

DIANA SHY WEY CHANG

**GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO INDUSTRIAL: ESTUDO DE CASO DE
UMA EMPRESA PROJETISTA**

SÃO PAULO

2017

DIANA SHY WEY CHANG

**GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO INDUSTRIAL: ESTUDO DE CASO DE
UMA EMPRESA PROJETISTA**

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Especialista em
Gestão de Projetos na Construção

SÃO PAULO

2017

DIANA SHY WEY CHANG

**GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO INDUSTRIAL: ESTUDO DE CASO DE
UMA EMPRESA PROJETISTA**

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Especialista em
Gestão de Projetos na Construção

Orientadora:
Prof^a. M.Eng^a. Tássia Farssura Lima da
Silva

SÃO PAULO

2017

Catálogo-na-publicação

Chang, Diana Shy Wey
Gestão do Processo de Projeto Industrial: Estudo de Caso de
uma Empresa Projetista / D. S. W. Chang -- São Paulo, 2017.
101 p.

Monografia (Especialização em Gestão de Projetos na Construção) -
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Poli-Integra.

1.Gestão de Projetos 2.Processo de Projeto 3.Construção Civil
I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Poli-Integra II.t.

*Quando contemplo os
teus céus,
obras de teus dedos,
a lua e as estrelas,
que estabeleceste,
que é o homem,
que dele te lembres
e o filho do homem,
que o visites?*

AGRADECIMENTOS

Aos professores do curso *Gestão de Projetos na Construção* que se dispuseram a compartilhar seus conhecimentos, experiência, e principalmente tempo e dedicação à nossa formação.

Ao professor *Silvio Burratino Melhado*, pela responsabilidade de estar à frente e trazer à realidade este curso, por ser referência não somente na área mas como professor no cotidiano, e pela condescendência na conduta com seus alunos.

À minha orientadora professora *Tássia Farssura Lima da Silva*, pela competência aliada à enorme paciência e compreensão comigo durante o processo de desenvolvimento deste trabalho. Não conseguirei agradecê-la suficientemente pelo apoio. Muito obrigada.

Aos meus colegas de turma, pelo compartilhar de experiências que trouxe tanto enriquecimento e pela amizade ao longo desta jornada que certamente se tornou mais agradável.

À minha família, pelo suporte quando minha caminhada se tornou árdua e adversa, onde pude receber alento pelo seu genuíno amor, e por serem exemplos de honra e caráter que me inspiram diariamente a prosseguir na verdade.

Isaac, Mateus, Juliet e Emily, vocês ainda não entendem, mas foram alegria, esperança e leveza em cada sorriso sincero, cada olhar inocente e cada abraço mais terno. Sempre estarei aqui para vocês.

A Jesus Cristo, a quem devo tudo. Obrigada sempre, meu Deus.

RESUMO

Em épocas de recessão, para sobreviver a um mercado cada vez mais competitivo e globalizado, as empresas buscam otimizar a utilização de recursos, reduzir gastos e se manter lucrativa. A gestão de projetos ganha importância pois traz para as empresas todos os benefícios citados e outros como melhoria da qualidade do produto ou serviço, aumento da eficiência e eficácia da organização, melhor controle sobre as mudanças de escopo e melhor proximidade no atendimento aos clientes.

Um dos setores mais afetados pela atual crise econômica em que o Brasil se encontra é o da Construção Civil. A aplicação dos princípios de gestão de projetos se mostra essencial para manter as empresas do setor atuantes num mercado marcado por demissões e redução de investimentos, onde não há espaço para desperdícios.

Este trabalho procura compilar conceitos de gestão de projetos e gestão do processo de projeto evoluindo para a introdução de uma tendência cada vez mais presente entre as empresas da área: a modelagem BIM. A monografia inclui ainda a apresentação de um estudo de caso da gestão do processo de projeto de um empreendimento industrial sob a ótica da empresa projetista de engenharia. A complexidade do empreendimento, a diversidade das relações entre os vários agentes envolvidos e a estrutura organizacional particular da empresa justificam o cuidado maior com a gestão do processo de projeto, impactando na execução da obra e do produto final.

Palavras chave: Gestão de projetos. Processo de projeto. Construção civil.

ABSTRACT

In times of economic recession, to come through an increasingly competitive and globalized market, companies seek to optimize resource use, reduce expenses and remain profitable. Project management gains importance because it brings to the companies all the mentioned benefits and others like quality improvement of the product or service, increase of the organization's efficiency and effectiveness, better control of scope changes and better proximity to customer service.

One of the most affected sectors by the current economic crisis in Brazil is the Construction. The enforcement of project management principles is essential to keep the companies of this industry active in a market marked by layoffs and investment reductions, where there is no space for losses.

This work seeks to gather project management and design management concepts evolving to introduce an increasingly present trend among companies in this industry: BIM modelling. The essay also includes the presentation of an industrial enterprise design management case study from the perspective of the engineering design company. The complexity of the enterprise, the diversity of the relationships between the several involved agents and the company's particular organizational structure justify a closer attention to the design management, which impact the execution of the work and the final product

Keywords: Design management. Design process. Civil construction.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 – Níveis típicos de custo e pessoal na estrutura genérica do ciclo de vida do projeto	18
Figura 2.2 – Interação entre os grupos de processos	21
Figura 2.3 – Possibilidade de interferência x custos	23
Figura 2.4 – Ciclo da qualidade na construção civil	24
Figura 2.5 – Os quatro principais agentes em um empreendimento de construção de edifícios	25
Figura 2.6 – Etapas do empreendimento e do processo de projeto com a ação dos quatro participantes do empreendimento.	27
Figura 2.7 – Proposta de estruturação para a equipe multidisciplinar envolvida no desenvolvimento do projeto.....	30
Figura 2.8 – Exemplo de estrutura funcional.....	34
Figura 2.9 – Exemplo de estrutura por projetos	35
Figura 2.10 – Exemplo de estrutura matricial.....	36
Figura 3.1 – Perspectiva 3D do empreendimento	47
Figura 3.2 – Perspectiva 3D do empreendimento	48
Figura 3.3 – Implantação geral do empreendimento	49
Figura 3.4 – Relação entre os agentes envolvidos para o desenvolvimento dos projetos	52
Figura 3.5 – Recorte do foco do estudo de caso.....	54
Figura 3.6 – Organograma da empresa projetista de engenharia	58
Figura 3.7 – Fluxo de processos internos da empresa projetista	60
Figura 3.8 – Divisão e distribuição de tarefas.....	61
Figura 3.9 – Cronograma inicial de projetos.....	64
Figura 3.10 – Cronograma previsto x realizado da etapa de estudos preliminares...68	
Figura 3.11 – Exemplo de liberação parcial do projeto de fundações	72
Figura 3.12 – Cronograma previsto x realizado da etapa de projeto básico	81
Figura 3.13 – Interferência entre estruturas metálicas e instalações elétricas	83
Figura 3.14 – Interferência entre estruturas metálicas e instalações de incêndio	84
Figura 3.15 – Interferência entre instalações elétricas e de incêndio.....	84
Figura 3.16 – Interferência entre estruturas metálicas e luminárias	85

Figura 3.17 – Fluxo de entregas de plantas x modelos BIM	86
Figura 3.18 – Exemplo de projeto de um pit.....	88
Figura 3.19 – Alteração do local do galpão de manutenção	89
Figura 3.20 – Cronograma previsto x realizado de projetos.....	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Divisão das fases de implantação	53
Tabela 4.1 – Principais eventos do estudo de caso	91

LISTA DE ABREVIATURAS

BIM – Building Information Modeling

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LEED – Leadership in Energy and Environmental Design

PIB – Produto Interno Bruto

PMBOK® – Project Management Body of Knowledge

PMI – Project Management Institute

SADP – Sistema de Armazenamento de Projetos

USGBC – United States Green Building Council

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 Justificativa	13
1.2 Objetivos	14
1.3 Metodologia	15
1.4 Estruturação do Trabalho	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 Conceitos de Projeto	17
2.2 Conceitos de Gestão de Projetos	18
2.3 Gestão de Empreendimentos e Gestão de Projetos	22
2.4 Gestão do Processo de Projeto	26
2.4.1 Principais Etapas do Processo de Projeto	26
2.4.1 Agentes Envolvidos e Equipe Multidisciplinar de Projeto	27
2.4.2 O Coordenador de Projetos	30
2.5 Estruturas Organizacionais	32
2.5.1 Estrutura Funcional	33
2.5.2 Estrutura por Projetos	34
2.5.3 Estrutura Matricial	35
2.6 <i>Building Information Modeling</i> (BIM)	37
2.6.1 Definição	37
2.6.2 Objetos Paramétricos	39
2.6.3 Usos e Benefícios	40
2.6.4 Implementação e Desafios	41
3. ESTUDO DE CASO	47
3.1 Apresentação do Caso	47
3.1.1 Informações Gerais do Empreendimento	48
3.1.2 Agentes Envolvidos	50

3.1.2.1	Identificação dos Agentes Envolvidos	50
3.1.2.2	Relações Entre os Agentes Envolvidos	51
3.1.3	Recorte do Estudo de Caso	52
3.1.3.1	Escopo da Construtora	52
3.1.3.2	Escopo da Empresa Projetista de Engenharia	56
3.1.4	A Empresa Projetista de Engenharia	57
3.1.4.1	Apresentação da Empresa	57
3.1.4.2	Fluxo dos Processos Internos.....	59
3.2	O Desenvolvimento do Projeto	62
3.2.1	Planejamento Inicial	63
3.2.2	Estudos Preliminares	65
3.2.2.1	Validação dos Estudos Preliminares	67
3.2.3	Projetos de Estruturas e Fundações	70
3.2.3.1	Entrega em BIM.....	74
3.2.4	Projeto Básico	76
3.2.4.1	A Formação da Equipe de Projetistas BIM	80
3.2.5	Projeto Executivo	81
3.2.5.1	Solicitações Não Esperadas.....	87
4.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	91
4.1	Resumo dos Principais Acontecimentos.....	91
4.2	Problemas Encontrados.....	92
4.3	Conclusão.....	96
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98

1. INTRODUÇÃO

1.1 Justificativa

Com retração de 3,6% do Produto Interno Bruto (PIB)¹, o atual panorama econômico do Brasil não está favorável ao crescimento e confirma a magnitude da crise e do desafio para superá-la. Em 2016, houve queda de 5,1% na atividade da Construção Civil e redução de 2,8% da força de trabalho em relação ao ano anterior conforme pesquisa realizada pelo IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

O cenário de recessão pressiona as empresas a otimizar seus recursos, evitar desperdícios e monitorar de perto seus investimentos e gastos. Nesse contexto, a gestão de projetos se torna essencial no alcance desses objetivos, uma vez que traz, em sua essência, a busca por todos esses benefícios citados e ainda outros.

Kerzner (2006) afirma que foi somente após passar por duas recessões que as empresas americanas perceberam os benefícios que a gestão de projetos podia promover. A demissão de gerentes e pessoal administrativo obrigou as empresas a empreender uma reengenharia em seus processos para a eliminação de excessos tornando-as mais enxutas e objetivas. As pessoas se tornaram mais produtivas ao produzir mais em menor tempo e sem a colaboração de outros, devido à redução de falhas e retrabalhos.

É possível dizer que projetos existem em praticamente todos os campos de atuação cotidianos, como na construção de uma casa, no desenvolvimento de um novo produto, na instalação de uma escola, na apresentação de um novo negócio ou na introdução de um *software* no mercado. (SPINNER, 1997).

No contexto da Construção Civil, faz-se necessária a diferenciação entre o projeto como empreendimento ou projeto como desenho, pois ainda que seus processos de gestão possam ser semelhantes e utilizar das mesmas ferramentas, os agentes envolvidos, as relações entre eles e os resultados produzidos serão diferentes.

¹ Dados de pesquisa relativa ao ano de 2016 divulgados pelo IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (<http://www.ibge.gov.br>)

A gestão do projeto como desenho – o *design management* – denominada gestão do processo de projeto se mostra relevante pois é nesta fase do empreendimento que os custos acumulados são menores, ao passo que a capacidade de influenciar o resultado final é alta (MELHADO, 1994). Em sua obra, o autor reúne estudos para comprovar que as decisões na concepção do projeto impactam na qualidade do produto final.

A melhoria na gestão do processo de projeto aponta para conceitos de engenharia simultânea e equipes multidisciplinares para enfim indicar a mais recente inovação do setor, o *building information modeling* (BIM). Entender o BIM como processo de gestão de projeto além da tecnologia a ele associada é crucial para as empresas que aspiram implementá-lo. No Brasil, indícios das primeiras movimentações em torno do tema mostram a tendência da implementação do BIM em um futuro próximo, o qual já é realidade em países como Estados Unidos, Finlândia, Holanda e Reino Unido.

Este trabalho busca discorrer sobre a gestão de empreendimentos e gestão do processo de projeto através de um estudo de caso da implementação de um empreendimento industrial com foco na atuação da empresa projetista de engenharia. Será apresentado os demais envolvidos e suas relações com a empresa e como sua estrutura influencia no processo de projeto, na obra e também no atendimento ao cliente.

1.2 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é, por meio de um estudo de caso, identificar as principais questões da gestão do processo do projeto em um empreendimento industrial sob o enfoque da empresa projetista de engenharia.

Como objetivo secundário, pretende-se dissertar sobre os conceitos de gestão do processo de projeto, o papel do coordenador de projetos e as características da empresa projetista através de pesquisa bibliográfica.

Ao final, esses aspectos levantados no estudo de caso serão verificados diante dos conceitos e recomendações extraídos da revisão bibliográfica.

1.3 Metodologia

Gerhardt e Silveira (2009) apontam método como sendo o caminho em direção a um objetivo e metodologia, o estudo do método cuja atividade preponderante é a pesquisa. Assim sendo, a metodologia vai além da descrição dos procedimentos (métodos e técnicas) a serem utilizados na pesquisa, indicando também a escolha teórica realizada pelo pesquisador (conteúdo) para abordar o objeto de estudo.

Para a elaboração deste trabalho, a metodologia escolhida foi a revisão bibliográfica e de estudo de caso proveniente de pesquisa de campo realizada através da coleta de dados e observação.

Dentre os principais temas buscados para a revisão bibliográfica se encontram *gestão de projetos*, *gestão do processo de projeto* e *building information modeling (BIM)* e, apesar de serem assuntos bastante abrangentes em termos de aplicação, em particular os dois primeiros, procurou-se convergir a diligência ao universo do objeto de estudo, a saber, a construção civil.

Outros assuntos também foram abordados, tais como *qualidade* e *empresas de projeto* além de *trabalhos acadêmicos* de colegas que concluíram o curso de *Gestão de Projetos na Construção* e outros oferecidos pela mesma Fundação anteriormente a fim de complementar a pesquisa e se ter embasamento tanto teórico como da própria estruturação do trabalho.

Yin (2001) define o estudo de caso como sendo uma estratégia de pesquisa que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real. O autor discorre sobre a coleta de dados realizada através das seis fontes de evidências possíveis: documentação, registros em arquivos, entrevistas, observações diretas, observação participante e artefatos físicos.

Dessa forma, o estudo de caso escolhido foi o processo de projeto da implantação de um empreendimento industrial com enfoque na visão da empresa projetista de engenharia. O motivo da escolha do caso foi pela oportunidade de poder analisar as ações dos coordenadores de projetos, assim como os resultados obtidos dentro do campo de estudo do curso de *Gestão de Projetos* e a coleta de dados baseou-se na

análise de documentação, do registro de arquivos e na observação direta na empresa em questão.

1.4 Estruturação do Trabalho

Esta primeira parte de introdução oferece um panorama geral do trabalho revelando o objetivo, a metodologia adotada e a estrutura da dissertação a seguir.

O segundo capítulo discorre conceitos respaldados através de pesquisa bibliográfica sobre o tema em estudo: gestão de projetos na construção. O conteúdo foi organizado de forma a se ter primeiramente uma visão ampla do tema encaminhando para um maior detalhamento em tópicos que estão relacionados aos assuntos que aparecerão na seção seguinte, de estudo de caso.

O terceiro capítulo apresenta o estudo de caso por ordem cronológica dos acontecimentos, conforme dados de pesquisa o qual procurou destacar questões significativas relacionadas ao conteúdo proposto.

Por fim, o último capítulo expõe um breve resumo dos principais pontos levantados do estudo de caso com as considerações finais sob a perspectiva das obras consultadas e percorridas anteriormente para a conclusão do trabalho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Conceitos de Projeto

Para entender gestão de projetos, é necessário primeiramente reconhecer o que é um projeto. Segundo Kerzner (2009), pode ser considerado um projeto qualquer série de atividades e tarefas multifuncionais que possuam um objetivo específico a ser completado dentro de certas especificações, com data de início e final definidos e que consomem recursos (humanos ou não humanos). O PMBOK² (2013, p.3) descreve o projeto como sendo “[...] um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo [...]”.

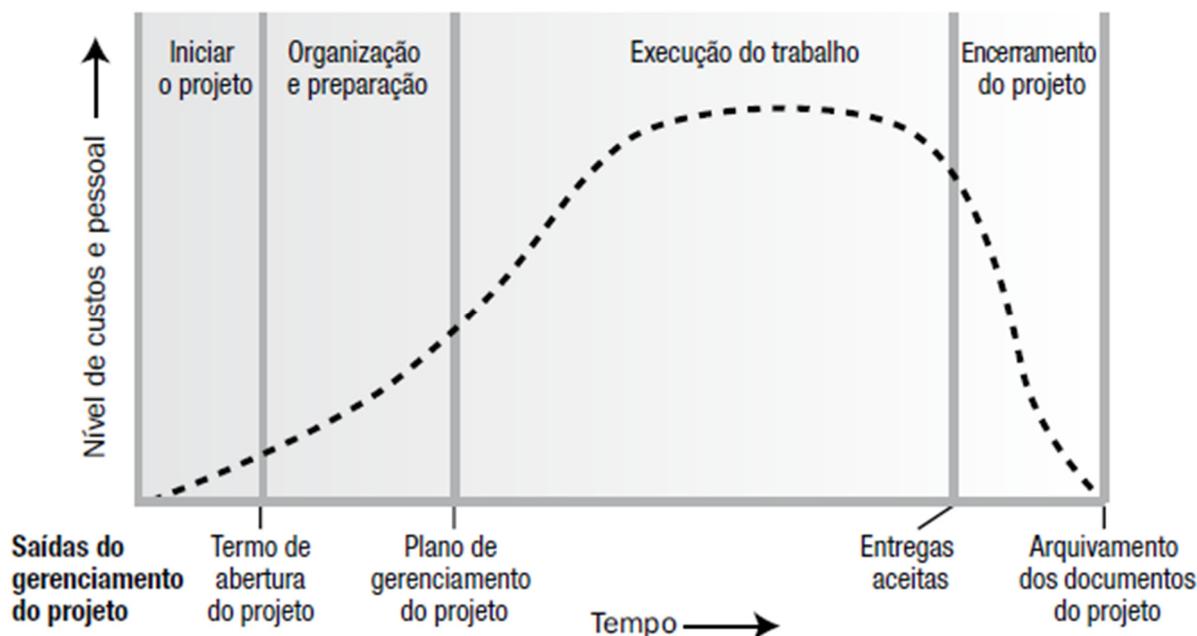
O ciclo de vida de um projeto é a série de fases geralmente sequenciais pelas quais o mesmo passa (PMI, 2013). Um projeto pode ser desmembrado em qualquer quantidade de fases com o objetivo de facilitar seu gerenciamento, planejamento e controle. Independentemente do tamanho e complexidade, o ciclo de vida de um projeto segue uma estrutura genérica composta por:

- Início do projeto;
- Organização e preparação;
- Execução do trabalho do projeto e
- Encerramento do projeto.

Tipicamente, no nível de custos e pessoas ao longo do projeto, o consumo de recursos nas fases iniciais é baixo, atingem o máximo durante a execução e caem rapidamente no encerramento (Figura 2.1).

² Project Management Body of Knowledge (PMBOK) é o guia das melhores práticas de gerenciamento de projetos elaborado pelo Project Management Institute (PMI), descrito adiante no item 2.2.

Figura 2.1 – Níveis típicos de custo e pessoal na estrutura genérica do ciclo de vida do projeto



Fonte: PMI (2013)

É sabido que em países desenvolvidos o tempo de projeto muitas vezes chega a ser da mesma ordem de grandeza ao da obra, com o intuito de evitar deficiências e desperdícios comuns na fase de execução. Apesar disso, no Brasil, ainda há a cultura do projeto ser um ônus ao invés de um investimento, assumindo um papel de necessidade apenas em função de exigências legais (MELHADO, 1994).

2.2 Conceitos de Gestão de Projetos

Os conceitos de gestão de projetos vieram a se propagar nos Estados Unidos em meados da década de 80 e desde então vêm assumindo importância cada vez maior (KERZNER, 2006). Atualmente, a excelência em gestão de projetos tem seus benefícios reconhecidos e se tornou um diferencial competitivo num mercado cada vez mais exigente por otimização de recursos.

Da reunião de profissionais interessados em compartilhar conhecimento do assunto, foi fundado em Atlanta (Estados Unidos) no ano de 1969 o Project Management Institute (PMI), ou Instituto de Gerenciamento de Projetos, uma organização que tem o objetivo de disseminar as melhores práticas em gerenciamento de projetos por meio de debates e publicações, e incentivar a valorização da profissão de gerenciamento

de projetos nas organizações. Sua principal obra é o PMBOK – Project Management Body of Knowledge – que é um guia de conhecimento em melhores práticas de gerenciamento de projetos publicado pela primeira vez em 1996 e atualmente se encontra em sua 5ª edição, lançado em 2013.

O guia do PMI (2013) define gerenciamento de projetos como sendo a aplicação de conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas para que um projeto atinja seu objetivo.

Um processo é o conjunto de ações executadas para gerar um resultado mediante atividades inter-relacionadas e é representado por suas entradas, ferramentas e técnicas e suas saídas. A gestão de projetos é apresentada pelo PMI (2013) através da aplicação e integração de processos que recebem informações e geram resultados. Os processos de gerenciamento podem ser utilizados globalmente e nos mais variados setores e foram reunidos em cinco grandes grupos:

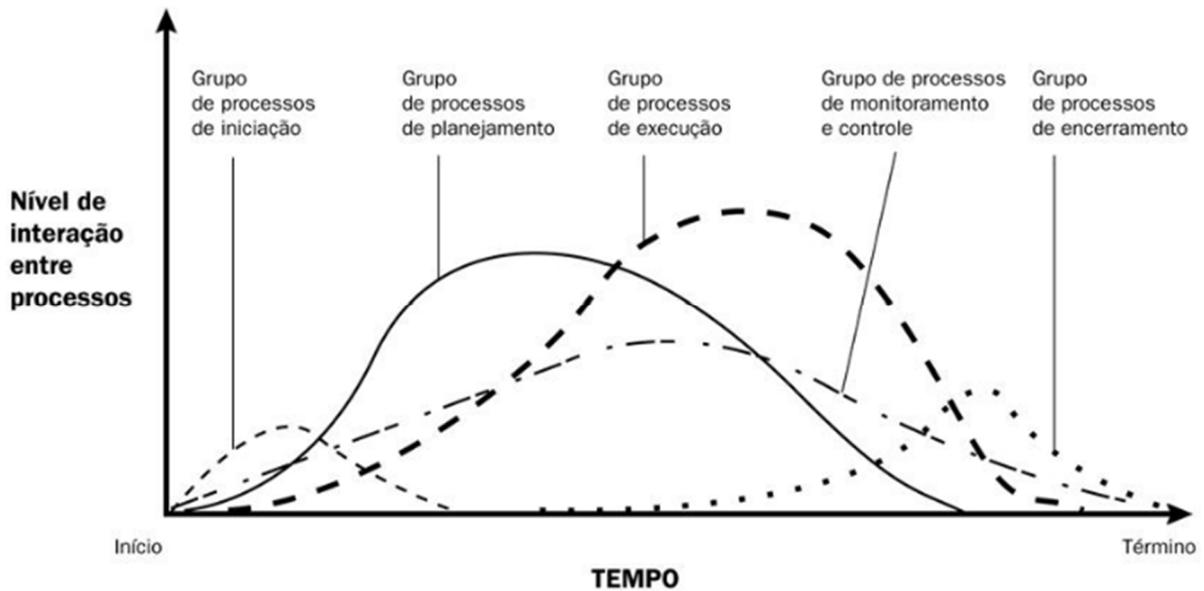
- *Grupo de Processos de Inicialização*: consiste nos processos necessários para iniciar um projeto ou uma fase de projeto, definindo-se seu escopo e obtendo-se autorização para seu começo. Neste grupo, as partes interessadas são identificadas, o gerente do projeto é escolhido, os recursos financeiros iniciais são previstos e os critérios para o sucesso são analisados. A principal meta é o alinhamento das expectativas das partes interessadas com os objetivos do projeto, expondo o escopo e estabelecendo uma visão geral e clara do projeto e o que precisa ser alcançado.
- *Grupo de Processos de Planejamento*: consiste nos processos de estabelecer o escopo total, definir e refinar os objetivos bem como desenvolver o curso de ação necessário para alcançá-los. O planejamento pode ser revisado à medida que são coletadas novas informações, tendo, assim caráter interativo. O principal benefício é definir a estratégia e a tática a serem realizadas para a conclusão com sucesso do projeto ou fase, onde serão explorados todos os aspectos do escopo, tempo, qualidade, comunicação, recursos humanos, riscos, aquisições e gerenciamento das partes interessadas.
- *Grupo de Processos de Execução*: consiste nos processos de execução do plano de gerenciamento a fim de concluir o trabalho dentro de todas as

especificações do projeto. Envolve a coordenação de pessoas e recursos, gestão das expectativas das partes interessadas e a integração e execução das atividades do projeto. Os resultados das atividades poderão requerer atualizações e mudanças no planejamento, as quais exigirão análise e respostas apropriadas de gerenciamento de projetos.

