1					x			
16. Quais técnicas de planejamento são aplicadas pela empresa? Corrente Crítica Diagrama de Gantt Linha de Balanço PERT/CPM	(%)	E.A	E.B	E.C	E.D	E.E	E.F	E.G	
	12,5			x	x				
	37,5	x	x	x	x		x	x	
	31,5	x	x	x		x	x		
	18,8			x			x	x	
17. Utilizando a escala abaixo, escolha o número que melhor represente como o BIM auxilia nas seguintes etapas do processo de planejamento. Escala: 0 – Nada; 1 – Pouco; 2 – Moderadamente; 3 – Mediamente; 4 – Muito; NN – Não se aplica/Não sabe; NR – Não respondeu A – Preparação do Processo de Planejamento Tomar decisões preliminares Definir plano de ataque Estabelecer padrões de planejamento Identificar restrições B – Planejamento de Longo Prazo Coleta de informações Elaboração ou atualização do plano Gerar ou atualizar fluxo de caixa Difundir plano C – Planejamento de Médio Prazo Coleta de informações Analisar os fluxos físicos Elaboração ou atualização do plano Difundir plano D – Planejamento de Curto Prazo Coleta de informações Elaboração ou atualização do plano Difundir plano	Med	E.A	E.B	E.C	E.D	E.E	E.F	E.G	
	0 – Nada; 1 – Pouco; 2 – Moderadamente; 3 – Mediamente; 4 – Muito; NN – Não se aplica/Não sabe; NR – Não respondeu								
	3,6	4	NR	NR	2	4	4	4	
	3,4	4	NR	NR	4	4	3	2	
	2,4	3	NR	NR	0	3	4	2	
	2,8	3	NR	NR	3	2	4	2	
	3,2	3	NR	NR	3	2	4	4	
	2,6	3	NR	NR	3	3	2	2	
	1,3	2	NR	NR	1	1	1	NN	
	2,3	2	NR	NR	4	2	1	NN	
	3,2	3	NR	NR	3	2	4	4	
	2,6	3	NR	NR	3	3	2	2	
	2,0	2	NR	NR	3	2	1	2	
	2,3	2	NR	NR	4	2	1	NN	
	2,6	2	NR	NR	1	2	4	4	
	2,2	2	NR	NR	2	3	2	2	
	2,5	2	NR	NR	4	2	2	NN	
	18. Utilizando a escala abaixo, escolha o número que melhor represente como o BIM auxilia nas seguintes etapas do processo de planejamento seguindo a técnica Linha de Balanço: Escala: 0 – Nada; 1 – Pouco; 2 – Moderadamente; 3 – Mediamente; 4 – Muito; NN – Não se aplica/Não sabe; NR – Não respondeu	Med	E.A	E.B	E.C	E.D	E.E	E.F	E.G
		0 – Nada; 1 – Pouco; 2 – Moderadamente; 3 – Mediamente; 4 – Muito; NN – Não se aplica/Não sabe; NR – Não respondeu							
		3,3	3	4	1	3	4	4	4
		4,0	4	4	4	4	4	4	4
2,4		4	4	1	2	2	1	3	
2,4		4	4	1	0	4	1	3	
3,0		4	4	1	3	4	1	4	
2,7		2	4	1	4	4	1	3	

<p>19. Utilizando a escala abaixo, escolha o número que melhor represente como o BIM auxilia nas seguintes etapas do processo de planejamento seguindo a técnica PERT/CPM:</p> <p style="text-align: right;">Escala:</p> <p>Identificação das atividades</p> <p>Definição das durações</p> <p>Montagem da precedência</p> <p>Montagem do diagrama de rede</p> <p>Identificação do caminho crítico</p> <p>Geração do cronograma e cálculo das folgas</p>	Med	E.A	E.B	E.C	E.D	E.E	E.F	E.G
	0 – Nada; 1 – Pouco; 2 – Moderadamente; 3 – Mediamente; 4 – Muito; NN – Não se aplica/Não sabe; NR – Não respondeu							
	3,8	3	NN	4	NN	4	4	4
	2,6	4	NN	1	NN	4	1	3
	3,2	4	NN	1	NN	4	4	3
	2,6	3	NN	1	NN	3	3	3
	2,4	4	NN	1	NN	3	1	3
	2,4	4	NN	1	NN	3	1	3
<p>20. Em sua opinião, o BIM auxilia nos seguintes aspectos do planejamento?</p> <p style="text-align: right;">Escala:</p> <p>Conhecimento pleno da obra</p> <p>Deteção de situações desfavoráveis</p> <p>Agilidade de decisões</p> <p>Relação com o orçamento</p> <p>Otimização da alocação de recursos</p> <p>Referência para o acompanhamento</p> <p>Padronização</p> <p>Referência para metas</p> <p>Documentação e rastreabilidade</p> <p>Profissionalismo</p>	Med	E.A	E.B	E.C	E.D	E.E	E.F	E.G
	0 – Nada; 1 – Pouco; 2 – Moderadamente; 3 – Mediamente; 4 – Muito; NN – Não se aplica/Não sabe; NR – Não respondeu							
	3,9	4	4	4	4	4	4	3
	4,0	4	4	4	4	4	4	4
	3,9	4	3	4	4	4	4	4
	3,1	3	4	4	3	2	4	2
	2,7	4	4	1	2	2	4	2
	3,7	3	4	4	3	4	4	4
	2,9	3	4	4	0	2	3	4
	2,9	3	4	4	0	4	3	2
	3,3	3	3	4	3	2	4	4
3,4	3	2	4	3	4	4	4	
<p>21. Exponha, em sua opinião, como o uso da modelagem (BIM) contribui ou pode contribuir para melhoria das condições do processo de planejamento. (Novas ferramentas, processos, etc.).</p> <p style="text-align: right;">Empresa A</p> <p style="text-align: right;">Empresa B</p>	RESPOSTAS							
	<p>Sem duvida o planejamento 4D/5D pode atribuir grande agilidade ao processo de tomada de decisão em todas etapas do ciclo de vida de um empreendimento, sendo útil tanto na engenharia montante quanto no acompanhamento de obra. Um modelo 4D é capaz de reunir as diversas áreas da engenharia em volta do planejamento, sendo possível facilmente detectar inconsistências através dos recursos gráficos, instruir uma equipe de campo acerca das atividades semanais, apresentar e simular diversas estratégias de plano de ataque a obra, logística de canteiro, correção de desvios, agilidade na extração de relatórios, etc. Infelizmente as ferramentas de planejamento 4D e 5D, além do custo elevado, ainda não são totalmente completas em termos de solução. É preciso antes estar muito seguro acerca dos objetivos e usos do BIM para a escolha correta do ferramental, pois cada um tem um potencial diferente. Outra questão é a interoperabilidade entre os softwares de modelagem e planejamento 4D/5D, que muitas vezes gera perda de informações pelo uso do IFC, sendo necessário adotar métodos de modelagem específicos para mitigar esses problemas, uma vez que isso pode acarretar em uma perda relevante de agilidade. É crucial definir um processo de trabalho bem estruturado e que abranja todas as etapas de desenvolvimento do modelo, de modo que as informações de planejamento e orçamento sejam parametrizadas corretamente, lembrando que esse processo é multidisciplinar. Por esse motivo acho que muitas vezes esse ferramental não conversa diretamente com os profissionais de cada especialidade, em termos de interface operacional.</p>							
	Melhor previsão das tendências da obra e controle integrado de mudanças							

CONTINUAÇÃO: Exponha, em sua opinião, como o uso da modelagem (BIM) contribui ou pode contribuir para melhoria das condições do processo de planejamento. (Novas ferramentas, processos, etc.).	RESPOSTAS							
Empresa C	Permite uma melhor compreensão do planejamento para todos os envolvidos. Clara identificação do plano de ataque, especialmente em obras horizontais. Metas mais claras. Facilidade na identificação da relação previsto x realizado.							
Empresa D	O uso do BIM permite o conhecimento detalhado do projeto e quantificação de todos os sistemas, esses são os principais pontos para um planejamento e acompanhamento efetivo. Além disso, permite a simulação do que foi considerado no planejamento, uma real verificação se os sistemas estão com a sequência lógica de execução e se o planejado realmente poderá ser realizado.							
Empresa E	As simulações através do modelo tem dado grande auxílio no entendimento da obra, seu planejamento e seu acompanhamento. A inserção de maiores informações no modelo tem ajudado muito, porém os s equipamentos e DI tem poucos critérios de inserção ainda.							
Empresa F	Podem ser feitas simulações dos processos construtivos, possibilitando melhorar o processo de tomada de decisão, realizando correções e ajustes no plano para que se consiga os objetivos definidos.							
Empresa G	O BIM poderá contribuir mais para o planejamento a partir do momento que um maior número de construtoras passarem a dotar a ferramenta para isso.							
Respostas da PARTE 5: Perguntas relacionadas com a execução e controle.								
22. Quais ferramentas de controle são utilizadas pela empresa? (SOFTWARE)	Nº	E.A	E.B	E.C	E.D	E.E	E.F	E.G
Planilhas eletrônicas (Exemplo: Excel)	6		x	x	x	x	x	x
MS Project	3		x			x		x
Oracle	1	x						
VICO	1		x					
Próprio da Empresa	2				x			x
Siseng	1	x						
IQA	1	x						
RM TOTVS	1		x					
Syncro	1					x		
23. Para o controle da obra quais os indicadores utilizados?	RESPOSTAS							
A – Para avaliar os custos:								
Empresa A	Não respondeu.							
Empresa B	Não respondeu.							
Empresa C	Não respondeu.							
Empresa D	Não respondeu.							
Empresa E	Curva de tendência para itens executados/contratados e a executar							
Empresa F	Índice de custo de obra – previsto x realizado							
Empresa G	Não respondeu.							
B – Para avaliar os prazos:								
Empresa A	Não respondeu.							
Empresa B	Não respondeu.							
Empresa C	Não respondeu.							
Empresa D	Não respondeu.							
Empresa E	Dias de atraso							
Empresa F	Índice de cumprimento do planejamento – previsto x realizado							
Empresa G	Não respondeu.							