- *Grupo de Processos de Monitoramento e Controle:* consiste nos processos de acompanhamento, análise e organização do progresso e do desempenho do projeto; identificação das necessidades de ações corretivas e preventivas e a implementação das mesmas. O principal benefício é a avaliação do desempenho com o fim de identificar variações em relação ao planejamento. Neste grupo se monitora e controla não apenas as atividades internas ao grupo, mas também no projeto como um todo. A implementação de ações corretivas e preventivas também pode alterar o plano de gerenciamento inicial
- *Grupo de Processos de Encerramento:* consiste nos processos para finalizar todas as atividades de todos os grupos de processos e concluir formalmente o projeto ou fase. Um projeto também pode ser encerrado prematuramente devendo ser formalizado. Dentre as atividades de encerramento se encontram: obter aceite do cliente, documentação de lições aprendidas, arquivo de documentos, encerramento de todas as atividades e avaliação dos membros da equipe.

Esses grupos de processos não são as fases do ciclo de vida do projeto, podendo ocorrer de todos os grupos de processos acontecerem em uma mesma fase do projeto. O gerenciamento de projetos requer a integração das atividades desses grupos de processos, que possuem uma interface bem definida e que, quando aplicados, se sobrepõem e interagem entre si. A figura 2.2 mostra essa relação de sobreposição entre eles.

Figura 2.2 – Interação entre os grupos de processos



Fonte: PMI (2013)

Raramente os grupos de processos ocorrem uma só vez, mas são atividades sobrepostas ao longo de todo o projeto. A saída de um processo torna-se entrada para o outro como, por exemplo, no processo de planejamento é gerado um documento denominado plano de gerenciamento do projeto que será utilizado no processo seguinte, de execução. Por outro lado, durante o processo de execução, o processo de monitoramento e controle, que ocorre simultaneamente a ele, poderá identificar a necessidade de atualização do documento gerado no processo anterior de planejamento, havendo assim uma sobreposição e uma nova iteração.

O PMI (2013) identifica 47 processos dentro dos grupos de processos e os agrupa em 10 áreas de conhecimento, onde cada uma delas representa um conjunto completo de conceitos, termos e atividades que compõe um campo profissional ou uma área de especialização. Essas áreas de conhecimento são usadas na maior parte dos projetos, na maioria das vezes. São elas:

- Gerenciamento da integração do projeto;
- Gerenciamento do escopo do projeto;
- Gerenciamento do tempo do projeto;
- Gerenciamento dos custos do projeto;

- Gerenciamento da qualidade do projeto;
- Gerenciamento dos recursos humanos do projeto;
- Gerenciamento das comunicações do projeto;
- Gerenciamento dos riscos do projeto;
- Gerenciamento das aquisições do projeto;
- Gerenciamento das partes interessadas do projeto.

No gerenciamento de um projeto, questioná-lo sob a perspectiva dessas áreas de conhecimento pode auxiliar a organização da gestão dos principais processos para mantê-lo sob controle. No contexto da construção civil, a aplicação dos grupos de processos pode ser realizada ao empreendimento como um todo (*project*), ao projeto (*design*), à execução da obra ou mesmo a todos esses.

2.3 Gestão de Empreendimentos e Gestão de Projetos

A gestão de projetos é amplamente aplicada em campos do mercado e seus conceitos são bastante difundidos entre setores como tecnologia de informação, militar, industrial e na própria engenharia. Porém deve-se compreender que nos demais setores, comumente o emprego do termo gestão de projetos está mais relacionado ao que na Construção Civil é denominado gestão de empreendimentos (*project management*), sendo a gestão de projetos (*design management*) associada ao processo de produção dos projetos (desenho). (MELHADO et al., 2005).

De acordo com Silva e Melhado (2014), o *project management* é mais abrangente, sendo mais ligado ao negócio, ao empreendimento; enquanto que o *design management*, de abrangência menor, tem enfoque mais técnico com ênfase no desenvolvimento das soluções de projeto.

Mesmo sendo inter-relacionados e podendo se utilizar de processos de gestão similares, a diferenciação entre gestão de projetos e gestão de empreendimentos se faz importante por terem naturezas diversas e exigirem habilidades e conhecimentos diferentes dos profissionais e agentes envolvidos. (MELHADO et al., 2005).

No conceito de ciclo de vida de um projeto como empreendimento, o processo de projeto pode ser correlacionado à uma etapa compreendida na fase de organização e preparação juntamente com todo o planejamento necessário para implementar a execução da obra.

A importância de valorizar a fase de projeto em um empreendimento é defendida por diversos autores pois as decisões tomadas nas fases iniciais de um projeto possuem maior capacidade de influenciar seu custo final (MELHADO, 1994). No gráfico da figura 2.3 é possível verificar que são nas fases iniciais do empreendimento, nas quais a utilização de recursos é menor, que se concentram boa parte das chances de redução da incidência de falhas dos respectivos custos.

Figura 2.3 – Possibilidade de interferência x custos



Fonte: HAMMARLUND & JOSEPHSON (1992) apud MELHADO et al. (2005)

Diversos estudos destacam a importância do projeto na busca da qualidade do produto final. O ciclo da qualidade da construção civil, mostrado na figura 2.4, identifica como o projeto está inserido no processo de construção. A definição deste ciclo da qualidade leva a um estudo das relações entre os diversos participantes que compõem o mercado, ainda que simplificado em razão de mostrar um número reduzido de atividades, indicando outras apenas implicitamente (MELHADO, 1994).

Figura 2.4 – Ciclo da qualidade na construção civil

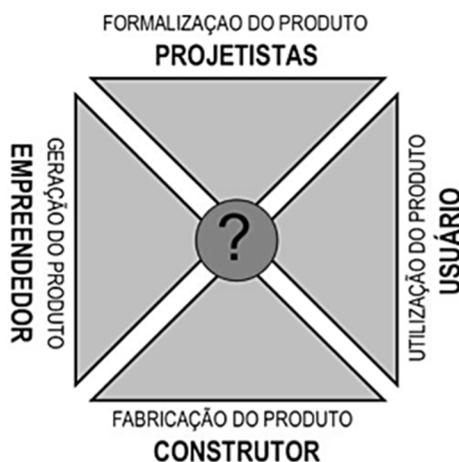


Fonte: SOUZA, SAMPAIO & MEKBEKIAN (1993) apud MELHADO (1994)

Segundo Melhado (1994), no contexto de um empreendimento, o projeto possui quatro categorias de agentes participantes principais, apresentado de forma esquemática na figura 2.5. São eles:

- Empreendedor: responsável pela geração do produto;
- Projetista: atua na formalização do produto;
- Construtor: viabiliza a fabricação do produto;
- Usuário: utiliza o produto.

Figura 2.5 – Os quatro principais agentes em um empreendimento de construção de edifícios



Fonte: MELHADO; VIOLANI (1992)

Conforme o autor, esses quatro participantes possuem interesses próprios, e às vezes divergentes quanto às características e objetivos do empreendimento, além de interesses em comum, incluindo-se o sucesso do empreendimento. No âmbito dos interesses em comum, o projeto pode assumir a função fundamental de agregar eficiência e qualidade ao produto e ao processo construtivo, preservando assim o interesse de todos pois o sucesso do projeto compete ao:

- Empreendedor: por obter maior competitividade e resultado econômico com produtos de maior qualidade;
- Projetista: com o sucesso do produto entregue pode ampliar seu currículo e sua realização profissional;
- Construtor: ao cumprir seu trabalho com mais eficiência reduzindo retrabalhos;
- Usuário: por obter desempenho satisfatório na utilização e durabilidade adequada ao retorno do investimento no imóvel.

Ele ainda destaca o crescente interesse no controle do projeto por parte de todos os envolvidos devido à lucratividade, redução de riscos e da administração das interfaces.

Assim, o papel da gestão do processo de projeto (*design management*) torna-se cada vez mais relevante devido às possibilidades e potencialidades do projeto em fornecer subsídios quanto aos procedimentos, controles, sequências e detalhes para execução

da obra de forma mais racionalizada e eficiente, eliminando incertezas, reduzindo custos e aumentando a competitividade das empresas e dos empreendimentos (MELHADO et al., 2005).

2.4 Gestão do Processo de Projeto

2.4.1 Principais Etapas do Processo de Projeto

Segundo Melhado et al. (2005) a gestão de projetos compreende “o conjunto de ações envolvidas no planejamento, organização, direção e controle do processo de projeto [...]”. O PMI sugere que o projeto seja gerenciado em fases por meio de processos agrupados em 10 áreas de conhecimento, aplicáveis independentemente da complexidade ou setor em que o projeto está inserido.

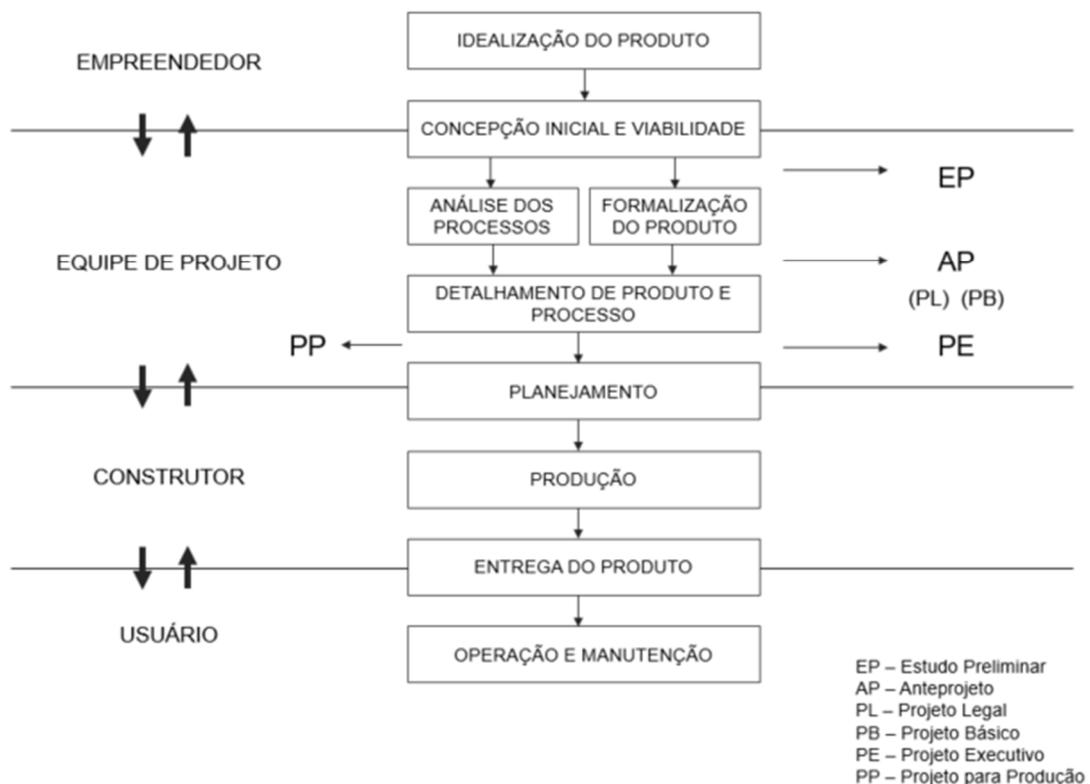
Melhado (1994) propõe uma divisão do processo de projeto em etapas progressivas, “onde a liberdade de decisão entre alternativas vai sendo gradativamente substituída pelo detalhamento das soluções adotadas”:

- Idealização do produto: equivalente ao Programa de Necessidades, ou seja, idéias iniciais para a formulação do empreendimento;
- Análise de viabilidade: a solução inicial é avaliada segundo critérios de custo, tecnologia, restrições legais e adequação do usuário. Este processo é iterativo até que se encontre uma solução definitiva equivalente ao Estudo Preliminar, a partir do qual será desenvolvido o projeto;
- Formalização: a solução adotada é consolidada originando o Anteprojeto;
- Detalhamento: o detalhamento do projeto e a análise das necessidades de execução são desenvolvidas em conjunto e iterativamente resultando no Projeto Executivo e Projeto para Produção respectivamente;
- Planejamento e execução: planejamento das etapas de execução da obra com base no Projeto para Produção;

- Entrega: entrega ao usuário que terá assistência da construtora na fase inicial de uso, operação e manutenção, onde serão coletadas informações para retroalimentação da melhoria do processo.

A figura 2.6 mostra um fluxograma das atividades envolvidas nas etapas do empreendimento e do processo de projeto relacionando o papel dos quatro participantes do empreendimento mostrados no item anterior.

Figura 2.6 – Etapas do empreendimento e do processo de projeto com a ação dos quatro participantes do empreendimento.



Fonte: MELHADO (1994)

2.4.1 Agentes Envolvidos e Equipe Multidisciplinar de Projeto

O PMI (2013) define parte interessada como sendo “todo indivíduo, grupo ou organização que pode afetar, ser afetada ou sentir-se afetada por uma decisão, atividade ou resultado do projeto”. A identificação das partes interessadas ou agentes envolvidos, a compreensão de seu grau de influência no projeto e balanceamento de

suas exigências, necessidades e expectativas é dado como fundamental para o sucesso de um projeto. Isso porque uma parte interessada pode influenciar o projeto tanto positiva como negativamente e negligenciar seus interesses pode trazer consequências negativas ao projeto.

Silva e Melhado (2014) identificam os principais agentes envolvidos em um projeto de construção:

- clientes (empreendedores ou proprietários);
- empresas projetistas;
- empresas construtoras (empreiteiras);
- investidores (patrocinadores);
- financiadores;
- empresas de gerenciamento (geralmente atuam em nome do cliente);
- fornecedores;
- subcontratados (terceiros);
- órgãos de aprovação;
- órgãos de fiscalização;
- usuários;
- operadores do empreendimento (os chamados *facility managers*).

Os autores defendem que cabe à gestão de projetos identificar e delimitar claramente os papéis e as responsabilidades de cada agente envolvido no processo. Para se evitar disparidade na compreensão do escopo do projeto entre os diversos participantes, e, portanto, evitar desentendimentos e retrabalhos, é necessário detalhar o escopo atribuindo especificamente os serviços de cada agente de forma a se ter um entendimento equalizado tanto do escopo como das responsabilidades de cada parte a fim de se garantir maior eficiência da equipe.

No segmento industrial, os empreendimentos mobilizam diferentes especialidades para o desenvolvimento de seus projetos (SILVA e MELHADO, 2014). Grilo (2002) explica que empreendimentos são constituídos de equipes multidisciplinares complexas e um conjunto de fatores condiciona sua formação, tais como o grau de experiência do cliente, o tipo e a complexidade do edifício, a estrutura funcional e o tipo de contrato.

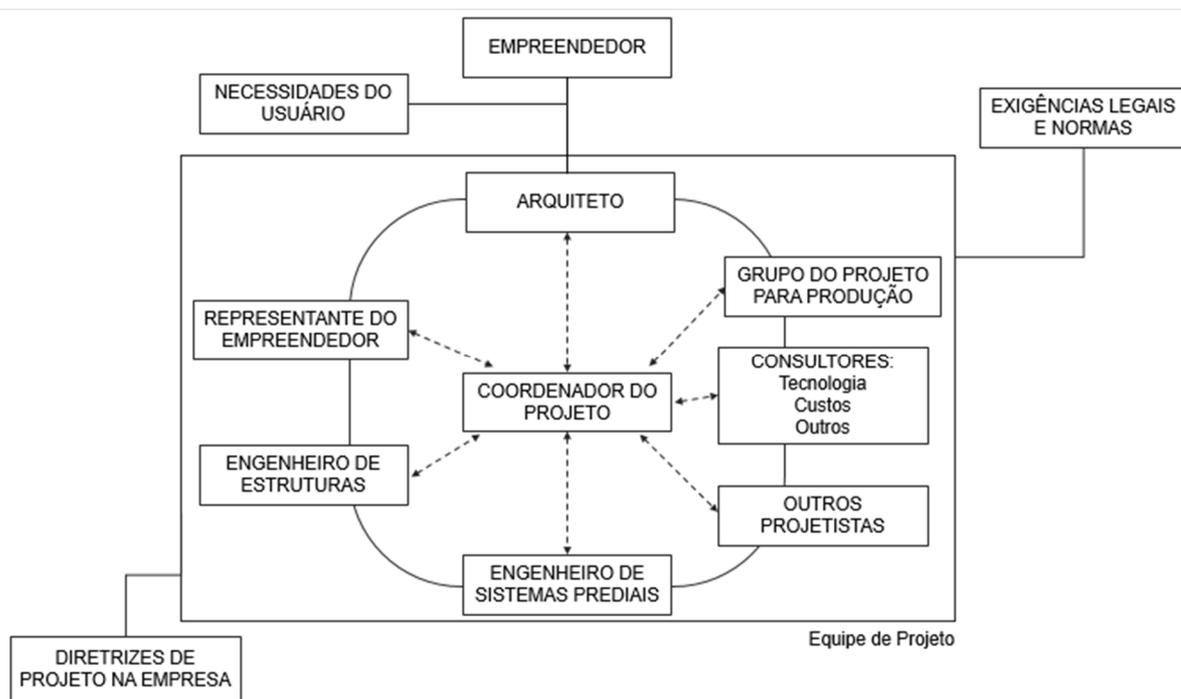
Na indústria manufatureira, os principais projetistas possuem vínculos perenes com as empresas que fabricam o produto, muitas vezes fazendo parte de seus vários departamentos (marketing, projeto, produção, assistência técnica), ao contrário da construção, onde o vínculo contratual entre os agentes envolvidos é restrito à duração do empreendimento e respectivo contrato (FABRICIO, 2002). O autor explica que, na construção, os profissionais envolvidos geralmente pertencem a diferentes empresas conforme suas especialidades para a prestação de serviços e não participam de outras fases do empreendimento além do projeto. Ainda, há uma heterogeneidade entre as empresas de projetos quanto ao porte econômico, maturidade no mercado e desenvolvimento cultural e técnico. Dito isto, ainda que criada, na equipe multidisciplinar temporária a ideia da criação de um ambiente de ampla cooperação e integração é potencialmente mais complexa.

O autor lembra outra característica comum do setor que é a terceirização generalizada dos projetos na construção, onde as empresas projetistas prestam serviço a mais de um contratante simultaneamente e, portanto, seus profissionais são envolvidos com mais de um empreendimento ao mesmo tempo. Isso ocasiona uma alta variabilidade de demanda fazendo com que essas empresas enfrentem épocas de ociosidade bem como de sobrecarrego no desenvolvimento de projetos. É difícil para os próprios projetistas, envolvidos simultaneamente em vários empreendimentos com cronograma variável, gerir a dedicação e tempo despendidos em função da quantidade de projetos da empresa. A gestão de prazos das empresas projetistas é um problema recorrente e que influencia na gestão do cronograma, qualidade e produtividade do processo de projeto do empreendimento como um todo.

Diante de tão grande elenco de especialistas envolvidos no empreendimento, a própria equipe torna-se uma estrutura organizacional e Melhado (1994) coloca a necessidade de técnica específica para a condução do projeto, onde estão as

principais dificuldades para a obtenção da qualidade. A figura 2.7 mostra uma proposição do autor para o arranjo básico de uma equipe multidisciplinar, condizente com o princípio de engenharia simultânea.

Figura 2.7 – Proposta de estruturação para a equipe multidisciplinar envolvida no desenvolvimento do projeto



Fonte: MELHADO (1994)

2.4.2 O Coordenador de Projetos

Dentro do contexto de alta complexidade, onde interação e integração entre todos os agentes participantes assumem uma nova importância e formato, se nota o surgimento de uma função cada vez mais fundamental para o sucesso da eficiência do processo de produção, a do coordenador de projetos (FONTENELLE, 2002).

O autor cita a diferenciação entre o gerenciamento e coordenação de projetos. Enquanto o primeiro consiste no desenvolvimento de um planejamento para o processo de elaboração do projeto e em assegurar que esse planejamento seja cumprido (controle), o segundo, parte integrante desse gerenciamento, se restringe a ações gerenciais para garantir que as interfaces sejam trabalhadas e integradas para gerar a solução global do planejamento.

Kerzner (2006) agrupa as principais características do gerente de projetos (assim chamado em sua obra) em três grandes áreas de competências:

- Capacitações técnico-científicas
 - Conhecimento do negócio: entender o processo de projeto e a realidade organizacional com os pesos necessários para influir nas decisões;
 - Iniciativa: adotar medidas proativas antecipando-se a problemas e necessidades;
 - Pensamento crítico: recorrer a fatos, dados e opiniões especialistas para orientar ações e decisões;
 - Gerenciamento do risco: antecipar e admitir mudanças em prioridades, recursos e questões técnico-científicas.
- Habilidades no processo
 - Comunicação clara: saber ouvir e passar informações de fácil entendimento e utilidade aos participantes do processo;
 - Atenção aos detalhes: manter registros completos e detalhados de planejamentos, atas de reunião, contratos;
 - Estruturação do processo: construir e seguir um planejamento lógico para assegurar alcance dos objetivos.
- Liderança:
 - Foco nos resultados: ter atenção própria e da equipe focalizada nos marcos e concretização dos prazos;
 - Formação de equipes: criar ambiente de cooperação mútua entre os vários participantes;
 - Gerenciamento de complexidades: organizar, planejar, monitorar os diversos agentes, atividades e recursos;
 - Tomada de decisões fundamentadas: demonstrar confiança nas próprias qualificações e decisões e assumir a responsabilidade pelas ações;
 - Busca de apoio estratégico: conseguir junto à administração superior o apoio para manter o projeto no rumo traçado.

Melhado (1994) cita o papel do coordenador de projetos como sendo de liderança, crítica e flexível o suficiente para avaliar se a produção do projeto necessita ou não

de consulta externa a especialistas, além de ser um profissional com vivência tanto em projeto como na execução de obras para facilitar a integração dessas fases.

A qualidade do trabalho de coordenação contribuirá diretamente ao sucesso do empreendimento. Ela deve promover a comunicação adequada entre os agentes envolvidos, analisar o custo e viabilidade das alternativas de projeto, encaminhando as decisões que atendam ao programa de necessidades do empreendimento garantindo os níveis de racionalização e construtibilidade desejados (MELHADO, 1994). O autor sugere a realização de reuniões de coordenação de projetos, no mínimo duas por etapa, entre o representante do empreendedor, projetistas e possíveis consultores. Os participantes devem ser informados da pauta e receberem previamente cópia dos documentos e outros itens para análise, preparando-se adequadamente para levar sua contribuição de modo a tornar essas reuniões eficientes e conclusivas.

2.5 Estruturas Organizacionais

Vasconcellos e Hemsley (2003) definem a estrutura de uma organização como sendo:

O resultado de um processo através do qual a autoridade é distribuída, as atividades desde os níveis mais baixos até a alta administração são especificadas e um sistema de comunicação é delineado permitindo que as pessoas realizem as atividades e exerçam a autoridade que lhes compete para o atingimento dos objetivos organizacionais.

O PMI (2013) expõe que a estrutura organizacional é um fator ambiental da empresa e pode afetar a disponibilidade de recursos e influenciar a forma como os projetos são conduzidos.

Oliveira e Melhado (2006) colocam que a estrutura organizacional deve ser vista como um instrumento para alcançar a situação almejada no futuro a partir dos objetivos e estratégias estabelecidos pela empresa. Ela possui três elementos básicos:

- Sistema de responsabilidade: resultado da alocação de atividades;
- Sistema de autoridade: resultado da distribuição do poder;
- Sistema de comunicação: resultado da interação entre setores e funções.