CONTINUAÇÃO: Para o controle da obra quais os indicadores utilizados?	RESPOSTAS							
C – Para avaliar a produção:								
Empresa A	Não respondeu.							
Empresa B	Não respondeu.							
Empresa C	Não respondeu.							
Empresa D	Não respondeu.							
Empresa E	Tempo caminho (Linha de balanço)							
Empresa F	Índice de produção de serviços							
Empresa G	Não respondeu.							
D – Para avaliar a qualidade:								
Empresa A	Não respondeu.							
Empresa B	Não respondeu.							
Empresa C	Não respondeu.							
Empresa D	Não respondeu.							
Empresa E	Planilha de controle da própria empresa							
Empresa F	Índice de conformidade de serviço							
Empresa G	Não respondeu.							
24. Quais ferramentas são utilizadas para análise do resultado da obra? (SOFTWARE)	Nº	E.A	E.B	E.C	E.D	E.E	E.F	E.G
Planilhas eletrônicas (Exemplo: Excel)	4			x		x	x	x
Oracle	1	x						
Próprio da empresa	3				x	x		x
Siseng	1	x						
IQA	1	x						
RM TOTVS	1		x					
25. Em sua opinião, o BIM auxilia nos seguintes aspectos da execução da obra?	Med	E.A	E.B	E.C	E.D	E.E	E.F	E.G
Escala:	0 – Nada; 1 – Pouco; 2 – Moderadamente; 3 – Mediamente; 4 – Muito; NN – Não se aplica/Não sabe; NR – Não respondeu							
Reunião de Produção	3,8	4	NR	NR	4	4	3	4
Fiscalização dos Serviços - Conformidade	2,4	2	NR	NR	3	2	1	4
Fiscalização dos Serviços - Qualidade	2,2	1	NR	NR	3	2	1	4
Produção	3,6	3	NR	NR	4	4	3	4
Suprimento - Logística	3,0	3	NR	NR	4	4	1	3
Suprimento - Inspeção dos materiais	1,8	3	NR	NR	1	2	1	2
Geração de dados	3,2	3	NR	NR	2	3	4	4
26. Em sua opinião, o BIM auxilia nos seguintes aspectos do controle?	Med	E.A	E.B	E.C	E.D	E.E	E.F	E.G
Escala:	0 – Nada; 1 – Pouco; 2 – Moderadamente; 3 – Mediamente; 4 – Muito; NN – Não se aplica/Não sabe; NR – Não respondeu							
Geração ou atualização de indicadores de custo	1,5	2	NR	NR	0	2	2	1
Geração ou atualização de indicadores de produção	1,5	0	NR	NR	1	4	1	1
Geração ou atualização de indicadores de qualidade	1,8	1	NR	NR	3	2	1	1
Elaboração ou atualização do relatório de controle	1,8	3	NR	NR	0	3	1	2
Análise de conformidade	1,3	2	NR	NR	0	2	1	3
Tomada de decisões	3,8	4	NR	NR	4	4	3	3
Difusão dos planos	3,3	2	NR	NR	4	3	4	2