Há dois tipos principais de estruturas nas organizações: a formal e a informal. A estrutura formal é aquela explicitada nos manuais da organização que descrevem níveis de autoridade e responsabilidades dos vários departamentos e é representada graficamente pelo organograma da empresa. Já a informal, se refere a toda rede de troca de informações que acontece pelas relações sociais e pessoais, não estabelecida ou requerida formalmente pela empresa. Esta última, em geral, tem sido um empecilho para o bom desempenho das empresas pois age de modo diferente do desejado. O ideal seria a condição em que o gestor tivesse controle total de ambas as estruturas, porém sendo isso impossível, a opção é identificar, interpretar e monitorar constantemente a estrutura informal de forma que se torne positiva a sua atuação na empresa.

Os autores lembram que a maioria das empresas de projeto possuem uma estrutura organizacional simples com poucos níveis hierárquicos e alto nível de concentração de autoridade. Essa reduzida complexidade permite uma alta flexibilidade e agilidade na resposta às demandas dos clientes. Se esta velocidade no atendimento, um diferencial competitivo na visão do cliente, for considerada como fator principal na negociação do contrato, a qualidade do projeto pode ser comprometida trazendo sérias consequências na execução da obra e no uso e operação do edifício.

Quanto aos tipos de estruturas formais mais comuns, nas empresas de projeto se destacam: funcional, por projetos e matricial.

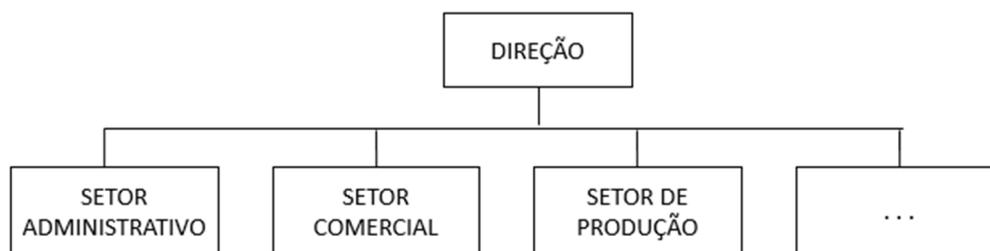
2.5.1 Estrutura Funcional

A estrutura funcional, tipo mais utilizado entre as empresas de uma forma geral, tem como premissa agrupar atividades de acordo com a área de conhecimento ou funções da empresa. O PMI (2013) explica que aqui há uma hierarquia clássica, onde cada funcionário possui um superior bem definido, e as áreas são formadas segundo especialidades (marketing, comercial, engenharia) que podem ser subdivididas em unidades funcionais mais especializadas (engenharia mecânica e civil).

Segundo Vasconcellos e Hemsley (2003), a grande vantagem desta estrutura é permitir a especialização nas áreas técnicas utilizando melhor os recursos humanos. Oliveira e Melhado (2006) indicam que esta é a estrutura mais apropriada para

pequenas empresas, característica da maioria das empresas projetistas, em especial as que estão em fase inicial de sua vida com poucos trabalhos. A figura 2.8 apresenta um exemplo de estrutura funcional.

Figura 2.8 – Exemplo de estrutura funcional



Fonte: OLIVEIRA; MELHADO (2003)

Algumas vantagens são elencadas por Vasconcellos e Hemsley (2003):

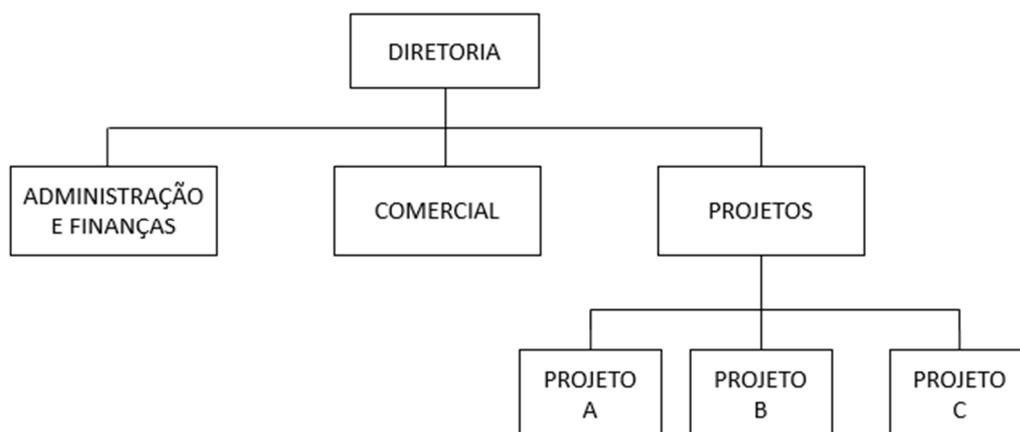
- Maior especialização;
- Aumento da capacitação técnica pela troca de experiência;
- Maior preocupação com o aperfeiçoamento dos técnicos;
- Melhor qualidade do trabalho;
- Maior satisfação dos profissionais por se agruparem com elementos da mesma área, pela estabilidade em grupo, pela preocupação no seu desenvolvimento e melhor definição de carreira;
- Melhor utilização dos recursos humanos e materiais;
- Existência de um único responsável pelo grupo de técnicos de mesma especialidade;
- Maior facilidade e eficiência em administrar cada grupo funcional.

2.5.2 Estrutura por Projetos

Na estrutura por projetos, o agrupamento de atividades se baseia na concordância com os resultados de um ou vários projetos (OLIVEIRA; MELHADO, 2006). Neste tipo de organização, os membros da equipe trabalham juntos conforme o projeto em que estão envolvidos, onde o chefe desse “departamento temporário” é o gerente de projetos. Há muita flexibilidade e alta eficácia para respostas a mudanças pois uma

nova necessidade é transformada em um projeto pela rápida formação de uma equipe pois os especialistas podem ser redistribuídos conforme o término do projeto em que estavam (VASCONCELLOS; HEMSLEY, 2003). A figura 2.9 apresenta um exemplo de estrutura por projetos.

Figura 2.9 – Exemplo de estrutura por projetos



Fonte: OLIVEIRA; MELHADO (2006)

Os autores listam as vantagens da estrutura por projetos:

- Maior diversificação dos técnicos (devido ao conhecimento sobre todos os trabalhos inerentes ao projeto);
- Maior satisfação dos técnicos por terem uma visão do conjunto do projeto e oportunidade de interagir com maior variedade de pessoas e situações;
- Maior integração entre áreas técnicas do projeto;
- Melhor atendimento aos prazos e ao cliente;
- Alivia a alta administração de fazer a integração;
- Existência de responsável único sobre o projeto como um todo;
- Mais facilidade e eficiência na administração de projetos integrados.

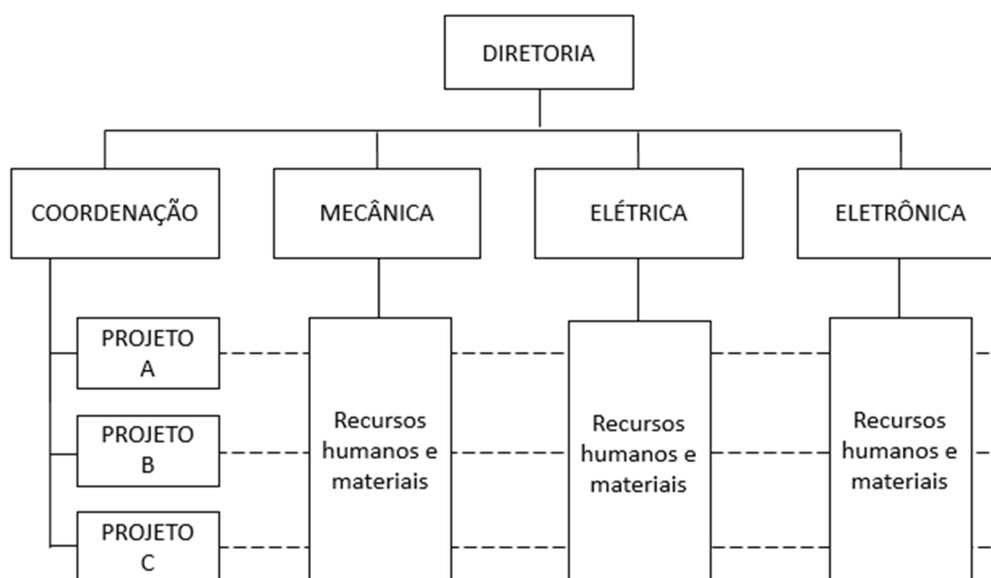
2.5.3 Estrutura Matricial

É a utilização simultânea de dois ou mais tipos de estruturas diferentes. Em geral, é a sobreposição da estrutura funcional com a projetizada. Vasconcellos e Hemsley (2003) explicam que esta forma matricial surgiu com o intuito de solucionar a

inadequação da estrutura funcional às atividades integradas, criando relações horizontais entre as unidades funcionais impelindo-as a interagir entre elas, ao mesmo tempo que é orientado ao resultado, característica da estrutura por projetos. Porém esse aspecto gera um conflito que é a dupla subordinação, onde os especialistas funcionais respondem simultaneamente ao gerente funcional da área técnica e também ao gerente do projeto em que está alocado.

Em razão disso, para o bom funcionamento deste tipo de estrutura, é essencial a definição clara das atribuições de cada um dos elementos que a integram. Os gerentes de projetos não apreciam a responsabilidade sem autoridade completa sobre os especialistas ao passo que estes também não gostam de responder a vários chefes. Por outro lado, os gerentes funcionais também não estimam compartilhar responsabilidades com o gerente de projetos. Posto isto, é de extrema importância que a alta direção administre com eficiência essas relações conflituosas a partir da exigência de confiança mútua e capacidade de solução de problemas (OLIVEIRA; MELHADO, 2006). A figura 2.10 mostra um exemplo desse tipo de estrutura.

Figura 2.10 – Exemplo de estrutura matricial



Fonte: OLIVEIRA; MELHADO (2006)

Vasconcellos e Hemsley (2003) mostram que as vantagens dessa estrutura na realidade são acumuladas das duas estruturas anteriores que foram sobrepostas ainda que não em menor grau se comparadas às estruturas em sua forma pura.

O processo de elaboração de uma nova estrutura organizacional para uma empresa de projeto é complexo pois exige que sejam considerados o ambiente interno, externo além de todas as funções e processos da empresa. Portanto, deve ser pensado para que a organização possa executar suas estratégias em harmonia com os indivíduos que ali trabalham considerando o impacto sobre suas atividades.

2.6 Building Information Modeling (BIM)

2.6.1 Definição

A tecnologia associada à demanda por projetos e processos melhores, mais rápidos e mais econômicos estão mudando a construção e os projetos da indústria da construção civil. Jernigan (2007) discorre sobre o que o *American Institute of Architects* (AIA) denomina de “prática integrada” onde esta nova forma de trabalho contempla equipes compostas por todas as partes interessadas (*stakeholders*), as quais são guiadas por princípios de colaboração, compartilhamento da informação, dos riscos e das recompensas, tomadas de decisões no tempo certo e uso da mais atual tecnologia.

Atualmente, o processo de implementação de um empreendimento é fragmentado e depende de comunicação feita em papel. Ainda que a chegada de ferramentas CAD (*computer aided design*) e CAD3D trouxe mais agilidade na troca de informações, pouco foi feito para reduzir a gravidade e frequência de conflitos causados pela documentação em papel. Erros e omissões nos documentos frequentemente resultam em aumento de custos, atrasos, atritos e litígios entre os agentes envolvidos. Em razão disso, são identificados problemas como o tempo considerável e gasto requerido para gerar uma informação crítica para avaliar uma proposta de projeto, estimar custos ou verificar detalhes construtivos, análises que normalmente são feitas por último quando já é tarde para realizar modificações significativas (EASTMAN et al., 2014). Além disso, é sabido que, na prática, o arquiteto deve tomar muitas decisões no tempo errado, quando ainda há enorme escassez de informações (JERNIGAN, 2007).

Eastman et al. (2014) apontam ainda que as práticas tradicionais produzem desperdícios e erros e destacam um estudo indicando uma baixa produtividade da

construção civil em relação a todos os outros setores não agrícolas. Os autores expõem possíveis justificativas para isso, como a disparidade entre os diversos membros de uma equipe de projeto e a baixa automação no canteiro de obras.

Nesse contexto, surgiu o *Building Information Modeling* (BIM), um processo integrado para criar, usar e atualizar um modelo digital de uma construção, podendo ser usado por todos os participantes do empreendimento, potencialmente durante todo o ciclo de vida da construção³. Manzione (2013) define o BIM como sendo um processo baseado em modelos digitais, os *Buildings Information Model*, que, por sua vez, é o conjunto de modelos compartilhados, digitais, tridimensionais e semanticamente ricos.

Para Eastman et al., BIM é uma tecnologia de modelagem e um conjunto de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção, que são caracterizados por componentes representados digitalmente e que podem ser associados a atributos e regras paramétricas. Tais componentes podem ter dados consistentes e não redundantes que descrevem seu comportamento, auxiliando em análises e processos de trabalho como quantificação, especificação e análise energética. Os autores citam ainda uma outra descrição do BIM como sendo uma “simulação inteligente da arquitetura” e suas características principais são ser: digital, espacial (3D), mensurável, abrangente, acessível e durável.

Por ser um conceito relativamente novo e com o surgimento de diversos desenvolvedores de *softwares* ávidos em descrever a capacidade de seus produtos para venda, o termo BIM vem sendo utilizado com variações e sujeito a confusões (EASTMAN et al., 2014). Por isso, é útil compreender também o que não é BIM. Algumas descrições feitas pelos autores e Jernigan (2007) são listados:

- BIM não é apenas um modelo 3D sem atributos: neste caso, a utilização seria apenas para visualização gráfica como uma maquete eletrônica, sem integração de dados para análise do projeto;
- BIM não é Revit ou archiCAD ou Bentley (ou qualquer outro *software* de apoio): tais programas são ferramentas para desenvolvimento de modelos paramétricos;

³ Retirada de anotações de aula do curso Gestão de Projetos na Construção

- BIM não substitui pessoas: apenas requer treinamento e modo de pensar o projeto diferente do usual;
- BIM não é um modelo sem inteligência paramétrica: deve haver suporte para o comportamento de tal forma que qualquer mudança em uma vista, automaticamente altere em todas as demais vistas;
- BIM não é um modelo que necessita referenciar a múltiplos arquivos 2D para definir a construção.

2.6.2 Objetos Paramétricos

Em um modelo, objetos são desenvolvidos usando parâmetros como distâncias, ângulos e regras como “vinculado a”, “paralelo a”, “distante de”. Essas relações permitem que cada instância de um elemento varie conforme os valores de seus parâmetros. (EASTMAN et al., 2014).

Andrade e Ruschel (2009) explicam que um modelo paramétrico é composto por famílias de objetos incluindo atributos de formas, atributos que não são de forma e relações fazendo com que diferentes instâncias gerem vários objetos com parâmetros diversificados e em posições variadas.

Eastman et al. definem uma família de modelos como sendo “um conjunto de relações e regras para controlar os parâmetros pelos quais as instâncias dos elementos podem ser geradas [...]”. Assim, a modelagem paramétrica não apresenta objetos com propriedades fixas, mas os representa por parâmetros e regras que determinam a geometria e outras características não geométricas. A complexidade das relações e variedade de regras pode definir o grau de detalhamento que se pretende dar a um objeto.

Manziona (2013) apresenta que a fim de nortear de maneira coordenada o processo de desenvolvimento de um projeto e a evolução do detalhamento de suas informações, foi elaborado o conceito de Nível de Desenvolvimento, ou *Level of Development*, ou ainda *Level of Detail* (LOD). Este conceito descreve o grau de completude que um elemento do modelo deve ter, podendo variar em uma escala de cinco graus, que corresponde ao detalhamento progressivo ao longo do projeto: 100

(fase conceitual), 200 (geometria aproximada), 300 (geometria precisa), 400 (execução ou fabricação) e 500 (obra concluída).

Entender a diferença da modelagem paramétrica baseada em objetos em relação à tecnologia artesanal baseada em desenhos é crucial para compreender melhor o BIM pois este impele ao usuário adotar um estilo diferente de modelagem e planejamento.

2.6.3 Usos e Benefícios

Eastman et al. (2014) elencam os principais benefícios no uso do BIM ao longo das fases do empreendimento.

Na Pré-Construção:

- Estudos de conceito, viabilidade e benefícios do projeto;
- Aumento da qualidade e desempenho do projeto;

No Projeto:

- Visualização antecipada e mais precisa de um projeto;
- Correções automáticas de baixo nível quando mudanças são feitas no projeto;
- Geração de desenhos 2D precisos e consistentes em qualquer etapa do projeto;
- Colaboração antecipada entre múltiplas disciplinas de projeto;
- Verificação antecipada das interações do projeto;
- Extração de estimativas de custo (5D) durante a etapa de projeto;
- Incrementação da eficiência energética e a sustentabilidade.

Construção e Fabricação:

- Sincronização do projeto com o planejamento da construção – inserção do cronograma (4D);

- Descoberta de erros de projeto e omissões antes da construção (detecção de interferências ou o denominado *clash detection*);
- Reação rápida a problemas de projeto ou canteiro;
- Uso do modelo de projeto como base para componentes fabricados;
- Melhor implementação e técnicas de construção enxuta;
- Sincronização da aquisição de materiais com o projeto e construção.

Na pós-construção:

- Melhor gerenciamento e operação das edificações;
- Integração com sistemas de operação e gerenciamento de facilidades

Apesar do exposto, Manzione (2013) descreve que alguns dos principais obstáculos para a implementação do BIM são a falta de incentivos e clareza sobre o tema, desconhecimento dos benefícios, a fragmentação do setor, baixo entendimento do potencial da tecnologia da informação na melhoria dos processos e a própria resistência à mudança por parte dos participantes.

2.6.4 Implementação e Desafios

Krosrowshahi e Arayici (2012) descrevem resumidamente os estágios de maturidade para implementação do BIM:

- Pré-BIM: prática tradicional com informações armazenadas em papel e pobreza na gestão do processo;
- BIM Fase 1: migração do 2D para o 3D e modelagem orientada a objetos. O modelo BIM é uma disciplina e os entregáveis são, em sua maioria, em CAD;
- BIM Fase 2: progresso para abordagem colaborativa, onde a gestão do processo é complexa e exige comunicação integrada e compartilhamento de dados entre os agentes envolvidos;
- BIM Fase 3: a real filosofia do BIM evoluindo de colaboração para integração. As fases do ciclo de vida se desfazem e os agentes interagem em tempo real. Análises multidisciplinares complexas são feitas nos estágios iniciais e as entregas vão além dos objetos para incluir inteligência de negócios.

A utilização do BIM exige uma nova forma de pensar compelindo aos profissionais, habituados a desenvolver projetos utilizando métodos tradicionais aplicados às plataformas 2D, alterarem seus conceitos. Até as próprias equipes fragmentadas e isoladas devem se tornar integradas e colaborativas (SILVA; MELHADO, 2014). Entretanto, isso exigirá que os fluxos de trabalho e relacionamentos comerciais também sejam alterados pois haverá maior compartilhamento das responsabilidades e também das recompensas. Ferramentas BIM ainda não oferecem suporte adequado ao rastreamento de mudanças dos modelos e em geral os termos contratuais não são suficientemente desenvolvidos para lidar com essas responsabilidades coletivas (EASTMAN et al., 2014).

Os autores colocam que a longo prazo, a implementação do BIM poderá alterar não somente as práticas de trabalho, mas também as relações contratuais entre os agentes. Novas formas de contrato devem ser exploradas balanceando riscos e recompensas e explicitando melhor o fluxo de trabalho em cada estágio do desenvolvimento do projeto, com base em um plano de trabalho acordado na negociação do contrato. Essa minuta do plano de trabalho irá evidenciar claramente o momento que cada agente (projetista, consultor, fabricante) será envolvido no processo, afetando os requisitos de formação da equipe.

Devido à tecnologia, é possível o trabalho concorrente dos diversos projetistas, o que pode significar um avanço em direção à engenharia simultânea. (MANZIONE, 2013). Fabricio (2002), em seu trabalho de doutoramento sobre Projeto Simultâneo, coloca que a adoção de uma gestão simultânea na organização do processo de projeto, representa necessidade de alterações profundas na organização e na cultura dos agentes. Manzione (2013) resume que o aspecto cultural a ser modificado no setor da construção é um grande desafio, pois a cadeia produtiva se dá de forma descoordenada e as decisões são tomadas sem participação multidisciplinar, o que é contrário a uma das principais premissas para implementação do BIM.

Em um setor fragmentado como a de construção, uma efetiva e positiva utilização do BIM implica em mudanças nas relações, no escopo e serviços, no ambiente de trabalho buscando a integração da equipe de projeto multidisciplinar, no foco no desempenho da equipe e não mais individual por disciplina, na comunicação, etc. Tais modificações não costumam ser bem recebidas pelos profissionais, principalmente

por projetistas (SILVA; MELHADO, 2014). Nos modelos de negócios atuais, apenas uma pequena parte dos benefícios econômicos do BIM contabilizam para os projetistas, sendo que os maiores lucros irão para os empreiteiros e proprietários. Ainda não há mecanismos de recompensar os projetistas, que serão os fornecedores de modelos ricos de informação, terão de investir capital em *softwares* de desenvolvimento BIM e assumir riscos comerciais para atender empreiteiros (EASTMAN et al., 2014).

Os autores explicam que haverá também alteração no compartilhamento de informações. Se os membros da equipe usam diferentes ferramentas de modelagem (*softwares* de desenvolvedores diferentes, por exemplo), então deve-se procurar soluções de interoperabilidade ou que movimentem os modelos de um ambiente para outro, a fim de realizar o intercâmbio de dados e evitar o surgimento de erros potenciais. Os projetos serão gerenciados de modo federado em servidores BIM, com modelos separados para cada especialidade exigindo melhores ferramentas de coordenação para manter sua consistência. Nesse sentido, se nota o crescimento de um papel essencial: a do gerente de modelos ou gerente BIM (segundo Manzione, 2013).

Jernigan (2007) descreve que o gerente de modelos deverá não somente compreender o conceito de processo integrado, como também se manter atualizado nas últimas inovações e produtos além de conhecer e manusear as diversas ferramentas e aplicações disponíveis. Eastman et al. (2014) cita que pelo fato do modelo possuir um alto valor, manter sua integridade justifica a necessidade de uma gerência e é o gerente de modelos que determinará as políticas a serem seguidas para acesso e modificação dos modelos e para administrar a consistência da integração entre as versões.

Para Manzione (2013), as empresas necessitarão do (chamado por ele de) gerente BIM para gerenciar as pessoas na implementação e na manutenção do processo de projeto em BIM. Este profissional deverá ter capacidade de pensamento não linear, visão multidisciplinar e compreensão do fluxo de trabalho do processo de projeto. Suas responsabilidades são determinadas em função do contexto em que estiver inserido: do empreendedor, da empresa de projeto ou do processo de projeto. Pode-se destacar algumas de suas principais funções:

- Elaborar e acordar um plano de execução BIM e zelar pelo seu cumprimento;
- Definir e ser responsável pelos direitos de acesso adequados para cada usuário;
- Definir o sistema de coordenadas bem como o ponto de origem dos modelos;
- Facilitar a coordenação integrada do modelo promovendo reuniões, que incluem análise de interferências e relatórios de compatibilização;
- Controlar a nomenclatura do projeto;
- Verificar solução de armazenamento dos modelos, que costumam ser bem mais pesados e requererem maior espaço que arquivos em 2D;
- Estabelecer e manter a segurança dos dados;
- Organizar treinamentos à equipe;
- Definir convenções para revisão dos modelos, etc.

Organizar uma equipe que possa entregar toda a gama de serviços integrados é difícil em qualquer setor. Isso exigirá mudança na estrutura da empresa, no desenho dos processos, requererá a capacitação de todos os envolvidos e uma verdadeira liderança para conduzir um desafio deste porte. Dado que o modelo deve ser integrado, os projetistas se virão obrigados a compreender não somente os projetos, mas também os processos de planejamento, construção e operação, ou seja, todo o ciclo de vida do empreendimento, algo que deveria ser, mas geralmente não é feito. Jernigan (2007) questiona o porquê de os projetistas do setor industrial interagirem proximamente dos processos de manufatura muito mais do que os projetistas do setor da construção em relação à execução da obra e operação de edifícios. O autor exemplifica que na indústria, os projetistas precisam entender e integrar os processos de produção, venda e entrega dos produtos para poder pensar na criação dos mesmos pois, caso contrário, pode se tornar inviável economicamente. Essa alteração no modo de pensar exige uma reeducação e treinamento dos agentes envolvidos tendo em vista que, em razão de sua complexidade, não acontecerá instantaneamente.

A integração mais precoce do conhecimento de construção no processo de projeto beneficiará empresas capazes de coordenar todas as fases do projeto e agregar conhecimento de construção no início. O uso de um modelo de construção compartilhado como base do processo de trabalho exigirá tempo e educação para todos os envolvidos se ajustarem à tecnologia. A própria implementação da tecnologia

impactará as empresas pois envolve custos com a aquisição de *software*, *hardware*, capacitação dos membros da equipe e assistência técnica (EASTMAN et al., 2014).

Apesar de tantas mudanças necessárias, a tendência é que a adoção da tecnologia e sua presença no mercado sejam cada vez maiores. Eastman et al. (2014) citam diversos exemplos da difusão do uso do BIM em empresas americanas indicando uma rápida evolução desde que o conceito tomou forma por volta dos 2000: contratantes demandando o uso do BIM, iniciativas governamentais crescentes para a padronização, ferramentas 3D e 4D se popularizando nos canteiros de obras, disponibilização de catálogos 3D de produtos pelos fabricantes, etc. No Reino Unido, desde abril de 2016 o governo passou a exigir o uso do BIM de maturidade Fase 2 em todos os projetos públicos como estratégia de inovação do setor de construção pretendendo colher benefícios como aumento da qualidade das construções, redução de desperdícios e maior sustentabilidade⁴.

No Brasil, o uso do BIM pode ser considerado uma realidade e há movimentos importantes por parte do governo e de entidades de classe, tais como ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), ASBEA (Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura) e do Exército Brasileiro no sentido de organizar, estruturar e difundir estratégias para implementação do BIM no território nacional⁵.

O estudo realizado por Kassem e Amorim (2015) revelou a vanguarda do Exército Brasileiro na adoção do BIM com ações iniciadas em 2006 diante de um quadro de variadas dificuldades encontradas na época: ineficiência e complexidade na gestão de um patrimônio equivalente a 1.794 imóveis, acompanhamento de novas construções e manutenções de benfeitorias na ordem de 75.787 com transparência de resultados tanto de operação como infraestrutura, permitir compatibilidade entre planejamento estratégico e a variabilidade da gestão pública, etc.

A Diretoria de Obras Militares, percebendo que não existia algo que atendesse suas necessidades, optou por desenvolver internamente um sistema integrado de gerenciamento de projetos, o OTUS (Sistema Unificado do Processo de Obras) para gestão do ciclo de vida do ambiente construído. Este sistema baseado em *web* permite

⁴ Fonte: Department for Business Innovation & Skills do site do governo do Reino Unido (<https://www.gov.uk/government/organisations/department-for-business-innovation-skills>)

⁵ Fonte: ABRAVA – Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (<http://abrava.com.br>)

a troca de modelos detalhados (2D e 3D) de várias fontes e formatos, até mesmo entrepostos com mapas disponíveis do Google usando um sistema de coordenadas. A partir da organização dessa infraestrutura, bem desenvolvida mesmo em comparação com países europeus mais avançados como Finlândia, Reino Unido e Holanda, iniciou-se a implementação do uso do BIM em seus departamentos internos e seu exemplo será utilizado como base para desenvolver a infraestrutura necessária de uso e expansão do BIM no Brasil.

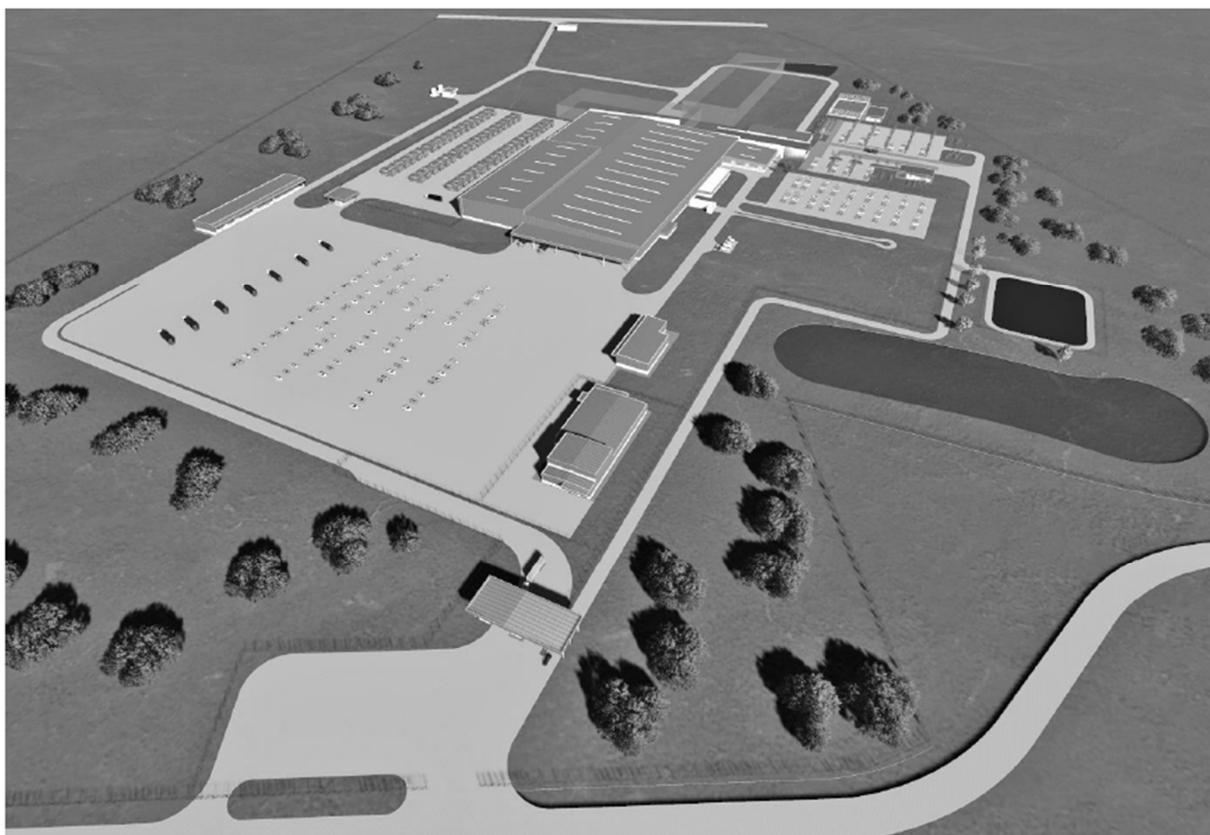
Segundo Souza et al. (2009), as construtoras estão começando a enxergar as reais vantagens oferecidas pelos projetos em BIM e sua influência positiva nos demais processos da cadeia produtiva da construção e, assim, com maiores exigências e competitividade no mercado, as empresas projetistas não terão como evitar a evolução do setor prevendo se amparar no modo tradicional de desenvolver projeto. As empresas e profissionais que já estão se aventurando na implantação do BIM estarão inevitavelmente à frente no mercado.

3. ESTUDO DE CASO

3.1 Apresentação do Caso

O empreendimento representa uma nova fábrica de automóveis e o estudo de caso tem foco na atuação da empresa Projetista de Engenharia, uma das subcontratadas da Construtora contratada pela Fabricante de automóveis, o cliente final cuja origem é estrangeira. Ao final, quando em operação total, sua capacidade de produção poderá atingir até 24 mil veículos por ano. As figuras 3.1 e 3.2 mostram o projeto final da planta fabril em perspectiva 3D.

Figura 3.1 – Perspectiva 3D do empreendimento



Fonte: Dados de pesquisa

Figura 3.2 – Perspectiva 3D do empreendimento



Fonte: Dados de pesquisa

3.1.1 Informações Gerais do Empreendimento

Localizado no estado do Rio de Janeiro, o terreno da planta automotiva possui área total da ordem de 200.000 m² e, em sua maior parte, livre de usos anteriores. Em sua porção leste se encontra uma Área de Preservação Permanente que adentra o perímetro ao norte, bem como há a passagem de uma linha de alta tensão.

O total previsto de área construída é de aproximadamente 79.000 m² sendo que a implantação do empreendimento foi planejada para ser realizada em duas fases. A primeira e maior, com 55.365 m² de área construída, engloba toda a infraestrutura do parque fabril e a construção de todas as edificações exceto as duas da segunda fase, com 23.889 m² de área construída, que se referem aos anexos que abrigarão os processos de pintura e depósito de carrocerias, planejados para serem agregados futuramente. A Figura 3.3 mostra o layout total do empreendimento, denominado *site*, onde a Fase 1 é representada por quase todas edificações e a infraestrutura geral da planta enquanto a Fase 2 é representada pelos dois prédios hachurados próximos ao galpão central.

Figura 3.3 – Implantação geral do empreendimento



Fonte: Dados de pesquisa

3.1.2 Agentes Envolvidos

3.1.2.1 Identificação dos Agentes Envolvidos

Os agentes envolvidos na fase de desenvolvimento do projeto são apresentados a seguir:

- a) Fabricante de Veículos – Empresa estrangeira com atuação de vendas de veículos em mais de 160 países;
- b) *Shadow Design* – Consultor no Brasil da fabricante de veículos;
- c) Construtora – Empresa brasileira de engenharia com foco nos segmentos comercial e industrial;
- d) Projetista de Arquitetura – Empresa de pequeno porte com foco em arquitetura no segmento industrial com sede na região sul do Brasil;
- e) Projetista de Infraestrutura e Piso industrial – Empresa de tecnologia para materiais de construção civil e infraestrutura;
- f) Projetista de Estruturas Metálicas – Empresa brasileira de grande porte fornecedora de projeto, fabricação e montagem de estruturas metálicas;
- g) Projetista de Engenharia – Empresa brasileira de médio porte de projetos de disciplinas diversas de engenharia;
- h) Projetista de Estruturas Especiais (pits) – Empresa multinacional com filial no Brasil de soluções tecnológicas e serviços para indústria automotiva;
- i) Projetista de Docas – Empresa de soluções para docas e equipamentos de logística;
- j) Projetista de Subestação Elétrica – Empresa de soluções em energia desde o projeto ao fornecimento de equipamentos e instalação;
- k) Consultoria de BIM – Empresa multinacional de grande porte especializada em tecnologia BIM;
- l) Consultoria de LEED – Empresa de consultoria especializada em gestão, qualidade e sustentabilidade no setor de construção civil;
- m) Consultoria Geral de Engenharia – Empresa de consultoria de pequeno porte especializada em projetos de instalações;
- n) Consultoria de Aprovação de projetos no Corpo de Bombeiros – consultor de processos de aprovação no corpo de bombeiros;

- o) Seguradora;
- p) Empresa Instaladora de Climatização – Empresa fornecedora e instaladora de equipamentos de climatização para pequenas até grandes construções;
- q) Empresa de Instalações Eletromecânicas – Empresa de execução de obras de instalações de elétrica, hidráulica, infraestrutura e utilidades;
- r) Empresa de Instalações de Equipamentos de segurança, automação e cabeamento estruturado – Empresa multinacional de grande porte de tecnologia atuante em diversas áreas sendo uma delas a de tecnologia para construções;
- s) Órgãos externos – Prefeitura, Corpo de Bombeiros, Concessionárias de água e energia;

3.1.2.2 Relações Entre os Agentes Envolvidos

O foco do estudo de caso é a fase de projeto, portanto as relações entre os agentes envolvidos são identificadas sob essa ótica.

A Fabricante de automóveis contratou a Construtora tanto para desenvolver o projeto como para executar a obra de construção da unidade fabril.

Por ser estrangeira e dispor de seu escritório de projetos no exterior, a montadora contratou o denominado *Shadow Design*, que é seu próprio consultor brasileiro com a função de ser, como o próprio nome diz, uma sombra da Construtora, fiscalizando-a, acompanhando o andamento do projeto, a conformidade com os requisitos exigidos e reportando toda informação ao cliente final com mais agilidade em razão de estarem localizados no Brasil.

Por consequência, sendo responsável pelo projeto, a Construtora subcontratou empresas projetistas especializadas, instaladoras e consultores técnicos necessários para atendimento a todas as premissas e requisitos exigidos pelo cliente final, além de contratar também sua própria consultoria técnica, identificado como Consultor Geral de Engenharia no item m) da relação de agentes envolvidos, para verificar e analisar todos os projetos das subcontratadas. A figura 3.4 demonstra o organograma contendo as relações entre as partes interessadas.

Figura 3.4 – Relação entre os agentes envolvidos para o desenvolvimento dos projetos



Fonte: A autora

3.1.3 Recorte do Estudo de Caso

3.1.3.1 Escopo da Construtora

Para melhor entendimento do estudo de caso, é importante pensar no empreendimento dividido nas duas partes que a compõem: infraestrutura civil e montagem eletromecânica da fabricação de automóveis.

Para a primeira parte, enfoque do estudo de caso, a montadora contratou uma Construtora que ficou responsável pelo projeto e construção de toda a infraestrutura e edificações necessárias para entrega da parte civil da fábrica excluindo-se de seu escopo todo o referente aos equipamentos necessários para a montagem dos automóveis.

Já para a segunda parte, por ser a detentora da tecnologia para a fabricação dos veículos, a Fabricante de automóveis ficou responsável não somente por definir todos os processos referentes à montagem e testes que deveriam ser realizados em sua nova planta como também pelos projetos e montagens eletromecânicas de todos equipamentos necessários para isso.

Portanto, o escopo da Construtora engloba a implantação de toda a infraestrutura da planta, a saber: terraplenagem, redes de drenagem, águas, esgoto e elétrica, combate a incêndio, iluminação, pavimentação, sinalização, fechamento, estação de tratamento de efluentes e subestação elétrica; e também a construção das seguintes edificações para a operação inicial da planta na 1ª fase: galpão principal de montagem, escritório da administração e refeitório, portaria, escritório para container, prédio de operações de segurança e emergência, galpão de manutenção, centro de produtos e distribuição, centro de educação comunitária, casa de bombas sprinkler e casa de bombas hidráulicas. São 10 edificações totalizando 55.365 m² de área construída sendo que essa 1ª fase ficou inicialmente prevista para ser entregue em junho de 2016.

Já a 2ª fase envolve a construção futura dos prédios de pintura e de depósito de carrocerias totalizando 23.889 m² de área construída e previsto para ser entregue em setembro de 2018, mediante decisão da Fabricante. A tabela 3.1 mostra a identificação das edificações de cada fase.

Tabela 3.1 – Divisão das fases de implantação

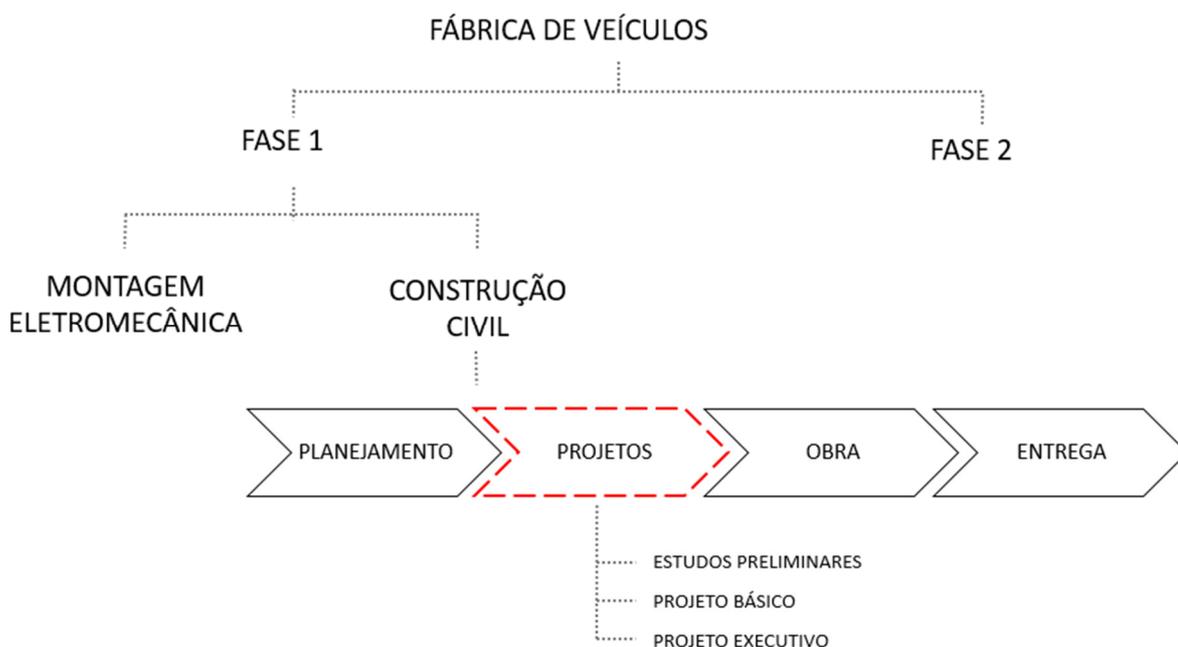
Fase	Descrição	Área construída (aproximada)	Previsão de entrega
	Infraestrutura geral	-	
FASE 1	Galpão principal	55.365 m ²	jun/16
	Escritório administrativo e refeitório		
	Portaria		
	Escritório de entrada para containers		
	Prédio de operações de segurança e emergência		
	Galpão de manutenção		
	Centro de produtos e distribuição		
	Centro de educação comunitária		
	Casa de bombas de sprinklers		
	Casa de bombas de instalações hidráulicas		
FASE 2	Galpão de pintura	20.888 m ²	set/18
	Depósito de carrocerias		

Fonte: a autora

A Construtora foi contratada para executar a princípio apenas a 1ª fase da implementação da fábrica de automóveis. O valor total da construção desta fase juntando toda a parte civil com a montagem eletromecânica foi estimado em R\$ 750 milhões.

Para o ciclo de vida do empreendimento, foram consideradas as seguintes fases: Planejamento, Projetos, Obra e Entrega. O foco do estudo de caso é a etapa de Projetos cujo ciclo de vida a Construtora subdividiu nas fases de Estudos Preliminares, Projeto Básico e Projeto Executivo. A figura 3.5 mostra o recorte do escopo do estudo de caso com destaque para o grupo estudado: Projetos.

Figura 3.5 – Recorte do foco do estudo de caso



Fonte: A autora

A Fabricante de automóveis definiu que o projeto global da fábrica deveria buscar a certificação LEED nível *Gold* e ser entregue todo em BIM, além do formato usual de plantas 2D.

Criado em 2000 pelo USGBC – *United States Green Building Council* ou Conselho de Construção Sustentável dos Estados Unidos – o LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) orienta e atesta o comprometimento de uma edificação com os princípios da sustentabilidade para a construção civil antes, durante e depois de suas obras.

Um projeto que busca a certificação LEED deve ser analisado por 7 dimensões, as quais possuem pré-requisitos (práticas obrigatórias) e créditos (recomendações) que, à medida que atendidos, garantem pontos à edificação⁶. São elas:

- sustentabilidade da localização;
- eficiência no uso da água;
- eficiência energética e cuidados com emissões na atmosfera.
- otimização de materiais e recursos naturais utilizados na construção e operação do edifício;
- qualidade ambiental no interior da edificação;
- uso de inovação e tecnologias que melhorem o desempenho do edifício;
- edificações que dão prioridade às preocupações ambientais regionais.

O nível da certificação é definido conforme a quantidade de pontos adquiridos:

- Certificação LEED: 40 pontos;
- Certificação LEED Silver: 50 pontos;
- Certificação LEED Gold: 60 pontos e
- Certificação LEED Platinum: 80 pontos.

No Brasil, o selo LEED é representado oficialmente pelo GBC Brasil - *Green Building Council Brasil*, desde 2007.

A proposta de ser entregue em BIM surgiu principalmente com o propósito de auxiliar o gerenciamento de facilidades da fábrica futuramente, pois todo material de instalação empregado na obra estaria mapeado, quantificado e especificado num formato de fácil identificação e extração. Além disso, o cliente final possuía familiaridade com o tema pois todas as suas fábricas já utilizavam essa tecnologia.

Assim, todos os projetistas subcontratados da construtora deveriam desde o início acordar em atender essas duas premissas para a entrega dos projetos.

Este estudo de caso tem foco na atuação da empresa Projetista de Engenharia, melhor detalhado a seguir.

⁶ Fonte: *Green Building Council Brasil* (<http://www.gbcbrazil.org.br>)

3.1.3.2 Escopo da Empresa Projetista de Engenharia

O escopo inicial da empresa Projetista de Engenharia, além do projeto de estruturas, contemplava grande parte dos projetos das instalações necessárias para a fábrica pois, devido à grande interferência e interface entre eles, vislumbrou-se a entrega de um projeto único, totalmente integrado e compatibilizado em função de ser desenvolvido por uma empresa só. Aqui é colocado como inicial pois, mais adiante, no item de desenvolvimento do projeto, veremos que houveram algumas alterações importantes no escopo.

Dessa forma, a contratação considerou para a 1ª fase da implantação da fábrica os projetos a seguir listados:

- i. Projeto de estruturas metálicas e coberturas;
- ii. Projeto de fundações;
- iii. Projeto de estruturas de concreto: piso comum, bacias de contenção, base de equipamentos, muros de arrimo, reforço de docas, estrutura de pits e quaisquer estruturas complementares às metálicas;
- iv. Projeto de climatização;
- v. Projeto de instalações hidráulicas: redes de águas pluviais, água potável, água de reuso, água desmineralizada, de esgoto industrial, de esgoto sanitário e de combate a incêndio;
- vi. Projeto de utilidades: redes de ar comprimido, gás e vapor;
- vii. Projeto de instalações elétricas: luminotécnico, iluminação e tomadas, alimentação, aterramento, sistema de proteção a descargas atmosféricas;
- viii. Projeto de instalações hidráulicas e elétricas da implantação: redes de infraestrutura externas às edificações para abastecimento das instalações hidráulicas (com reservatórios) e elétricas (com gerador);
- ix. Projeto dos sistemas de automação: automação e supervisão predial, controle de acesso, segurança predial e CFTV (circuito fechado de televisão), infraestrutura do cabeamento estruturado, sistema de detecção e alarme de incêndio.

Para o desenvolvimento dos projetos, a Projetista contou com grande colaboração por parte das outras projetistas envolvidas e também das consultorias técnicas e instaladoras contratadas pela construtora.

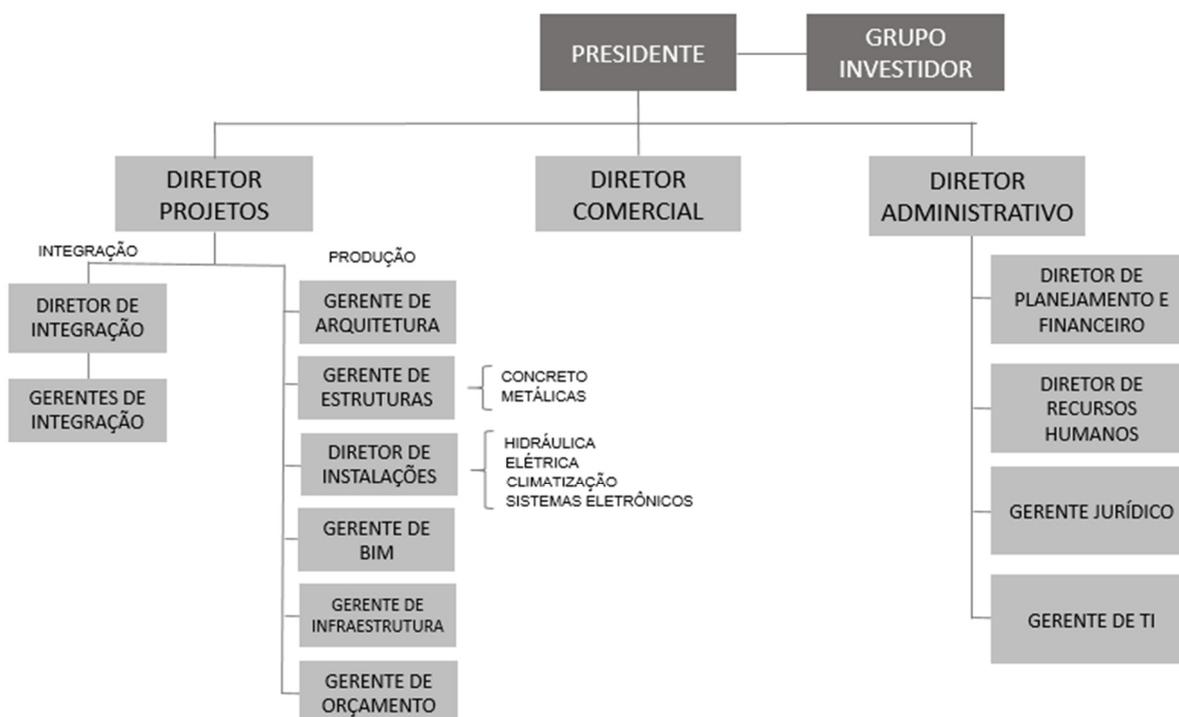
3.1.4 A Empresa Projetista de Engenharia

3.1.4.1 Apresentação da Empresa

A projetista é uma empresa de médio porte presente no Brasil desde 1973, quando iniciou desenvolvendo apenas projetos estruturais para o segmento residencial e que, posteriormente, ampliou sua atuação para outros setores como comercial e industrial além de acrescentar também o desenvolvimento de projetos de outras especialidades tais como arquitetura, instalações hidráulicas e elétricas, climatização, sistemas de automação, segurança e combate a incêndio e infraestrutura. À época do estudo de caso a empresa possuía aproximadamente 270 colaboradores.