27. Aponte três das principais causas/razões para o não cumprimento dos custos e prazos:	(%)	E.A	E.B	E.C	E.D	E.E	E.F	E.G
Qualidades do projeto	57,1	x			x	x	x	
Alterações de projeto	85,7	x	x		x	x	x	x
Condições atmosféricas adversas	0,0							
Recursos humanos	14,3			x				
Aprovisionamento (relação entre fornecedores e empresa)	14,3			x				
Retrabalhos e correção de falhas	100	x	x	x	x	x	x	x
Comunicação entre intervenientes	42,9		x		x	x		
Procedimentos legais e burocráticos	28,6					x		x
Segurança	0,0							
Orçamento de viabilidade fora da realidade	14,3	x						
28. O uso do BIM pode interferir em alguma destas causas, ajudando assim o cumprimento dos custos e prazos. Quais?	(%)	E.A	E.B	E.C	E.D	E.E	E.F	E.G
Qualidades do projeto	71,4	x		x	x	x	x	
Alterações de projeto	85,7		x	x	x	x	x	x
Condições atmosféricas adversas	0,0							
Recursos humanos	0,0							
Aprovisionamento (relação entre fornecedores e empresa)	14,3					x		
Retrabalhos e correção de falhas	85,7	x	x	x	x	x		x
Comunicação entre intervenientes	71,4	x	x		x	x	x	
Procedimentos legais e burocráticos	14,3	x						
Segurança	0,0							
Viabilidade de negócio	14,3	x						
29. Descreva como o BIM auxilia o processo de controle?	RESPOSTAS							
Empresa A	O BIM pode garantir agilidade na quantificação das atividades, otimização de recursos e correção de desvios, porem ainda não estão vinculados com os sistemas corporativos das empresas dada a falta de padronização de processos e nomenclaturas.							
Empresa B	Melhor previsão e identificação das tendências para qual a obra está caminhando. Informações integradas (escopo, prazo, custo).							
Empresa C	Na medida em que propicia um melhor entendimento do escopo do projeto e clareza na definição das metas.							
Empresa D	Os projetos são mais consistentes pois as incompatibilidades entre as disciplinas ficam evidentes. Quando um projeto é alterado, automaticamente as pranchas 2D são revisadas eliminando os problemas de utilização de projetos obsoletos. O desenvolvimento do projeto é mais dinâmico. Os retrabalhos por erros são percebidos antes da execução, portanto, são reduzidos os retrabalhos em campo. A comunicação entre todos os envolvidos torna-se mais clara pois o modelo é uma pré-construção do real.							
Empresa E	Hoje fazemos o acompanhamento por curvas de balanço e o modelo pelo SYNCRO o que tem dado resultados excelentes, dando maior consistência nas ações para atingirmos as metas.							
Empresa F	Apesar de ainda não estarmos utilizando efetivamente este processo de controle, certamente auxiliará no acompanhamento dos serviços previstos nas simulações anteriormente realizadas.							
Empresa G	Auxilia na manutenção do escopo contratado.							

ANEXO

Anexo A: Tabela de Softwares

Tabela A – Softwares e suas organizações (EASTMAN et al., 2014).

ORGANIZAÇÃO	PRODUTOS	SITE
1stPricing	1stPricing Plug-Ins For AutoCAD® and TurbaCAD	www.1stpricing.com
AceCAD	StruCAD®	www.acecad.co.uk
ActiveFacility	ActiveFacility	www.activefacility.com
AEC Design Group	CADPIPE Electrical CADPIPE Hanger CADPIPE HVAC CADPIPE Industrial Commercial Pipe	www.cadpipe.com
ANSYS	Fluent	www.fluent.com
aSa	aSa Rebar Software	www.asarebar.com
Autodesck®	Architectural Desktop Design Review Revit® Architecture Revit® Structure Revit® Systems 3ds Max	www.autodesck.com
AutoDesSys, Inc.	Form.Z	www.formz.com
Beck Technology, Inc	Dprofiler with RS Means	www.dpearth.com
Bentley Systems	Architecture Building Electrical Systems Building Mechanical Facilities Planner Generative Components Microstation PlanSpace Design Series Structure Triforma STAAD Pro	www.bentley.com
BIM World	-	www.bimword.com
Carrier	Carrier E20-II	www.commercial.carrier.com
COADE Engineering Software	CADWorx® CEASAR II®	www.coade.com
Common Point, Inc.	Common Point 4D ConstructSim OpSim	www.commonpointinc.com
Computers and Structures Inc.	SAP, ETABS	www.csiberkeley.com
CSC	3d+	3dplus.cscword.com
Dassault Systemes	CATIA	www.3ds.com/home/
Data Design System Uk Limited	DDS IFC Viewer	www.dds-bsp.co.uk/IFCViewer.html
U.S. Department of Energy Design Data	Energy Plus SDS/2	www.eere.energy.gov www.dsndata.com
Digital Buildins Solutions	BIMContent Manager	www.digitalbuildingsolutions.com