A estrutura organizacional é dividida em três grandes setores: Administrativo, Comercial e Projetos (ou Produção de Projetos). A Figura 3.6 abaixo mostra o organograma geral da empresa até o nível gerencial, onde pode-se observar que a estrutura geral básica é funcional.

Figura 3.6 – Organograma da empresa projetista de engenharia



Fonte: A autora

A área de Projetos é subdividida em Integração e Produção de Projetos. A Produção de Projetos é segmentada em subáreas conforme as diversas especialidades desenvolvidas, onde cada uma possui seu próprio gerente da disciplina, que é o responsável técnico do projeto. Neste contexto, pode-se ver que esta área também possui uma estrutura funcional onde cada subárea é especializada em sua disciplina e contando com a presença do gerente funcional.

Já a área de Integração é composta por Gerentes de Integração que respondem ao Diretor de Integração e exerciam diversas funções dentre as quais se destacam: integrar as equipes das diferentes disciplinas que trabalhassem em um mesmo empreendimento, garantir que os projetos fossem compatibilizados e completamente integrados, atender aos clientes e gerir a comunicação e documentação proveniente deles às equipes internas, realizar todo o planejamento de cronograma e recursos para cada novo empreendimento recebido, reportar o planejamento e medições de pagamento de projeto diretamente ao Presidente e à área de Planejamento, além de executar tarefas administrativas como lançar programação de atividades das equipes de produção de projeto no sistema de gestão interno. Pode-se dizer que o Gerente de

Integração se aproxima da função do coordenador do projeto (design) citado no item 2.4.2 deste trabalho.

A intenção de integrar as subáreas de Produção de Projetos por meio da criação da área de Integração sugere uma tentativa da empresa em evoluir da estrutura funcional original para a matricial, porém essa mudança é mais complexa do que a simples alteração do organograma.

3.1.4.2 Fluxo dos Processos Internos

A equipe Comercial era responsável por vender os projetos e negociar os contratos com o apoio da equipe de Planejamento e Financeiro. Uma vez fechado, o novo contrato era distribuído entre os Gerentes de Integração conforme o segmento do empreendimento: residencial, comercial, industrial, público e especiais. A categoria de especiais considerava empreendimentos que demandavam atenção exclusiva pela longevidade do contrato ou complexidade dos projetos.

O Gerente de Integração então assumia o novo empreendimento e detalhava o escopo com o apoio dos Gerentes de Produção de projetos de cada especialidade envolvida. Em seguida, realizava o planejamento do cronograma e recursos em atendimento às necessidades do cliente, a quem atendia diretamente. Essas informações eram reportadas para a área de Planejamento a fim de alinhar expectativas de faturamento conforme a estratégia da empresa. Após validação, era autorizado programar o cronograma planejado para a execução. A Figura 3.7 mostra esse fluxo desde a entrada de um novo contrato na venda pela equipe Comercial até a execução do projeto pela equipe de Produção.

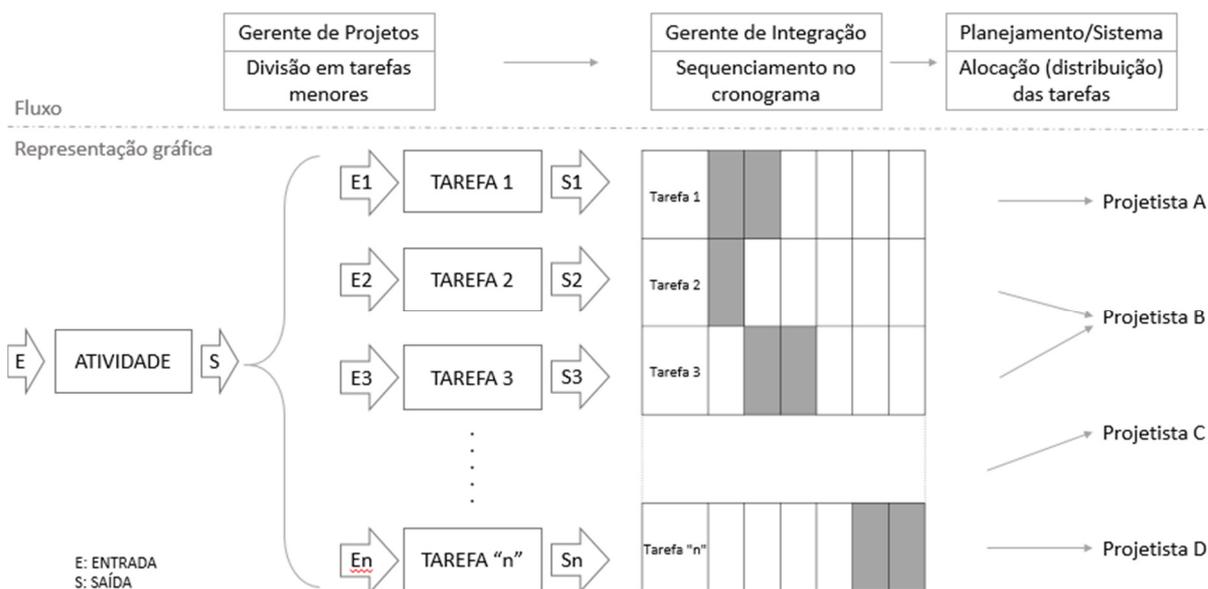
Figura 3.7 – Fluxo de processos internos da empresa projetista



Fonte: A autora

Para isso, a empresa desenvolveu uma plataforma tecnológica para aumentar a produtividade dos projetistas e otimizar o controle do andamento dos projetos, concentrando em um sistema todas as informações necessárias dos serviços a serem realizados. Na fase de planejamento, os Gerentes de Produção de projetos das disciplinas dividiam o escopo geral em tarefas menores e as inseriam no sistema detalhando informações como o escopo, histórico e documentação necessária a utilizar (dados de entrada) com o prazo e entrega a realizar (gerando dados de saída). Toda tarefa possuía uma entrega no final, mesmo que fosse apenas uma informação, até que se cumprisse o escopo total da atividade geral. O cronograma desenvolvido pelo Gerente de Integração era segmentado nessas mesmas tarefas que, organizadas e sequenciadas conforme suas interdependências, eram distribuídas entre os projetistas de tal maneira a sempre otimizar a utilização das equipes, ou seja, tanto evitar que houvesse recurso ocioso como sequenciar tarefas entre as disciplinas sem atropelar etapas. A Figura 3.8 mostra este fluxo com sua representação gráfica.

Figura 3.8 – Divisão e distribuição de tarefas



Fonte: A autora

A distribuição das tarefas entre os projetistas era realizada pela área de Planejamento juntamente com o Gerente de Integração através do sistema. Dessa forma, para acompanhar o andamento do projeto, era possível ver exatamente o escopo que cada projetista deveria cumprir, o prazo disponível, o *status* da tarefa (em dia, atrasado, paralisado, cancelado) além de também analisar a produtividade de cada projetista pois o cumprimento das tarefas era feito via sistema, mediante aprovação do Gerente de Produção da disciplina e do Gerente de Integração. Após a validação, o Gerente de Integração liberava os documentos gerados pelas atividades à área de expedição, responsável por cadastrar arquivos e enviar as plantas dos projetos aos clientes.

O sistema disponibilizava relatórios diários comparando a produtividade das equipes de produção e também dos projetistas dentro cada equipe para estimular a competitividade entre eles. A análise considerava indicadores como entrega das tarefas dentro do prazo, porcentagem de aceite e rejeição das tarefas pelos gerentes de produção e integração, número de dias em atraso das tarefas, etc. Em resumo, a avaliação dos projetistas era realizada em cima da entrega das tarefas, o que gerava certa tensão entre as equipes de projetos.

3.2 O Desenvolvimento do Projeto

A execução do projeto foi dividida em fases, a saber: Levantamento de Necessidades, Estudos Preliminares ou Concepção, Projeto Básico e Projeto Executivo.

A própria Fabricante de veículos já havia executado a etapa inicial de Levantamento de Necessidades, onde realizou estudos de viabilidade técnica e financeira, prospecção de terreno, levantamento planialtimétrico, sondagens, análise investigatória geotécnica e de meio ambiente, análise de riscos, estudos de massa e ocupação do terreno, etc. Ainda, ela avançou para os estudos preliminares de alguns projetos como o arquitetônico e da estação de tratamento de efluentes e também definiu o plano inicial para recebimento dos projetos em BIM e atendimento aos requisitos para obtenção da certificação LEED *Gold* do projeto global.

Com base em toda a documentação gerada na etapa de Levantamento de Necessidades, a Construtora ficou responsável pelo desenvolvimento do projeto das etapas restantes com suas respectivas entregas: Estudos Preliminares, Projeto Básico e Projeto Executivo.

A Fabricante de veículos criou um caderno de encargos para orientar o prosseguimento ao projeto que ela iniciou. Nele vinham diretrizes gerais que indicavam desde os requisitos para subcontratação de terceiros, cronograma geral da implantação do empreendimento, premissas de projeto tais como áreas mínimas para cada edificação e demandas de energia dos processos de fabricação, até definições mais específicas como o acabamento e mobiliários a serem instalados em cada prédio. Além disso, foi exposta a intenção de se obter os projetos em modelagem BIM, a certificação LEED nível *Gold* dos projetos das edificações e a necessidade de todas as entregas serem feitas na língua inglesa.

Dentre as orientações, destacava-se a preocupação com o sistema de combate ao incêndio e a implantação de rigoroso sistema de controle de acesso e segurança tanto perimetral como predial. Estes dois tópicos deveriam atender uma política interna restrita, seguindo o padrão utilizado em suas demais fábricas localizadas em outros países do mundo.

Esse caderno de encargos e suas atualizações deveriam ser repassados aos subcontratados da Construtora, à medida que fossem contratados para auxiliar na construção do empreendimento.

3.2.1 Planejamento Inicial

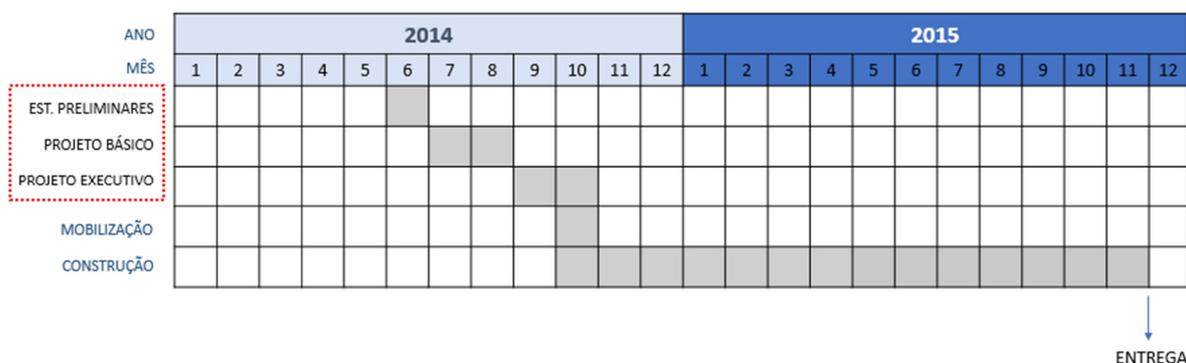
A Construtora contratou inicialmente apenas as empresas Projetistas de Arquitetura e de Infraestrutura para dar início aos estudos preliminares de todas as edificações e da implantação geral do terreno. Dois meses depois, com uma base prévia de projetos foi então promovida a entrada da Projetista de Engenharia no processo.

Antes de iniciar de fato o desenvolvimento dos projetos complementares de engenharia, foram realizadas algumas reuniões entre a Construtora, Projetista de Arquitetura e a de Engenharia, que eram os agentes envolvidos nesta fase, a fim de apresentar o planejamento inicial do processo de projeto, discuti-lo e levantar dúvidas e sugestões para alinhamento da execução dos serviços.

A reunião de *kick-off* do projeto foi realizada em 27/05/2014, onde foram repassados assuntos importantes como os requisitos do caderno de encargos da Fabricante, definição e detalhamento do escopo, cronograma inicial previsto para cada fase de projeto, a dinâmica devida de comunicação entre os agentes envolvidos, o gerenciamento da documentação e os entregáveis com seus respectivos prazos da etapa de Estudos Preliminares a ser iniciada imediatamente.

No cronograma inicial de projetos complementares foi estimado o prazo de 5 meses para a fase de projeto, distribuídos em 1 mês de Estudos Preliminares, 2 meses de Projeto Básico e 2 meses de Projeto Executivo, e mais 12 meses para a execução da obra. A Figura 3.9 mostra o cronograma inicial planejado pela construtora para essas fases.

Figura 3.9 – Cronograma inicial de projetos



Fonte: a autora

Entre as etapas de projetos foi prevista a realização de workshops com a presença de todas as partes envolvidas para análise dos projetos, levantamento de questionamentos e comentários feitos pela Fabricante, considerando, assim, como marcos do avanço de uma fase para a seguinte.

Para a comunicação, foi determinada pela Construtora uma centralização nos gerentes do projeto de cada empresa que fosse subcontratada para que distribuíssem as informações internamente em suas empresas e também fossem os pontos focais de contato com o gerente de projetos da Construtora.

Foi definido também que toda a documentação dos entregáveis de projetos seria realizada utilizando um sistema de armazenamento de dados e transferência de arquivos pela internet. O escolhido neste caso foi o SADP (Sistema de Armazenamento de Projetos), plataforma comum entre construtoras e projetistas e que funciona como um gerenciador de arquivos e pastas.

Sistemas como esse permitem que o gestor, no caso a Construtora, crie uma pasta do empreendimento onde serão cadastrados os arquivos e habilite os usuários que possam ter acesso a ela. O gestor é quem define o nível de permissão de cada usuário variando entre apenas visualização, permissão para baixar arquivos (*download*) e permissão para carregar (*upload*) arquivos para cada pasta existente. O sistema emite notificações por e-mail a todos os cadastrados no empreendimento a cada ação executada por qualquer outro usuário habilitado, fazendo assim a rastreabilidade de seu uso. O gerente de projetos da Construtora ficou como responsável de administrar o sistema.

3.2.2 Estudos Preliminares

A etapa de Estudos Preliminares ou Concepção de Projetos foi iniciada logo após a reunião de *kick-off* realizada em 27/05/2014, com a utilização dos projetos de arquitetura e terraplenagem como base para todos os demais. O desenvolvimento dos projetos de engenharia deveria prever a passagem de redes de infraestrutura na implantação geral, como redes de saneamento e cabeamento de elétrica, por exemplo.

Para este começo, a Projetista de Arquitetura havia utilizado uma base do estudo inicial do galpão principal desenvolvido pela própria Fabricante pois foi quem havia definido as dimensões e o *layout* final dos processos de fabricação de veículos que iriam no interior do mesmo.

Os projetos de infraestrutura da planta deveriam ser planejados para atender a operação total somando as duas fases da fábrica, ainda que a 2ª fase pudesse ser adiada ou mesmo suspensa a critério do cliente final.

Nesta fase do projeto, a empresa Projetista de Engenharia havia sido acionada para desenvolver os seguintes projetos: estruturas metálicas, fundações, estruturas de concreto, climatização, instalações elétricas e hidráulicas bem como as redes de infraestrutura externa de todas instalações.

Diante do volume de material recebido, a execução desta etapa requereu algumas reuniões e atividades para entendimento e levantamento de requisitos de projeto. Foi verificado que em muitas disciplinas, especialmente as de instalações hidráulicas e elétricas, premissas importantes não haviam sido informadas tais como pontos de utilização, previsão de consumo do denominado projeto de utilidades (gás, ar comprimido, água gelada) referentes aos processos de fabricação de automóveis e informação sobre a ocupação por turno de cada edificação para cálculo de demandas das instalações.

Ao aproximar do prazo final de entrega, tendo em vista agilizar a execução da obra mais adiante, a Construtora decidiu contratar uma empresa que fornecia tanto o projeto como realizava a fabricação e montagem das estruturas metálicas e da cobertura de todas as edificações, retirando este escopo da Projetista de Engenharia.

Portanto, uma vez excluídas as estruturas metálicas de seu escopo e com objetivo de não perder esta parte considerável no contrato, a empresa Projetista de Engenharia apresentou intenção de negociar a trocar desse item por outra entrega que ela pudesse realizar. Esta ação resultou em um acordo entre as partes que definiu que a entrega do Projeto Executivo seria realizada em BIM, pois a Projetista de Engenharia alegara já ter feito outros projetos dessa forma e a Construtora, por outro lado, precisava atender este requisito de entrega em BIM exigido pela Fabricante. Foi acertada a troca em comum acordo, portanto, do projeto de estruturas metálicas pela entrega de todos os demais projetos em modelos BIM na etapa de Executivo, inclusive das estruturas metálicas que seriam modeladas com base nos projetos dessa nova empresa contratada. A negociação foi realizada apressadamente em função do prazo curto para desenvolver os projetos e não especificava exatamente os requisitos mínimos que os modelos deveriam possuir. Esta alteração causou muitos impactos no processo de projeto que serão descritos mais à frente.

O projeto de fundações e estruturas de concreto permaneceram no escopo da Projetista de Engenharia e os projetos de estruturas metálicas, agora com outra empresa, deveriam passar por sua validação e aprovação. O gerente de projetos da Construtora solicitou que os projetos de fundações e de estruturas de concreto fossem mais detalhados que somente a concepção das soluções, praticamente como um projeto básico, devendo fornecer informações mais específicas como diâmetros e comprimentos das estacas, previsão de consumo de armaduras, seções dos pilares e formas de blocos para adiantar o processo de concorrência e contratação da execução e compra de insumos.

Devido ao curto prazo entre as fases de Projeto e Obra, a Construtora necessitava planejar a execução da obra antecipadamente mesmo que com pouca informação sólida de projeto. Por isso, solicitou que uma das saídas desta etapa, fosse informação referente à demanda de equipamentos para também agilizar o processo de concorrência para aquisição dos mesmos. Portanto, as equipes das disciplinas de instalações da Projetista de Engenharia deveriam realizar um pré-dimensionamento de todos equipamentos que houvessem em seus projetos. Entretanto, havia as dificuldades citadas anteriormente quanto à falta de informações e premissas básicas de projeto que impediam os projetistas de ter uma base segura para prever questões relacionadas a dimensionamento.

Este problema foi comunicado à Construtora que, por sua vez, repassou ao Cliente final. Não obtendo retorno em tempo hábil, a orientação da Construtora foi gerar um documento compilando todas as informações faltantes e dúvidas em relação a premissas e definições arbitrárias com base em experiência que tiveram de ser adotadas pelos projetistas para que fosse possível a conclusão das concepções dos projetos, a fim de submeter à aprovação da Fabricante de automóveis. Por isso, as concepções dos projetos complementares que estavam previstas para serem entregues inicialmente no dia 20/06/2014 foram entregues somente em 04/07/2014, quase duas semanas mais tarde.

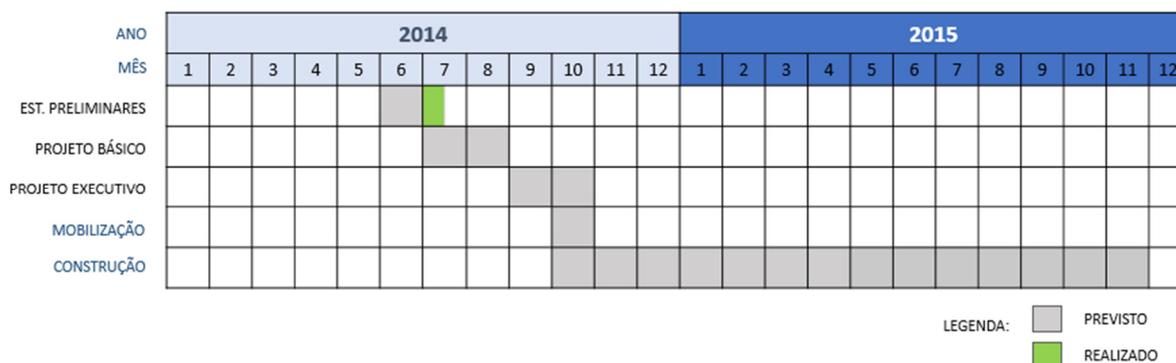
Os principais entregáveis das instalações elétricas, hidráulicas e de climatização foram: concepção do projeto, concepção das redes externas de infraestrutura da implantação geral, fluxograma de processos de hidráulica e elétrica indicando a previsão e pré-dimensionamento de equipamentos e reservatórios, requisitos mínimos de dimensionamento de salas técnicas e casa de máquinas, memorial descritivo e de cálculo e a lista de dúvidas e premissas adotadas (*query list*) para esta etapa.

Toda documentação gerada pela etapa de Estudos Preliminares foi submetida para análise da Fabricante de veículos e, uma vez aprovada, dar-se-ia o início da próxima etapa, o Projeto Básico.

3.2.2.1 Validação dos Estudos Preliminares

Como previsto, foi marcado um *workshop*, com a presença obrigatória de todos os agentes envolvidos dessa etapa, a fim de apresentar os conceitos dos projetos entregues nos Estudos Preliminares e receber as análises e comentários da Fabricante. Esse workshop aconteceu em 15/07/2014, porém a Fabricante não aprovou formalmente a entrega mas ficou por fazê-la posteriormente. A figura 3.10 mostra o cronograma atualizado com a realização da etapa de Estudos Preliminares em relação ao previsto inicialmente.

Figura 3.10 – Cronograma previsto x realizado da etapa de estudos preliminares



Fonte: A autora

Enquanto se esperava esse retorno por parte da Fabricante, a Construtora permaneceu gerindo a implantação do empreendimento, ocupando-se com outras atividades para viabilizar o início da obra. A Projetista de Engenharia, por sua vez, não foi acionada pela Construtora nem para avançar para a próxima etapa de projeto nem para realizar estudos adicionais e ficou sem receber novidades a respeito do empreendimento, o que o fez entrar em estado de espera (*stand-by*) internamente.

Após um período e em face à ausência de retorno da Fabricante, a Construtora decidiu avançar o desenvolvimento do projeto pressionando-a por uma resposta pois o atendimento ao cronograma geral do empreendimento ficava comprometido ao passo que o prazo final de entrega da obra não se alterava. Assim, no final de setembro de 2014, dois meses após o *workshop*, a Construtora acionou a Projetista de Engenharia para retomar o andamento do projeto, levantando novamente a lista de dúvidas e pendências a serem respondidas pela Fabricante.

Antes de iniciar a etapa de Projeto Básico, a Construtora convocou reuniões com os Projetistas de Arquitetura e de Engenharia não apenas para recobrar o histórico e alinhar o escopo da entrega, mas também para apresentar outros subcontratados que entraram no processo nesse íterim e que poderiam auxiliar no desenvolvimento dos projetos. Assim, a Projetista de Engenharia realizou reuniões com a Construtora e sua Consultoria técnica de projetos para retomar o avanço do projeto, com a Consultoria de LEED para apresentação dos requisitos a serem atendidos para a certificação nível Gold, com a Consultoria de BIM para previsão da modelagem a ser realizada na fase

de Executivo e com as principais Instaladoras contratadas (de elétrica, hidráulica, climatização e sistemas eletrônicos) para alinhamento das soluções conforme disponibilidade de fabricação de cada uma.

A Construtora decidiu enviar seu próprio gerente de projetos à sede da Fabricante no exterior para entregar em mãos os Estudos Preliminares, porém desta vez expondo mais claramente a falta de informações nas próprias plantas do projeto e também para cobrar a aprovação das premissas que os projetistas tiveram de adotar para conseguir apresentar soluções.

A Construtora inseriu no processo um coordenador de projetos para estar o tempo todo (*full time*) dedicado apenas a este empreendimento pois até então o gerente de projetos e coordenador responsáveis possuíam uma carteira de outros empreendimentos que os impediam de focar no desembaraçar dos problemas deste. Este coordenador seria o equivalente ao mostrado no item 2.4.2 da revisão bibliográfica, responsável em focar na integração dos projetos e seus agentes participantes inclusive na interface com a execução de obra, porém, neste caso, além do processo de projeto, ele também estava envolvido na gestão do projeto como empreendimento pois cuidava do andamento de todo seu ciclo de vida com o objetivo de entregar a obra ao cliente final no prazo previsto. Semelhantemente, as projetistas de Arquitetura e Engenharia também decidiram alocar um coordenador de projetos dedicado exclusivamente ao atendimento do empreendimento em estudo.

A Construtora convocou uma reunião com a Consultoria representante da Fabricante, o *Shadow Design*, para expor a situação e também verificar se eles possuíam alguma instrução que não havia sido repassada a fim de destravar o andamento dos projetos. Assim, em 14/10/2014 a reunião aconteceu juntamente com as projetistas de Arquitetura e Engenharia e foi acordado que todos colaborariam para pressionar por um retorno da Fabricante.

Em 15/10/2014, 3 meses após a entrega da etapa anterior, a Fabricante de veículos enviou seu gerente de projetos ao Brasil para finalmente validar as soluções dos Estudos Preliminares, sanar as dúvidas e autorizar o avanço para a etapa de Projeto Básico. Na ocasião, foi informado que a delonga na resposta se deveu a alterações nos processos de fabricação dos veículos que conseqüentemente impactariam em mudanças nos layouts de algumas edificações, bem como nas demandas de energia

e das outras instalações, o que impactaria nos projetos. A previsão para chegada das novas informações ficou para 05/11/2014. Assim, todos os envolvidos deveriam se reorganizar para atender o novo cronograma, já muito atrasado em relação ao planejado inicialmente apesar da data final de entrega da construção não ter sido alterada pela Fabricante.

3.2.3 Projetos de Estruturas e Fundações

Este item é dedicado apenas aos projetos de estruturas metálicas e fundações pois seu desenvolvimento seguiu um ritmo distinto do restante dos projetos, não realizando a etapa de projeto básico.

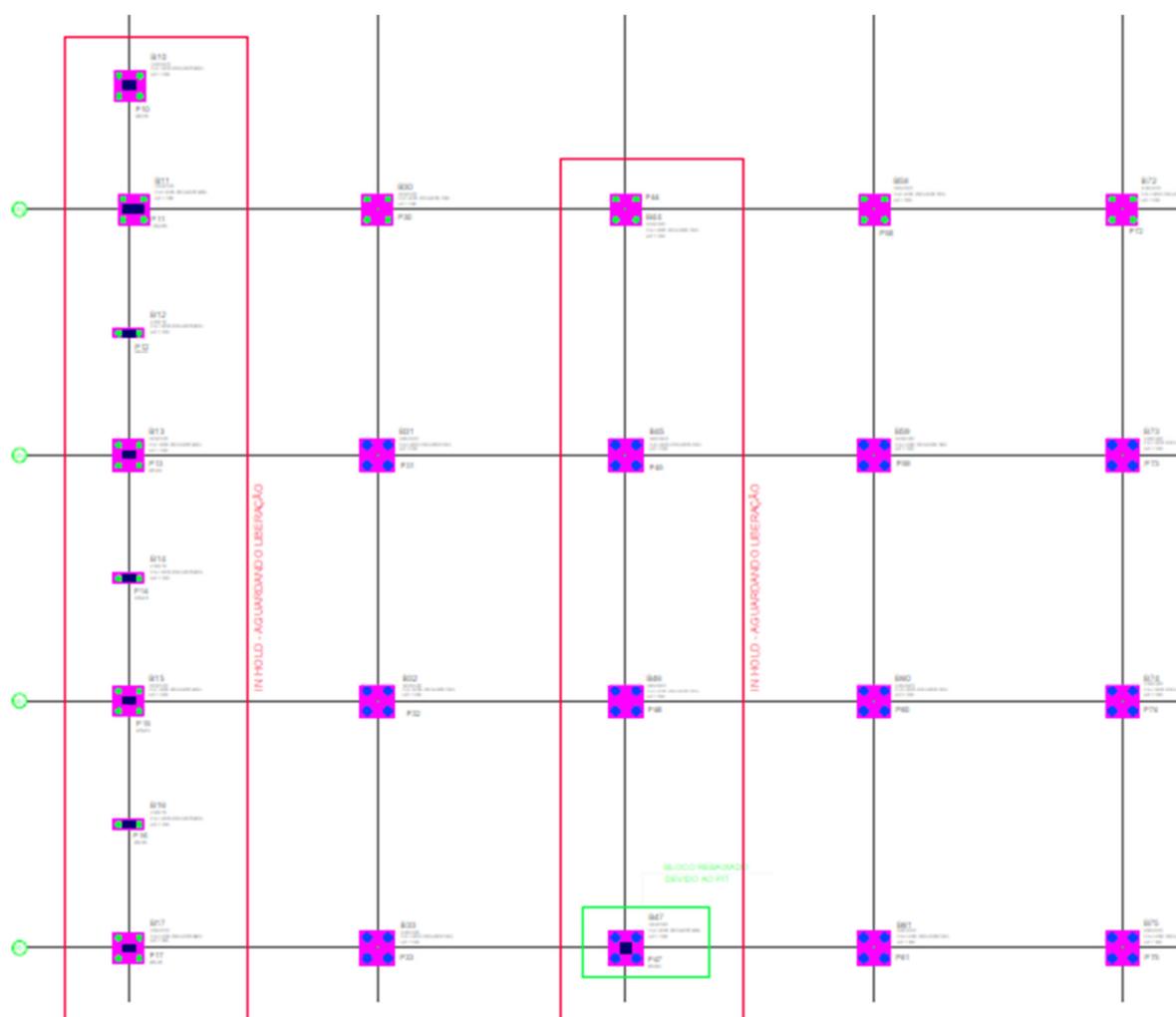
Apesar do atraso no desenvolvimento dos projetos até este ponto, o cronograma geral da obra permaneceu o mesmo. Dessa forma, a Construtora mobilizou o início da obra em outubro de 2014, como previsto, mesmo com o desenvolvimento dos projetos de engenharia ainda em etapa de Estudos Preliminares. A execução da obra foi planejada por prioridade na entrega das edificações da implantação geral (*site*), onde decidiu-se que todas as disciplinas de projetos deveriam priorizar o galpão principal, mais complexo, e em seguida a infraestrutura externa, deixando as edificações menores para desenvolver posteriormente.

A Construtora acionou as projetistas de Estruturas Metálicas e a de Engenharia para desenvolvimento e entrega dos projetos executivos de estruturas metálicas e fundações do galpão. O gerente de projetos da Construtora solicitou que ambos os projetos fossem diretamente para a fase de executivo devido ao avanço da obra, porém com a nova informação trazida pelo representante da Fabricante de veículos de que os processos de fabricação estavam sendo modificados, houve consenso de que era prudente esperar a chegada de tais informações previstas para 05/11/2014.

Nesse meio tempo, a Projetista de Arquitetura, de Estruturas Metálicas e de Engenharia trabalharam para adiantar no sentido de prever a locação dos pilares, vão máximo entre eles, eixos de obra do galpão, limites entre os projetos para facilitar a compatibilização, quantidade de estacas para cada bloco, etc., com o projeto que tinham disponível no momento para que assim que chegasse a nova revisão, apenas houvessem modificações referente a cargas.

Ao receber a revisão, no início de novembro, a obra já estava com a terraplenagem avançada e em breve deveria iniciar a execução de estacas e blocos. Para desenvolvimento desses projetos, era necessária a revisão do projeto de arquitetura primeiro e em seguida das estruturas metálicas. Quando a Projetista de Engenharia foi acionada novamente, foi informado que apenas os pilares internos de metade do galpão estavam liberados e que as liberações dos periféricos e da outra metade do galpão seriam feitas por etapas. Para não atrasar a execução da obra, a solução proposta pela Construtora foi que os projetos de estruturas metálicas e fundações deveriam ser emitidos parcialmente a cada liberação de grupo de pilares, explicitando na própria planta por meio de nuvens de revisão as partes não liberadas. A Figura 3.11 mostra um exemplo de parte de uma planta de marcação de blocos onde há pilares pendentes de liberação (*“in hold”*) destacados em nuvens de revisão vermelhas.

Figura 3.11 – Exemplo de liberação parcial do projeto de fundações



Fonte: Dados de pesquisa

A proposta de emitir parcialmente projetos executivos diretamente para execução de obra não permitia revisões nos projetos ou mesmo tempo para avaliar otimizações. A cada revisão de cargas emitida pela Projetista de Metálicas, a Projetista de Engenharia desenvolvia o projeto das estacas e blocos logo em seguida para enviar para a Construtora repassar para a execução da obra.

Outro problema detectado foi na dinâmica de liberação de pilares por etapas vindo da própria Fabricante de veículos, que ainda estava modificando os processos de fabricação que seriam implementados no galpão. Por ser uma estrutura única, mesmo que fossem liberados alguns eixos de pilares, a cada nova liberação os pilares já liberados também eram impactados. Às vezes o impacto era insignificante, mas em uma das revisões, pilares já liberados tiveram seus eixos rotacionados, alterando completamente as cargas e posições das estacas e blocos. As plantas de revisões

das estruturas metálicas também não descreviam exatamente o que havia sido alterado, dificultando a revisão das fundações. Poderiam ser nas cargas, na posição dos pilares, liberados ou não. A Projetista de Engenharia então resolveu que iria revisar todos os pilares do galpão, mesmo os já liberados, a cada revisão das metálicas a fim de não entregar para a obra alguma parte desatualizada. O trabalho previsto pela Projetista de Engenharia aumentou consideravelmente pois era como se fosse um novo projeto a cada revisão de metálicas. O projeto executivo de estruturas metálicas do galpão principal teve 13 revisões no total.

Soma-se a isso a dificuldade de inserir com urgência o desenvolvimento do projeto no fluxo interno da empresa para atender com agilidade que o empreendimento exigia. A cada revisão, o gerente de integração deveria buscar no SADP todas as plantas, inseri-las no sistema da empresa, dividir o escopo em pequenas tarefas juntamente com o gerente de produção de estruturas, que deveria criar as tarefas no sistema e solicitar inserção emergencial na programação geral da empresa para a equipe de planejamento, o que gerava conflito interno com outros empreendimentos já programados com antecedência. Só após todo esse processo de preparação para desenvolvimento que o projeto era de fato produzido.

Antes da informação das liberações parciais dos pilares, o cronograma revisado pela Construtora previa uma entrega única do projeto executivo das fundações do galpão principal para 22/12/2014, porém devido aos percalços encontrados durante o desenvolvimento, a última entrega parcial foi realizada somente em 10/02/2015.

Os projetos de estruturas metálicas dos demais prédios também foram liberadas com atraso pela Fabricante de veículos para execução dos projetos de fundações e estruturas e alguns tiveram arquitetura completamente modificada. O último prédio foi entregue em 23/04/2015, e havia sido previsto inicialmente para 16/01/2015, mais de 3 meses antes.

Como esses projetos já estavam na etapa de Executivo, a modelagem em BIM era solicitada logo em seguida de cada entrega conforme combinado no acordo entre as partes.

3.2.3.1 Entrega em BIM

No dia 13/11/2014, a consultoria BIM emitiu a primeira versão de um relatório denominado Plano de Execução BIM (*BIM Execution Plan*) o qual fornecia diretrizes e padrões para a entrega em BIM de todos os agentes envolvidos. Apesar do empreendimento se encontrar na etapa de Projeto Básico, as disciplinas de arquitetura, fundações e estruturas metálicas estavam mais avançadas e, em função disso, o gerente BIM da consultoria havia solicitado a entrega de modelos dessas especialidades para realizar a auditoria.

Este documento revelou-se importante por trazer orientações sobre a coordenação do projeto em BIM (diferente da coordenação de projetos geral que estava sendo realizada) e também diretrizes mais específicas para a própria modelagem. São citados os principais itens indicados no Plano de Execução BIM:

- Coordenação do projeto em BIM: agentes envolvidos, objetivos, fases do projeto, expectativa das entregas, etc;
- Fluxograma de processos;
- Nível de desenvolvimento: detalhado diferentemente para cada disciplina e muitas vezes entre os elementos de uma mesma disciplina conforme o uso previsto dos modelos;
- Objetivo de uso dos modelos: 3D para compatibilização, 4D para estimativa de cronograma de obras, 5D para estimativa de quantitativos e custos, análises de desempenho, preparação para integração futura com dados da operação do *facilities management*. Para cada função, deveria ser inserido um atributo diferente no elemento modelado.
- Padrão de nomenclatura e criação de famílias: preenchimento de parâmetros e atributos;
- Requisitos para funcionamento do modelo de coordenação que seria utilizado para análises e verificação de compatibilização (*clash detections*);
- Estratégia de auditorias de qualidade dos modelos: critérios e itens a serem avaliados.

Desde o início dos Estudos Preliminares, a Projetista de Arquitetura projetava em BIM, extraíndo as plantas 2D de seus modelos, tendo apenas que adequar a padronização exigida segundo o *BIM Execution Plan*. Para a Projetista de Engenharia, no entanto, as novas exigências apresentadas indicaram um cenário muito diferente do esperado quanto ao planejamento inicial das entregas em BIM.

A Projetista de Engenharia possuía um setor denominado Modelagem em BIM que era liderado pelo gerente de projetos BIM cuja formação era em tecnologia da informação com experiência em modelagem de projetos na construção civil. A experiência anterior da Projetista em modelagem BIM era muito mais próxima de transformar as plantas 2D de projetos em maquetes tridimensionais (fase 1 de implementação do BIM citado no item 2.6.4 da revisão bibliográfica) do que a forma estruturada apresentada como um processo de projeto com fluxo e coordenação próprios, padronização, requisitos e outras informações que iam além do campo de conhecimento da empresa. Os analistas BIM não eram projetistas, mas sim modeladores que repassavam projetos 2D para o 3D, equivalente a desenhistas que repassam os projetos feitos à mão para o *software* de desenho.

Após cada entrega das plantas dos projetos de fundações pela Projetista de Engenharia, a Consultoria BIM da Construtora por meio de seu gerente BIM (o *BIM manager*), solicitava a entrega da modelagem correspondente pois foi o acordado na troca do escopo de estruturas metálicas pelos projetos executivos em BIM lá atrás. O gerente BIM solicitou entregar primeiro o modelo das fundações por serem mais simples para que auditasse o atendimento aos requisitos de informação e detalhamento solicitados em reuniões anteriores e documentos avulsos.

Em uma reunião realizada em 17/12/2014, foram apontadas pelo gerente BIM da consultoria diversas falhas nos modelos de fundações tais como locação incorreta de coordenadas, nomenclaturas, nível de detalhamento e parametrização de elementos. Até então, o gerenciamento de tudo relacionado a BIM na Projetista de Engenharia era realizado pelo gerente de projetos BIM e não pelo gerente de integração devido à falta de experiência no assunto deste último. Nesta reunião, contudo, foi percebido pelo gerente de integração que a entrega esperada pela Construtora e sua Consultoria BIM não condizia com os modelos usuais aos quais a Projetista estava habituada a entregar, e que sua modelagem estava distante de atender os requisitos exigidos pelo

Plano de Execução BIM, documento emitido há mais de um mês e que não estava sendo considerado pelo gerente de projetos BIM da Projetista de Engenharia.

Ao analisar os modelos dos projetos de fundações sob a ótica do Plano de Execução BIM, ficou mais claro para a Projetista de Engenharia a insatisfação da Consultoria BIM e da Construtora quanto às entregas dos modelos BIM.

Diante disso, a Projetista de Engenharia decidiu adicionar ao quadro de funcionários da empresa um consultor experiente em BIM como processo de projeto a fim de liderar a implementação correta no setor existente pois estava sendo negociados outros contratos com esse formato de entrega. Foi contratado então um consultor BIM, para que assim como a consultoria da Construtora, a Projetista também tivesse seu representante especialista de fato no assunto. Este novo gerente de BIM, seria responsável não somente ao atendimento exclusivo para este empreendimento, mas também deveria liderar a implementação no departamento de modelagem BIM da empresa conforme necessidades exigidas de cada cliente.

Após algumas reuniões de feedback e mesmo tendo sido esclarecido os requisitos para entrega, os modelos continuavam sendo avaliados como insatisfatório, muito pelo fato de não haver conhecimento por parte da empresa e dos modeladores, para os quais tudo era novidade, pois apenas o gerente BIM contratado conhecia mais a fundo o assunto. Ainda que esforçasse, se a forma de desenvolver os projetos não mudasse, dificilmente os modelos gerados atenderiam o esperado pois continuavam sendo modelados em 3D pela equipe BIM após projetados em 2D pelos projetistas.

3.2.4 Projeto Básico

A etapa de projeto básico foi retomada em 05/11/2014 com a chegada das revisões dos layouts das edificações maiores feitas pela Fabricante de veículos. Foram 5 de 10 edificações que sofreram alterações: galpão principal, escritório da administração, prédio de operações de segurança e emergência, galpão de manutenção e o centro de produtos e distribuição.

Tamanho alteração não era esperada pela Construtora, principalmente por ter que revisar todos os projetos desde a arquitetura. Dessa forma, foi solicitado que, no tocante à necessidade de equipamentos, a Projetista de Engenharia emitisse

diretamente uma lista de equipamentos considerando como a etapa de projeto executivo a fim de liberar a aquisição dos mesmos. Esta solicitação não foi bem aceita nem pela Projetista de Engenharia nem pelas Instaladoras já contratadas por representar um risco alto diante da possibilidade de ainda haver futuras alterações de projeto, porém a Construtora decidiu assumir a responsabilidade e seguir em frente com esta decisão.

A maioria das informações faltantes na etapa de Estudos Preliminares continuaram sem respostas nesta fase e a estratégia utilizada pela Construtora foi semelhante à utilizada para os projetos de fundações: emitir os projetos com nuvens de revisão, porém expondo claramente a informação faltante por parte da Fabricante e a premissa utilizada pelos projetistas para suprir a respectiva falta.

Outro agravante foi que praticamente todos os gerentes de produção de projetos das equipes especialistas da Projetista de Engenharia haviam sido trocados, ou seja, não eram os mesmos da época de Estudos Preliminares. Apenas o gerente de instalações elétricas permanecia o mesmo enquanto os demais não conheciam o histórico do empreendimento nem a dinâmica de desenvolvimento do projeto, diferente de um projeto usual na empresa. O gerente de integração, que realizava o atendimento ao cliente, e neste empreendimento era o gerente de projetos representante da Projetista, também foi substituído.

Ainda na empresa Projetista de Engenharia, o processo de desenvolver projetos por meio de distribuição de pequenas tarefas com o fim de evitar ociosidade de recursos humanos, não garantia a preservação de uma equipe única do projeto. Projetistas que não haviam trabalhado anteriormente nesse empreendimento recebiam uma tarefa para desenvolver o projeto sem histórico e conhecimento prévio algum do que fora planejado nos Estudos Preliminares. Além disso, como as tarefas continham prazos curtos e pré-determinados para serem realizados através do sistema interno da empresa, os projetistas não possuíam tempo hábil para entender e desenvolver o escopo proposto pois seriam prejudicados em sua avaliação de desempenho individual por atraso na entrega caso utilizassem o tempo disponível para uma melhor investigação do caso. O processo interno de distribuição de tarefas levou a um rodízio muito grande do empreendimento entre os projetistas, prejudicando a fluidez no

desenvolvimento dos projetos e conseqüentemente impactando no prazo e qualidade dos mesmos.

Nesta fase, é importante mencionar também sobre o desenvolvimento do projeto do sistema de combate ao incêndio, onde a Projetista de Engenharia encontrou muita dificuldade em adotar premissas pois haviam três agentes envolvidos com poder de influenciar diretamente nos projetos e cujas orientações não eram congruentes: Bombeiros, Seguradora e a própria Fabricante de veículos. Alguns dos problemas são elencados a seguir:

- O projeto legal protocolado para aprovação na época da etapa de Estudos Preliminares contemplava revisões desatualizadas das edificações;

- Impasse entre a Fabricante de veículos e a Seguradora sobre os locais do galpão principal que deveriam ter paredes corta-fogo e sobre a classificação de riscos dos ambientes, impactando no projeto de combate ao incêndio como um todo;

- Alguns dos requisitos exigidos no caderno de encargos da Fabricante de veículos ou não eram comuns no Brasil ou encareciam demais o projeto, inviabilizando a solução;

- Indefinição da Fabricante de contratar a Construtora para executar o sistema total pois até então os projetos contemplavam apenas a proteção contra incêndio das estruturas edificadas excluindo-se a proteção do conteúdo a ser armazenado futuramente nos estoques.

Esta disciplina era de tal importância para a Fabricante que ela enviou seu representante global de segurança contra incêndio ao Brasil para verificar de perto o atendimento às normas internas da empresa bem como entender e avaliar o desenvolvimento do projeto e as dificuldades encontradas.

Em função disso, a Construtora solicitou estudos simulando as mais diversas situações tais como inserir sprinklers entre as prateleiras da estocagem (*in-rack*), considerar um sistema apenas com hidrantes, opções alterando-se o tipo de bico dos sprinklers, etc. Estes estudos não foram previstos no planejamento, o que gerou atraso na entrega do projeto.

Como citado anteriormente, a Fabricante de veículos a esta altura ainda modificava os *layouts* dos ambientes acarretando em alterações de arquitetura e conseqüentemente em todas as demais disciplinas. A Construtora repassava informações de alterações e plantas modificadas por *email*, ao invés de utilizar o sistema de gerenciamento oficial (SADP) definido previamente, e por muitas vezes paralisava o desenvolvimento do projeto sem previsão de retorno ou para que recomeçasse considerando uma nova revisão. A dinâmica de desenvolvimento de projetos da Projetista de Engenharia, todavia, não permitia uma mudança rápida pois antes da execução se exigia um planejamento minucioso para que houvesse a divisão do escopo em pequenas tarefas interligadas de tal forma que a realização dos projetos de todas as disciplinas acontecesse seguindo o fluxo de uma só vez, conforme as interdependências que haviam entre elas. Se uma disciplina paralisasse, todas as outras automaticamente paralisariam e outro empreendimento interno da empresa ocupava a prioridade da execução.

Os estudos realizados não previstos, a demora no retorno das premissas por parte da Fabricante, as entregas em BIM consideradas insatisfatórias pela Construtora somados às alterações de arquitetura que paralisavam os projetos causaram um grande desgaste na relação entre a Construtora e a Projetista de Engenharia, principalmente no que se referia a medições para pagamento. A relação entre os coordenadores de projeto de ambas as empresas dedicados em tempo integral, contudo, permanecia boa devido ao mesmo objetivo de concluir a entrega do projeto.

No entanto, não raras vezes o coordenador de projetos da Construtora não conseguia presenciar reuniões entre a Projetista de Engenharia e consultorias ou outras projetistas, sendo que sua participação era essencial devido à necessidade de haver alguma decisão de sua parte. Isso acontecia, pois, como dito antes, ele era responsável não apenas pelo processo de projeto, mas pela gestão do empreendimento. Em determinado momento, o coordenador era exigido estar em contato para atender a Fabricante, e em outros estar na própria obra, porém o ritmo do projeto demandava celeridade na tomada de decisões para alcançar as soluções e desenrolar os projetos.

Dessa deterioração na relação surgiu novo acordo para antecipar a entrega de todos os projetos em BIM já na etapa do Projeto Básico logo após a entrega das plantas

convencionais em 2D que estavam sendo desenvolvidas. Anteriormente, esta entrega seria apenas na etapa de Projeto Executivo e o acordo também não havia sido formalizado em contrato, mas apenas firmado verbalmente e por *email*. As plantas do Projeto Básico que estavam previstas para serem entregues em 19/12/2014, foram entregues apenas em 26/01/2015.

3.2.4.1 A Formação da Equipe de Projetistas BIM

Diante da antecipação da entrega em BIM exigida pela Construtora e com vistas de que a próxima etapa seria desenvolvida integralmente por modelos, o diretor de integração da Projetista de Engenharia juntamente com o novo gerente BIM contratado decidiram alterar a forma de desenvolver o projeto deste empreendimento em específico.

A estratégia foi formar uma equipe fixa com os próprios projetistas de cada disciplina dedicados exclusivamente ao projeto da fábrica e os mesmos desenvolveriam os modelos em BIM ao invés de repassar aos modeladores no finalizar das plantas dos projetos. Para isso, foi mobilizada a montagem de um curso intensivo com aulas ministradas ao final do expediente pelo antigo gerente BIM, que era especialista na tecnologia e não no processo de projeto, a fim de que a equipe aprendesse princípios básicos de modelagem com enfoque no Plano de Execução BIM da Construtora. O curso foi ministrado por 2 semanas até que se iniciou o desenvolvimento do Projeto Básico em BIM em 29/01/15.