ORGANIZAÇÃO	PRODUTOS	SITE
eRENA	ViCROWD	www.arena.kth.se
Enterprixe	Model Server	www.enterprixe.com
EPM Technology	EDMserver	www.epmtech.jotne.com
Esteco	modeFRONTIER	www.esteco.com
Eurostep	ModelServer for IFC	www.eurostep.com
Exactal Pty Ltd.	CostX™ CostX Viewer™	www.exactal.com
Flomerics	Flovent	www.Flomerics.com/flovent/
Flow Science	Micro Flow	www.formfonts.com
Gehry Technologies	Digital Project	www.gehrytechnologies.com
Google	3D warehouse SketchUp	www.sketchup.com
Graphisoft *	ArchiCAD® ArchiGlazing, Ductwork ArchiFM	www.graphisoft.com
GT STRUDL	GTSTRUDL	www.gtstrudl.gatech.edu/
IES	Simulex Apache	www.iesve.com
IMSI/Design	TurboCAD	www.turbocad.org
Innovaya	Visual Simulation 3.0 Visual Estimating 9.4	www.innovaya.com
Intelicad	IntelliCAD MEP	www.intellicad.otg
Interspec	e-SPECS	www.e-specs.com
Leap Software	AXSYS PRESTO	www.leapsoft.com
Legion	Legion Studio	www.legion.com
Lawrence Berkeley National Laboratory	DOE-2 Energy Plus Radiance	www.doe2.com
LKSoft	IDS_STEP Database	www.ida-step.net
MAP	CAD-Duct	www.cadduct.com
NaturalWorks	Displacement Ventilation	Ep.natural-works.com
NavisWorks, Ltd **	JetStream Clash Detective JetStream Freedom JetStream Roamer	www.navisworks.com
Nemetschek	Allplan Engineering Allplan Building Services	www.Nemetschek.com
Objects Online, Inc.	-	www.objectsonline.com
Octaga	Modeler	www.octaga.com
ODEON Room Acoustics Software	ODEON	www.odeon.dk
OnCenter	On Screen Takeoff®	www.oncenter.com
Onuma and Associates, Inc.	Onuma Planning System	www.onuma.com
Primavera Systems	P6	www.primavera.com
Quickpen	PipeDesigner 3D DuctDedesigner	www.quickpen.com
RAM international	Structural System Advanse Connection Concept	www.ramint.com
Renkus-Heinx Inc.	EASE	www.renkus-heinz.com
Revit City	Downloads	www.revitcity.com

ORGANIZAÇÃO	PRODUTOS	SITE
Rhinoceros®	McNeel North America	www.rhino3d.com
RISA Technologies	RISA 3D RISA Foundation RISA Floor RISA Tower	www.risatech.com
Robobat	ROBOT Milenium	www.robobat.com
Sage	Timberline Office	www.sagetimberlineoffice.com
SCADA Soft AG	WizCAD	www.scada.ch
Softech	SoftTech V6 Manufacturer	www.softtechnz.com
Salar Energy Laboratory, U. Wisconsin	TRNSYS	Sell.me.wisc.edu/trnsys
Solibri	Model Checker	www.solibri.com
SolidWorks Inc.	SolidWorks	www.solidworks.com
SprinkCAD	SprinkCAD	www.sprinkcad.com
Square One Research Pty Ltd	Ecotect ESP-r	www.ecotect.com
Pty Ltd	ESP-r	www.esru.strath.ac.uk
Strand7	Strand	www.strand7.com
StrutureWorks	StrutureWorks	www.strutureworks.org
Synchro, Ltd	Synchro 4D	www.synchro ltd.com
Tectonic Network	BIM Library manager	www.tectonicnetwork.com
Tekla	Structure	www.tekla.com
Trelligence	Affinity™	www.trelligence.com
U.S. Cost	Success Estimator	www.uscost.com
Vico ***	Constructor Estimator	www.vicosoftware.com
Vizelia	FACILITY	www.vizelia.com
WolfRam research Inc.	Mathematica®	www.wolfram.com

* Em março de 2007, a Nemetschek, Inc. comprou a Graphisoft. Todos os produtos da Graphisoft são referidos como produtos Graphisoft.

** Em junho de 2007, a Autodesk anunciou seus planos de adquirir a Navisworks. Todos os Produtos da Navisworks são referidos como produtos Navisworks.

*** Em março de 2007, Construction Solutions of Graphisoft transformou-se em Vico, Inc.