Os colaboradores da equipe BIM original, além de modelarem outros empreendimentos, foram promovidos a facilitadores para auxílio da nova equipe do empreendimento no tocante à utilização da ferramenta. Os projetistas foram dispostos fisicamente mais próximos uns dos outros a fim de contribuir na identificação de interferências e buscar soluções conjuntas mais rapidamente. O gerente de integração acumulou a função de gerente BIM representante da Projetista, tendo que coordenar o processo de projeto comum e também do BIM.

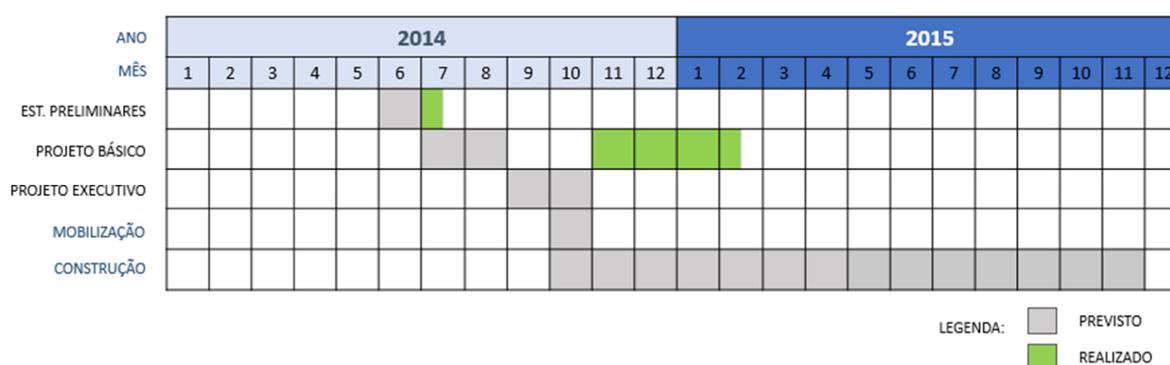
Devido ao grande atraso no cronograma da obra, já com 5 meses de diferença em relação ao planejado, a Construtora dispensou que fossem entregues os modelos atendendo todos os requisitos exigidos no Plano de Execução BIM para que não

houvesse maior impacto no prazo e em razão também desta entrega ter sido consequência de um desentendimento com a Projetista de Engenharia.

Com isso, a nova equipe de projetistas BIM utilizou esta etapa como treinamento para a próxima fase. Ainda que os modelos contivessem faltas em relação aos requisitos exigidos, a consultoria BIM entendeu também que era uma oportunidade para finalmente iniciar suas análises no modelo de coordenação, realizar auditorias e detecção de interferências, pois até então não havia modelagem alguma das disciplinas de engenharia, especialmente das instalações.

Os últimos modelos do Projeto Básico foram entregues em 19/02/15. A figura 3.12 mostra o cronograma de projetos realizado em relação ao planejado após esta entrega.

Figura 3.12 – Cronograma previsto x realizado da etapa de projeto básico



Fonte: A autora

3.2.5 Projeto Executivo

A Construtora decidiu que para a etapa de projeto executivo, a última antes dos projetos serem encaminhados à execução da obra, não aceitaria mais mudanças de arquitetura por parte da Fabricante de veículos e nem esperaria a realização do workshop de validação do projeto básico com representantes da mesma. Assim, os projetos executivos de engenharia iniciaram em 12/02/2015, quando a Projetista de Arquitetura finalizou sua entrega garantindo que qualquer alteração futura não impactaria no andamento dos projetos da Projetista de Engenharia pois seriam apenas detalhes específicos de arquitetura.

Conforme esperado, na Projetista de Engenharia, a recém promovida equipe de projetistas BIM encontrou bastante dificuldade no início dos trabalhos, principalmente em relação à criação de famílias paramétricas, pois grande parte da biblioteca disponível de trabalhos anteriores tornou-se inútil devido aos requisitos específicos exigidos pelo Plano de Execução BIM do projeto. Por este motivo, alguns dos antigos modeladores foram alocados para criar todas as famílias necessárias, especialmente de equipamentos de grande porte que necessitavam de maior detalhamento. Em determinado momento, houve atuação simultânea de todos da nova equipe BIM que somados aos modeladores de apoio resultaram em 20 funcionários trabalhando exclusivamente para este empreendimento, uma alocação de recursos recorde na empresa e não prevista na venda do projeto.

Um dos objetivos que a diretoria havia traçado para o processo de projeto com uma equipe fixa era a colaboração em tempo real dos projetistas, trabalhando em um mesmo modelo único e verificando as interferências de todas as disciplinas juntas com a finalidade de antecipar a compatibilização dos projetos. Porém, na prática, isso não era o ocorrido pois foi identificado um erro no uso simultâneo de um mesmo arquivo base que deixava o sistema todo mais lento e fazia com que o acesso dos projetistas fosse livre de restrições, podendo alterar o projeto de outra disciplina que não a sua sem que houvesse rastreabilidade alguma de modificações.

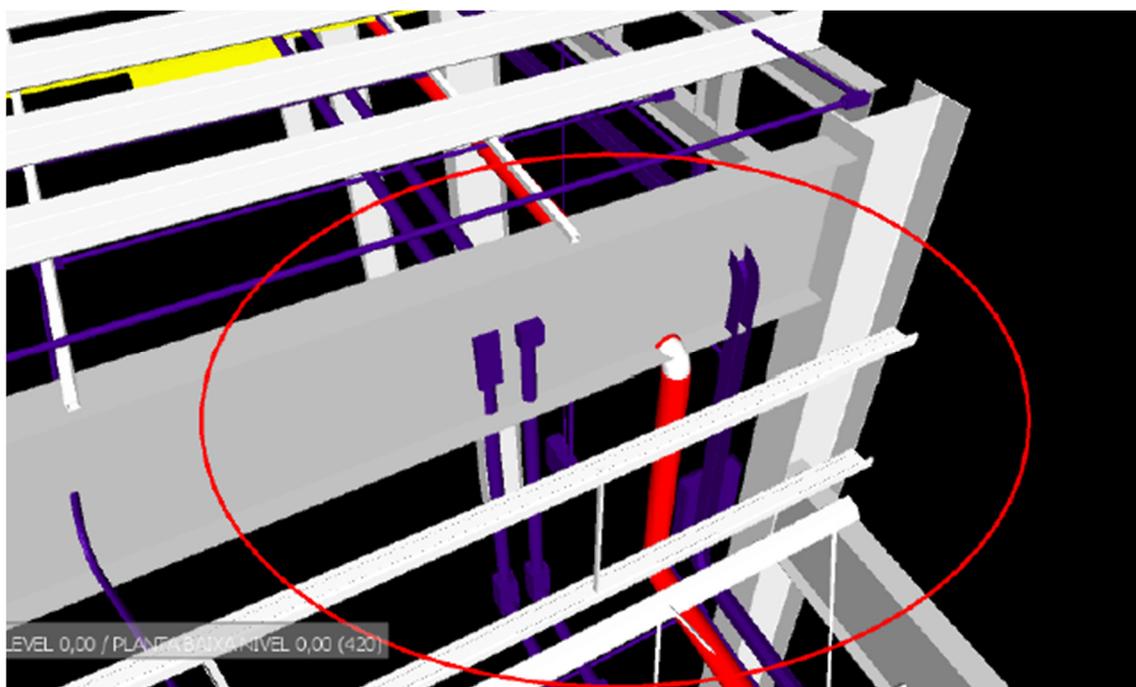
Como exemplo, aconteceu que, ao fim do dia, quando o projetista de elétrica havia encerrado sua modelagem de iluminação de uma edificação, foi percebido que o encaminhamento das linhas no projeto de climatização havia sido alterado por ele sem o perceber, criando novas interferências entre as duas disciplinas e outras que não eram registradas. Para minimizar o retrabalho e evitar a ocorrência desse mesmo tipo de situação, a modelagem foi alterada para modelos do tipo federados, onde todos são independentes, mas coordenados entre si. Cada disciplina deveria carregar as outras dentro de seu modelo apenas para simples visualização, mas para isso todos deveriam estar fixados na mesma coordenada e referência, ajuste que gerou atraso pois desde o projeto básico os modelos estavam sobre coordenadas arbitrárias.

Apesar de tamanha mobilização de pessoas, o fluxo de desenvolvimento de projetos continuava o mesmo, por distribuição de tarefas com prazos curtos a serem executadas em sequência única, ou seja, caso fosse identificado um erro após o

projetista dar baixa da tarefa no sistema, a tarefa não voltava a ele para correção, mas deveria ser programada uma nova tarefa apenas para ajuste de erros, fato não prestigiado pela diretoria da empresa pois significava consumo de prazo e recurso adicional não previsto.

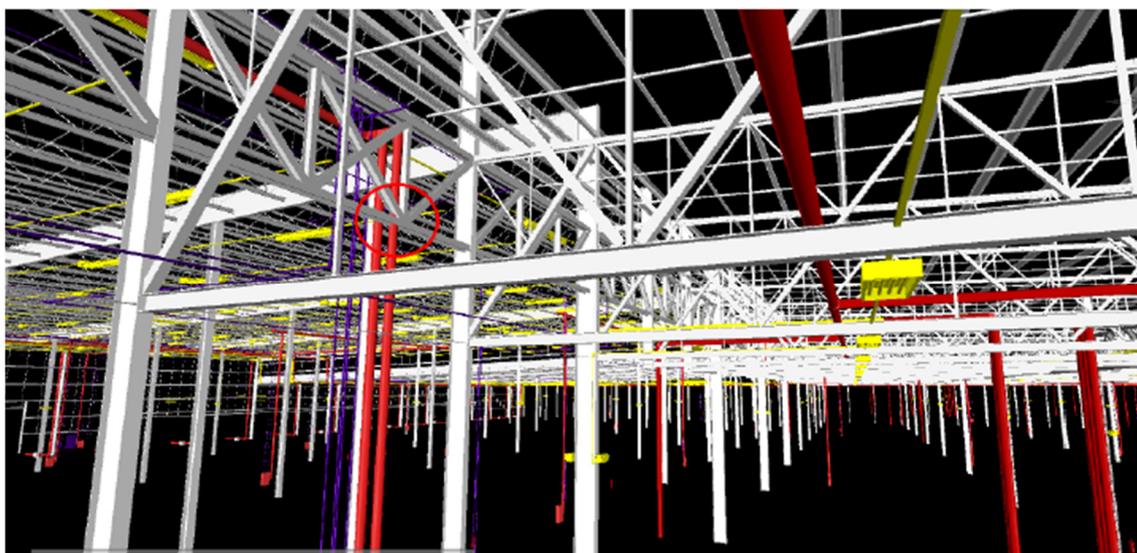
Esse fluxo de processos prejudicava também o que é uma das grandes vantagens da modelagem em BIM: a compatibilização de projetos. Na dinâmica da empresa, quando um projetista detectava uma interferência com outra disciplina, não havia possibilidade do outro projetista parar o que estava executando para ajustar a incompatibilidade pois ele próprio possuíam uma tarefa a cumprir, muitas vezes não relacionada ao assunto. Ainda que a equipe fosse fixa e dedicada, o volume de trabalho era grande o suficiente para ter frentes paralelas de serviço e não haver ociosidade de recursos disponíveis para atender uma ocorrência tão logo fosse solicitada. Assim, a consultoria BIM detectava interferências muito claras (*clash detections*) a cada novo modelo entregue, pois de fato não estavam sendo compatibilizados totalmente ao final. As figuras 3.13 a 3.16 mostram alguns exemplos de interferências entre disciplinas

Figura 3.13 – Interferência entre estruturas metálicas e instalações elétricas



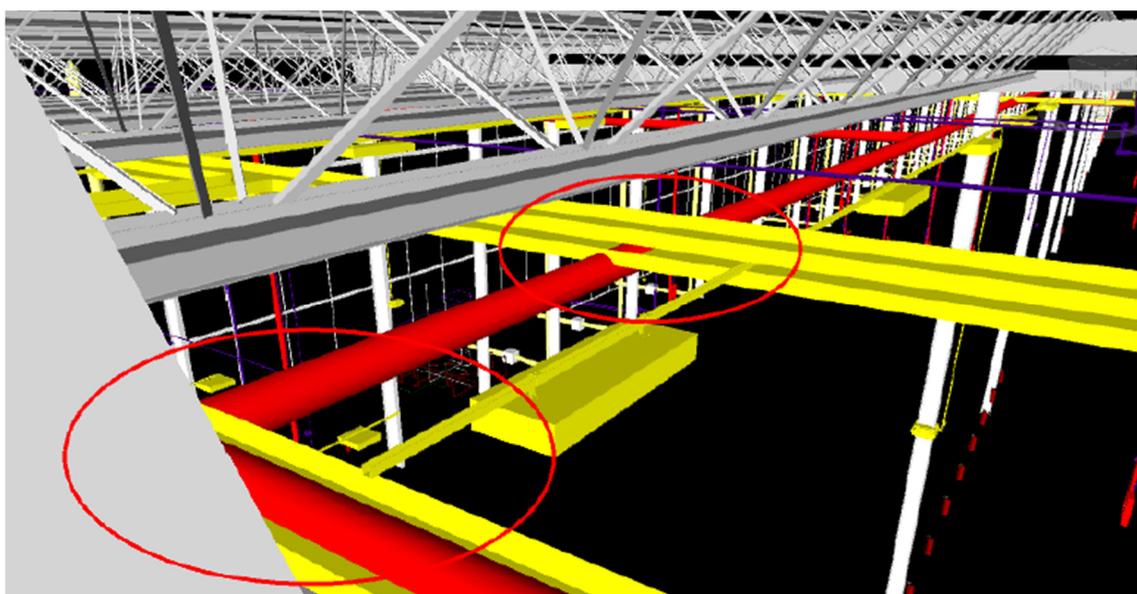
Fonte: Dados de pesquisa

Figura 3.14 – Interferência entre estruturas metálicas e instalações de incêndio



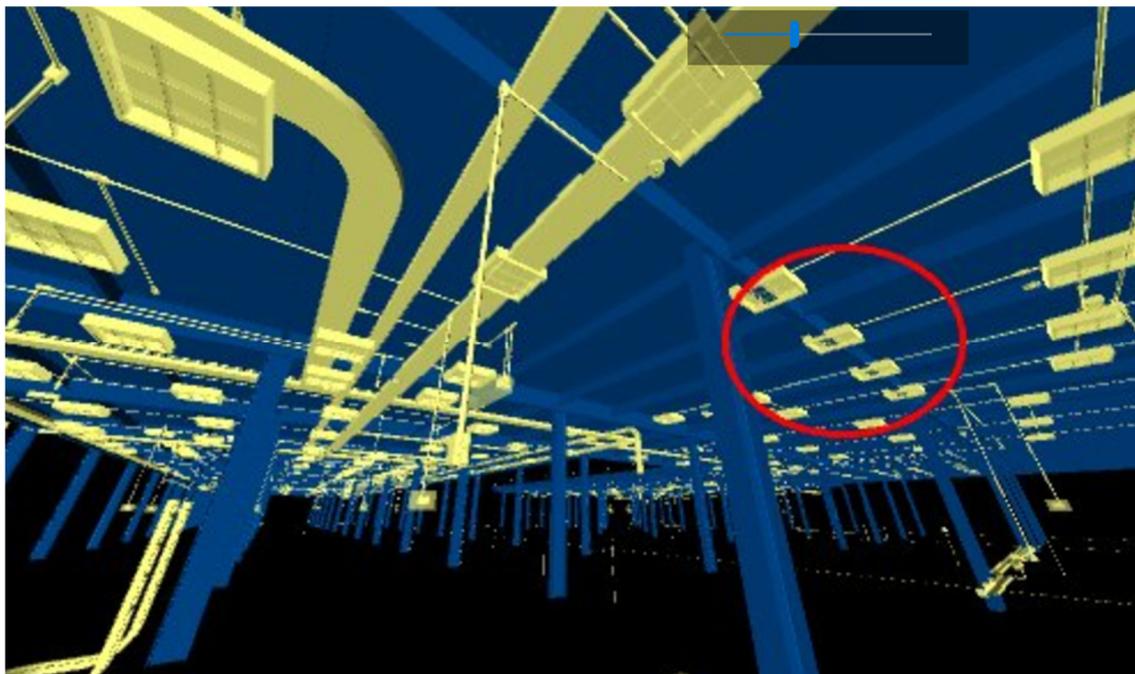
Fonte: Dados de pesquisa

Figura 3.15 – Interferência entre instalações elétricas e de incêndio



Fonte: Dados de pesquisa

Figura 3.16 – Interferência entre estruturas metálicas e luminárias

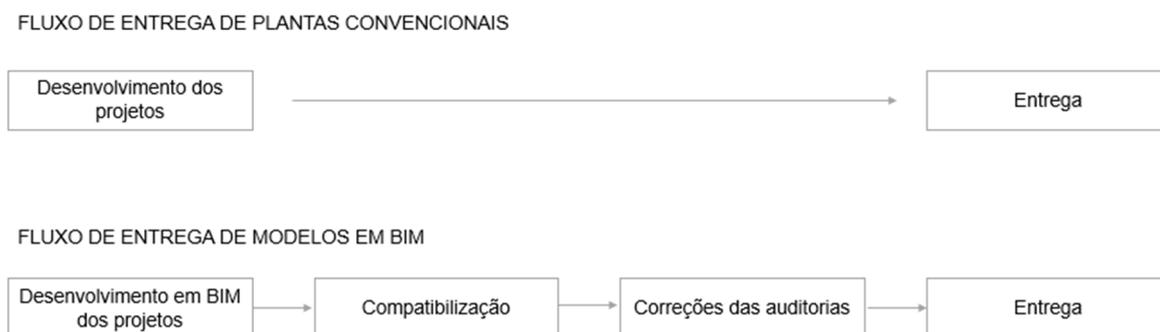


Fonte: Dados de pesquisa

Após reclamações da Construtora, a diretoria da Projetista de Engenharia permitiu a execução de tarefas específicas para compatibilização que, ainda que não ideais por não serem feitas simultaneamente por todas as disciplinas juntas, fornecia a oportunidade de resolver casos mais visíveis como sobreposições de luminárias com equipamentos de ar condicionado ou cruzamentos de tubulações principais com estruturas metálicas.

Para o atendimento integral do Plano de Execução BIM, os modelos deveriam ser auditados pela consultoria BIM conforme todos os requisitos definidos anteriormente, acarretando, assim, na inclusão de mais uma etapa ao que usualmente era realizado na empresa Projetista de Engenharia: de correções provenientes das auditorias. A figura 3.17 compara o fluxo de entrega dos projetos em plantas convencionais com a entrega de modelagem em BIM, considerando duas etapas adicionais de processos, onde cada uma representa uma nova sequência de programação de tarefas que consumiam prazo e recurso vendido do projeto.

Figura 3.17 – Fluxo de entregas de plantas x modelos BIM



Fonte: A autora

Com a utilização do BIM, era esperado realizar um melhor planejamento da obra como as funções 4D, para simulação do cronograma da execução, 5D para extração de quantitativos e previsão de orçamento, além de realizar análises de desempenho, tais como de iluminação e consumo de energia, itens de interesse para o atendimento aos requisitos da certificação LEED. Contudo, no decorrer do projeto, foram aparecendo fatores impeditivos para a utilização pretendida e pleno aproveitamento desses benefícios. A maioria dos empecilhos surgiu muito em função do atraso no desenvolvimento da implantação do empreendimento, dentre os quais pode-se citar:

- Obra já estar sendo executada concomitantemente ao desenvolvimento dos projetos;
- Prazo curto para entrega dos projetos;
- Adiantamento do processo de aquisições dos materiais e equipamentos antes da entrega final dos projetos executivos de engenharia;
- Desconhecimento de funções mais complexas da modelagem e, portanto, na inserção de informações nos modelos por parte da Projetista de Engenharia.

Apesar disso, a intenção principal ainda era a futura utilização para operação da fábrica no *facilities management* pelo cliente final e, por isso, o gerente BIM da Consultoria direcionou os esforços em auxiliar os projetistas a melhorar os modelos até que chegassem no nível aceitável para a entrega final.

No planejamento inicial, quando a Projetista aceitou trocar o escopo das estruturas metálicas pela modelagem em BIM, não havia sido considerado prazo e recursos adicionais para este fim, por isso a orientação passada ao gerente de integração foi

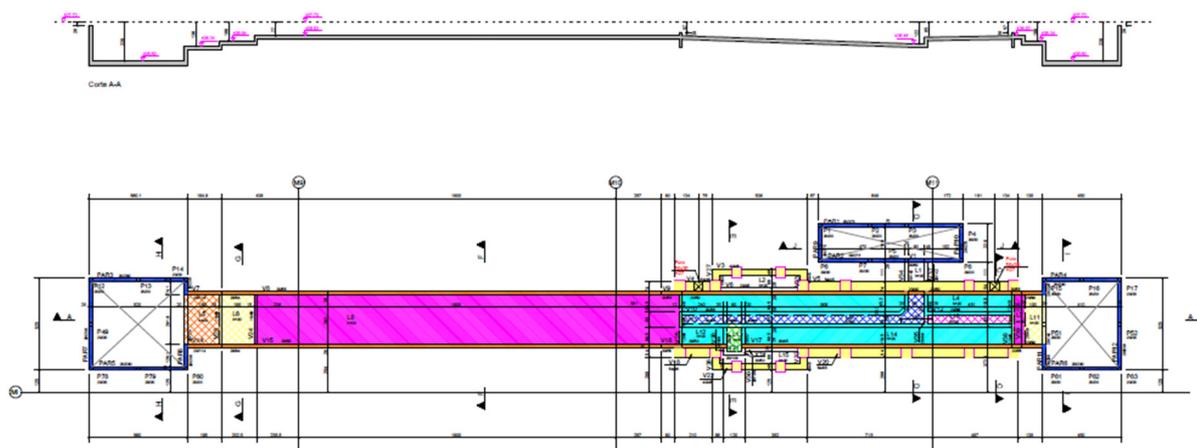
programar, ao retorno das análises da consultoria BIM, tarefas de verificação das auditorias e correção com prazos curtíssimos, o que gerou insatisfação da equipe de projetistas BIM pois o sistema de avaliação de desempenho individual mediante cumprimento de tarefas permanecia em vigor apesar da dinâmica de desenvolvimento deste projeto ser diferente em relação aos demais empreendimentos da empresa. Percebeu-se, portanto, um esgotamento dos funcionários que, apesar da disponibilidade em alterar a forma de trabalho, estavam sendo prejudicados por outro lado pois seus indicadores de desempenho ficavam frequentemente entre os mais baixos da empresa em relação aos demais colaboradores em função dos atrasos e retrabalhos que o projeto exigia.

Neste período de desenvolvimento da fase de Projeto Executivo, mesmo com o grande atraso na entrega em relação ao previsto inicialmente, a Fabricante e a Construtora continuaram solicitando modificações e estudos para analisar a viabilidade ou opções para alterações de projetos, o que gerava mais atraso ao paralisar o processo de desenvolvimento do que estava previsto para análise de cada nova solicitação. A Fabricante, contudo, não alterava a data da entrega final que permanecia a mesma desde o início. Foram solicitadas mais de 50 análises adicionais, de diferentes complexidades, e alguns desses pedidos são mostrados no próximo item.

3.2.5.1 Solicitações Não Esperadas

No caderno de encargos da Fabricante de veículos, havia a menção da necessidade de construção de 10 pits localizados no interior do galpão principal. Os pits eram como poços de estrutura enterrada, de diferentes formatos e tamanhos, distribuídos ao longo das linhas do processo de fabricação dos veículos e com funções variadas seja para alocação de equipamentos de testes ou salas técnicas abaixo do nível do piso. Havia uma informação geral de que esses pits demandariam uma estimativa de cargas, consumo de água, energia elétrica e outras utilidades (como ar comprimido e água desmineralizada), mas não era detalhado especificamente valores e pontos de utilização. A figura 3.18 mostra o exemplo de um projeto de pit em corte e em planta.

Figura 3.18 – Exemplo de projeto de um pit



Fonte: Dados de pesquisa

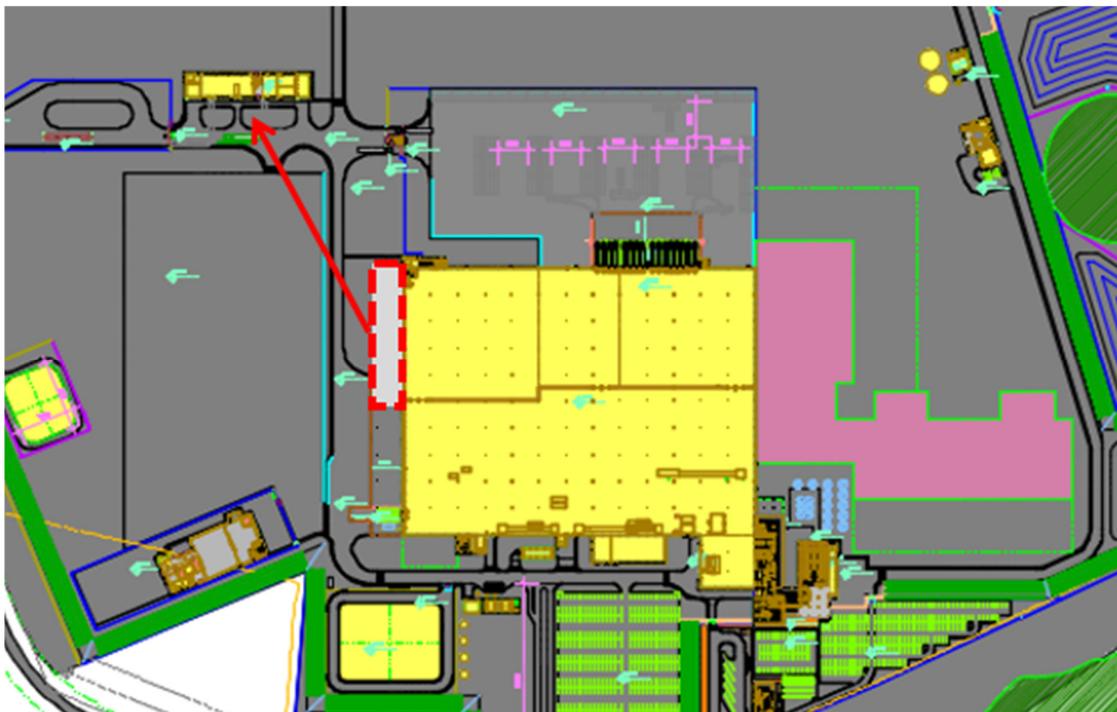
Durante o período de desenvolvimento do projeto executivo, enquanto a obra avançava as fundações do galpão principal com a cravação de estacas e concretagem dos blocos, a Construtora acionou a Projetista de Engenharia solicitando urgência para projetar as fundações e estruturas desses pits pois, por serem enterrados, poderiam interferir nas estacas e blocos do próprio galpão que já estavam sendo executados. A solicitação não esperada ocorreu do fato da própria Fabricante de veículos ainda alterar seu processo de fabricação neste ponto do projeto: foi verificado que os pits tiveram suas locações alteradas em relação ao previsto no caderno de encargos, além de surgir duas novas estruturas.

Para evitar a paralisação da obra, a Construtora e a Projetista de Engenharia fizeram uma força-tarefa para analisar as fundações já executadas e o que poderia ser alterado em função da interferência com os pits. Como resultado, alguns blocos tiveram de ser destruídos e executados novamente e, no pior caso, um pit teve um detalhe de seu formato alterado. Internamente à empresa Projetista de Engenharia, esse tipo de mobilização rápida não era simples de realizar devido aos processos internos de criação de tarefas necessários para colocar um projeto em execução, gerando novamente desgastes com a equipe de produção de projetos, agora com a de estruturas e fundações.

Outra solicitação de grande impacto foi a alteração de local do galpão de manutenção que fora todo projetado junto ao galpão principal, mas agora havia sido deslocado

como uma edificação isolada, conforme mostra a figura 3.19 (destacado em linha tracejada).

Figura 3.19 – Alteração do local do galpão de manutenção



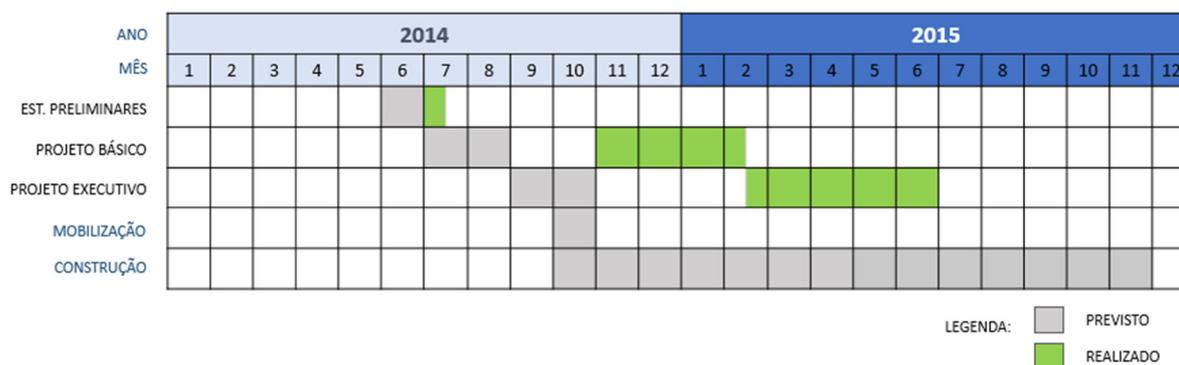
Fonte: Dados de pesquisa (adaptado pela autora)

Este caso já estava sendo estudado entre a Fabricante de veículos, a Construtora e a Projetista de Arquitetura, porém nunca havia sido informada à Projetista de Engenharia, que se viu prejudicada por se tratar de uma alteração significativa para todas as suas disciplinas pois atingia a concepção dos projetos. Antes, todas as instalações do galpão da manutenção foram projetadas derivando das do galpão principal, pois o prédio era anexo a ele. Com a alteração de local, o conceito mudaria e, conseqüentemente, a modelagem em BIM. Surgiu nova desavença entre a Construtora e a Projetista de Engenharia na definição do que poderia ser considerado revisão comum de projeto ou não. Para este caso, o galpão da manutenção foi considerado um novo projeto e seria desenvolvido ao final das demais edificações que estavam em andamento. Esta alteração ocasionou mais atraso na entrega final do projeto executivo.

Assim, os trabalhos foram finalmente concluídos em 23/06/2015, com os últimos modelos aprovados pela auditoria BIM sendo entregues 8 meses após o planejado

inicialmente, conforme mostra o cronograma do projeto realizado em relação ao previsto na figura 3.20.

Figura 3.20 – Cronograma previsto x realizado de projetos



Fonte: A autora

É importante observar que durante todo o processo de projeto, foi dada a prioridade no desenvolvimento dos projetos para a infraestrutura do *site*, do galpão principal e escritório. O planejamento do processo era realizado visando sempre liberar primeiramente estes locais pois eram essenciais tanto para o funcionamento do restante das edificações como para a inauguração da fábrica, planejada para junho de 2016. Também as interfaces na execução da obra seriam mais complexas pois haveria a entrada de outras partes interessadas que não estavam diretamente ligados com a Projetista de Engenharia, mas seriam muito impactados com o seu atraso repassando-o à entrega final do empreendimento. Pode-se citar agentes importantes como a empresa responsável pela montagem eletromecânica dos equipamentos para a fabricação dos veículos e a empresa de pavimentação e pisos especiais. Dessa forma, entende-se que havia um processo de projeto diferente para cada edificação e também da infraestrutura do site além do processo de projeto geral do empreendimento, os quais eram desenvolvidos na sequência da prioridade solicitada pela Construtora e necessitavam de coordenação apropriada tanto específica individual como em conjunto como um todo.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

4.1 Resumo dos Principais Acontecimentos

O estudo de caso procurou apresentar o processo de projeto na implementação de um empreendimento industrial com destaque para a atuação da empresa Projetista de Engenharia e suas relações com os diversos agentes envolvidos e dificuldades encontradas tanto internamente como externamente.

A Tabela 4.1 mostra um breve resumo dos principais acontecimentos em ordem cronológica de ocorrência e seus impactos para a Projetista de Engenharia. Os eventos sem data específica ocorreram no período entre as datas expostas.

Tabela 4.1 – Principais eventos do estudo de caso

Nº	Data	Acontecimento	Impacto para a Projetista de Engenharia
1	27/05/14	Reunião de <i>kick-off</i> da etapa de Estudos Preliminares	Entrada no processo de projeto do empreendimento
2	-	Identificação da falta de informações e premissas de projeto	Utilização de premissas arbitrárias com base na experiência para desenvolver projetos
3	10/06/14	Entrada da Projetista/Montadora de Estruturas Metálicas	Projeto de estruturas metálicas retirado do escopo. Propõe-se troca deste projeto por entrega em BIM de todos os projetos na fase de Projeto Executivo
4	04/07/14	Entrega dos Estudos Preliminares/Concepções dos projetos	
5	15/07/14	Workshop de validação dos projetos: ausência do aceite formal do cliente final	
6	-	Período sem resposta da Fabricante para aprovação formal das concepções e <i>start</i> da próxima fase	
7	-	Entrada de outros agentes no processo: consultores, instaladoras e outros projetistas contratados pela Construtora	Discussões e apoio para otimizar as soluções técnicas dos projetos
8	-	Construtora inicia mobilização da execução da obra	Prazo final de entrega de projetos é mantido
9	-	Ingresso do Coordenador de Projetos da Construtora dedicado exclusivamente ao empreendimento. Projetistas de Arquitetura e Engenharia também alocam um coordenador exclusivo	Alocação de gerente de integração exclusivo para atendimento ao empreendimento
10	14/10/14	Reunião entre Construtora e demais partes interessadas para pressionar o cliente final no andamento do projeto	
11	15/10/14	Fabricante envia representante ao Brasil para validar a etapa de Preliminares e iniciar a próxima fase	Retomada dos projetos

Nº	Data	Acontecimento	Impacto para a Projetista de Engenharia
12	05/11/14	Início da fase de Projeto Básico: Construtora recebe alterações dos projetos de arquitetura feitas pela Fabricante	Revisão das soluções devido às alterações
13	-	Início do Projeto Executivo de estruturas e fundações (pulando-se etapa de Projeto Básico) com liberações diretamente para execução da obra	Desenvolvimento dos projetos de fundações e estruturas com liberações parciais para execução da obra e revisões a cada emissão parcial dos projetos de metálicas
14	-	Projetista de Engenharia altera gerentes de produção de projetos (especialistas) e gerente de integração (coordenador do projeto)	Perda do histórico
15	13/11/14	Consultoria BIM emite o <i>BIM Execution Plan</i>	
16	17/12/14	Resultado da auditoria dos primeiros modelos BIM pela Consultoria de BIM	Percepção que o conceito de BIM vendido era diferente do que o cliente final requeria. Contratação de consultor BIM para a implementação na empresa
17	-	Acordo entre Construtora e Projetista de Engenharia para antecipar entrega da modelagem BIM para a fase de Projeto Básico	Alteração do planejamento, estrutura da equipe, entregáveis e expectativa de faturamento
18	10/01/15	Formação da equipe BIM na Projetista de Engenharia	Capacitação de colaboradores, alteração na estrutura. O gerente de integração acumula a função de gerente BIM
19	26/01/15	Entrega das plantas 2D do Projeto Básico e início do desenvolvimento desta fase em BIM	
20	12/02/15	Início do Projeto Executivo: Projetista de Arquitetura entrega seus projetos em BIM	Início do desenvolvimento do Projeto Executivo com o Projeto Básico ainda em finalização
21	19/02/15	Entrega do Projeto Básico em modelos BIM	
22	23/04/15	Entrega final do Projeto Executivo de fundações (2D e modelos BIM)	Necessidade de inserção de etapas de compatibilização de projetos e correções apontadas pela auditoria dos modelos BIM
23	-	Fabricante solicita diversos estudos para alterações de projetos	A cada solicitação, o desenvolvimento do projeto precisava ser paralisado
24	23/06/15	Entrega do Projeto Executivo em modelos BIM	

Fonte: a autora

4.2 Problemas Encontrados

Diversas dificuldades foram encontradas ao longo do processo de projeto que podem ser separados entre externos e internos à empresa Projetista de Engenharia.

Os problemas externos estão relacionados às interações com os demais agentes envolvidos, principalmente com os clientes direto e final, a Construtora e Fabricante

respectivamente, estendendo à gestão do projeto como empreendimento e não apenas ao processo de projeto. Alguns dos problemas encontrados são relacionados a seguir:

- Alterações de escopo pela Fabricante: tanto na transição de Estudos Preliminares para Projeto Básico, como deste para o Projeto Executivo, *layouts* ainda estavam sendo alterados modificando-se a arquitetura e até mesmo locação das edificações;
- Comunicação: falta de agilidade na comunicação por parte da Fabricante, falta de retorno para resolver dúvidas e formalizar aceite dos projetos;
- Gestão da documentação pela Construtora: nem toda troca de documentação utilizava o sistema definido no planejamento (SADP), repasse de informações importantes apenas por telefonemas, falta de registro de decisões conjuntas em atas de reunião no início do processo;
- A gestão do projeto como empreendimento pela Construtora não considerou um profissional dedicado ao processo de projeto: mesmo após a alocação exclusiva ao empreendimento, seu coordenador de projetos acumulava diversas funções resultando em sua ausência em diversas reuniões importantes que demandavam sua tomada de decisão e agilidade para destravar processos com terceiros;
- Solicitações de estudos adicionais não previstos em contrato tanto pela Fabricante como pela Construtora causando desgaste na relação com a Projetista de Engenharia.
- Solicitações da Construtora para adiantamento da aquisição de materiais e equipamentos ainda em fases prematuras de desenvolvimento dos projetos, causando apreensão nos projetistas e instaladoras, impedindo estudos mais profundos das soluções;
- Preocupação tardia da Construtora com a gestão do BIM: sua complexidade foi entendida somente após o ingresso da Consultoria BIM com a emissão do *BIM Execution Plan* já ao final da etapa de Projeto Básico e, como efeito dominó, atingiu tardiamente também a Projetista de Engenharia, responsável por entregar a maior parte dos projetos em modelos BIM.

Dentre os problemas internos à empresa Projetista de Engenharia, são apresentados os principais:

- A estrutura organizacional com equipes divididas funcionalmente pelas suas especialidades: sendo que cada projetista sempre possuía uma tarefa a cumprir não necessariamente relacionada ao empreendimento em questão, dificultava a integração e troca de informação entre as diversas disciplinas;
- Fluxo de desenvolvimento de projetos: o próprio sistema interno da empresa foi desenhado para que os projetos fossem desenvolvidos de uma só vez e sem iteração, de difícil adaptação para um empreendimento que exigia retroalimentação em função da complexidade e quantidade de agentes e disciplinas envolvidas.
- Sistema de gerenciamento de projetos interno da empresa: a plataforma desenvolvida para gerenciar e distribuir as tarefas aliadas a prazos curtos, mediante as quais os projetistas eram avaliados, gerava ou perda da qualidade do projeto, para o projetista que decidisse encerrar a tarefa dentro do prazo a qualquer custo, ou danos na avaliação de desempenho do projetista se ele prezasse pela qualidade em detrimento da formalização de encerrar a tarefa no sistema;
- A cultura de estímulo à competitividade entre projetistas em um empreendimento que necessitava de grande colaboração entre eles;
- Troca do gerente de integração no meio do processo: o longo histórico dos projetos e das relações complexas com o cliente e outros agentes foram perdidos;
- Rotatividade da equipe de projetos: a distribuição de tarefas realizada para evitar ociosidade de recursos, conforme disponibilidade dos projetistas, ocasionou a não formação de uma equipe fixa para pensar em conjunto nas soluções do projeto, prejudicando o andamento do processo pois se perdia o histórico, não havia desenvolvimento conjunto das soluções ou envolvimento com o empreendimento nem estreitamento das relações.
- Oferecer a troca dos projetos de estruturas metálicas pela entrega em BIM ocasionando uma sucessão de problemas: a falta de detalhamento e formalização da nova entrega em contrato, indiferença inicial para melhor entendimento da expectativa do cliente final em relação ao BIM, falta de

profissionais qualificados para o desenvolvimento de modelagem BIM, utilização de recursos muito maior do que o esperado, atrasos e retrabalhos para desenvolver de fato a modelagem;

- Conhecimento dos conceitos de BIM antes de negociar o projeto: o entendimento limitado sobre a modelagem foi responsável em grande parte pelo desgaste da relação com o cliente, aumento de recursos necessários e atraso na entrega;
- Alterar a estrutura para formação de uma equipe BIM sem alterar também a dinâmica do fluxo de desenvolvimento dos projetos: ainda que com uma equipe fixa de projetistas, permaneceu o recebimento de tarefas do sistema ao invés do desenvolvimento em conjunto do projeto. Os projetistas de diferentes disciplinas não recebiam necessariamente tarefas relacionadas entre si e não podiam pensar juntos na solução pois cada um já estava ocupado na execução de sua própria tarefa;
- Acúmulo de funções do gerente de integração: realizava o atendimento ao cliente, o planejamento e acompanhamento do processo de projeto no fluxo interno da empresa, gestão da documentação de grande volume, a integração entre as equipes especialistas, compatibilização de projetos e, no fim, também recebeu a função de gerente BIM do projeto tendo que supervisionar o atendimento aos requisitos exigidos da modelagem.

As dificuldades externas, de forma geral se encontram fora do controle da Projetista, pois envolve a gestão da Construtora e suas relações com os *stakeholders*, em particular seu cliente, a Fabricante. Pode-se constatar que a gestão do empreendimento realizado pela Construtora influenciou diretamente na sua gestão do processo de projeto, que, por sua vez, impactou os agentes envolvidos. A participação antecipada ao processo de projeto de alguns agentes, como a Consultoria BIM, poderia auxiliar na previsão de problemas que ocasionaram atrasos.

Como se pode observar, os problemas internos à projetista são complexos de serem minimizados pois são ligados à estrutura e à própria cultura organizacional que evocam a estratégia da empresa. A estrutura funcional responde melhor em projetos trabalhados dentro de um campo de conhecimento, porém encontrou muitas dificuldades quando surgiu a necessidade de integração entre especialidades, ainda que contando com a presença de um agente integrador. No caso, as equipes

especialistas não interagiam espontaneamente pois estavam constantemente ocupadas no cumprimento das suas tarefas, relegando a integração do projeto exclusivamente sob a responsabilidade do gerente de integração. A forma de trabalho desenhada pela direção da empresa, que conta com uma plataforma tecnológica desenvolvida especificamente para isso, aliada a todo processo de preparação para programação das tarefas de projeto causava lentidão no retorno das solicitações e atendimento ao cliente, deteriorando-o ao longo do processo.

Possíveis melhorias para a empresa, cuja forma de trabalho é tão peculiar, são sugeridas, tais como procurar antecipar as necessidades do processo de projeto ainda na fase de negociação considerando os agentes envolvidos, principalmente o cliente, verificar se o fluxo de trabalho da empresa atende às exigências do processo de projeto, examinar a complexidade do projeto quanto às suas relações e interferências, questionar se a empresa possui competência técnica coerente com a oferta proposta. Após a venda de um projeto, a diretoria deve refletir internamente e começar a considerar em seu planejamento se seu fluxo de trabalho atenderá o empreendimento ou se haverá necessidade de se ter um regime diferenciado de desenvolvimento com a formação de uma equipe fixa e integrada antes de iniciar a produção dos projetos, especialmente se for em BIM cujo próprio conceito força a necessidade de equipe fortemente integrada, pois esta decisão impactará todo o processo de projeto, o relacionamento com o cliente e a entrega final.

4.3 Conclusão

Empreendimentos industriais são projetos complexos que contam com a participação de muitos agentes envolvidos e exigem grande interação e colaboração entre eles. A gestão do processo de projeto impacta na qualidade da execução da obra e conseqüentemente do produto final.

O trabalho procurou apresentar conceitos de gestão de projetos, a diferença na gestão do projeto como empreendimento e processo de projeto, além de introduzir noções da modelagem BIM, o mais importante e atual avanço da área em estudo.

Por meio do estudo de caso do processo de projeto da implantação de um empreendimento industrial, pôde-se observar que a gestão do empreendimento pode

influenciar na gestão do processo de projeto. A disponibilidade de informações e comunicação das decisões do cliente final à sua contratada, a Construtora, se mostrou de grande impacto no andamento do processo de projeto, tendo o poder de alterar, paralisar ou permitir a continuidade dos trabalhos dos demais agentes envolvidos, em especial da Projetista de Engenharia. A participação antecipada de alguns agentes na gestão do empreendimento poderia auxiliar na previsão de problemas no processo de projeto, que, por sua vez, impactam na execução da obra.

Por outro lado, a Projetista de Engenharia com sua estratégia, estrutura e cultura organizacionais próprias, necessita que o fluxo do processo de projeto considere cada empreendimento quanto à sua complexidade, relações entre agentes envolvidos, integração de suas equipes especialistas e entendimento completo do escopo a desenvolver. Os conceitos de BIM ainda são confundidos no mercado, e as empresas e profissionais da área devem buscar a capacitação e estudo para melhor envolvimento no assunto antes de se arrisarem a desenvolver projetos e suas entregas estarem desalinhadas com a expectativa dos clientes. A própria definição de BIM como um processo obriga as empresas que a quiserem adotar a repensar em sua estrutura pois altera a forma convencional de trabalho, antecipando etapas e forçando o planejamento do projeto como um todo desde a concepção até o pós entrega da obra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, M. L. V.; RUSCHEL, R. C. **BIM: Conceitos, cenário das pesquisas publicadas no Brasil e tendências**. In: Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído, 9., São Carlos, 2009. **Anais...** São Paulo: Universidade de São Paulo, 2009.

ASSATO, V. **Processos de projeto, contratação e gestão: estudo de caso**. Monografia (Especialização em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

ÁVILA, C. **Gestão de projetos em uma empresa logística**. Monografia (Especialização em Gestão de Projetos na Construção) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

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

FABRICIO, M. M. **Projeto simultâneo na construção de edifícios**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

FONTENELLE, E. C. **Estudos de caso sobre a gestão do projeto em empresas de incorporação e construção**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

GERHARDT, T. E; SILVEIRA, D. T. (Org.) **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GRILO, L. M. **Gestão do processo de projeto no segmento de construção de edifícios por encomenda**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

JERNIGAN, F. E. **Big BIM, Little BIM: the practical approach to building information modeling: integrated practice done the right way!** 2nd. ed. Salisburgy: 4Site Press, 2007.

KASSEM, M.; AMORIM, S. R. L. **BIM: Building Information Modeling no Brasil e na União Européia**. Brasília: MPOG/Direção Nacional do Projeto, 2015. (Relatório de cooperação MDIC/UE, 162 p.)

KERZNER, H. **Gestão de projetos: as melhores práticas**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

_____. **Project management: a systems approach to planning, scheduling and controlling**. 10. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2009.

KHOSROSHAHI, F.; ARAYICI, Y. Roadmap for implementation of BIM in the UK construction industry. **Engineering Construction and Architectural Management**. Bingley, vol. 19, n. 6, p. 610-635, 2012.

MELHADO, S. B.; VIOLANI, M. A. F (a). **A qualidade na construção civil e o projeto de edifícios**. São Paulo, EPUSP, 1992. (Texto Técnico. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil, TT/PCC/02).

_____. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

_____ et al. **Coordenação de projetos de edificações**. 1. ed. São Paulo: O Nome da Rosa, 2005.

OLIVEIRA, O. J de; MELHADO, S. B. **Como administrar empresas de projeto de arquitetura e engenharia civil**. 1. ed. São Paulo: Pini, 2006.

ORTEGA, L. G.; GEHBAUER, F. **Compatibilização de projetos na construção civil**. 1. ed. Recife: Projeto Competir, 2006.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos (Guia PMBOK®)**. 5. ed. São Paulo: Saraiva, 2014.

SCARPELINI, M. M. **Um panorama dos problemas existentes no mercado atual e a importância da gestão da comunicação durante o processo de projeto da construção civil**. Monografia (Especialização em Gestão de Projetos na Construção) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

SILVA, T. F.; MELHADO, S. B. **Gestão de projetos industriais**. 1. ed. São Paulo: Pini, 2014.

_____. **O Processo de projeto no segmento de projetos industriais**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

SOUZA, L. L. A.; AMORIM, S. R. L.; LYRIO, A. M. Impactos do uso do BIM em escritórios de arquitetura: oportunidades no mercado imobiliário. **Gestão & Tecnologia de Projetos**. São Paulo, v. 4, n. 2, p. 26-53, novembro 2009. ISSN 1981-1543.

SPINNER, M. P. **Project management: principles and practices**. 1. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1997.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Escola Politécnica. Divisão de Biblioteca. **Diretrizes para apresentação de dissertações e teses**. 4. ed. São Paulo, 2013.

VASCONCELLOS, E.; HEMSLEY, J. R. **Estrutura das organizações: estruturas tradicionais, estruturas para inovação, estrutura matricial**. 4. ed. São Paulo: Pioneira Thompson Learning, 2003.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.