

LUIZA ORSINI CAVALCANTI

**A IMPLANTAÇÃO DO BIM E A MELHORIA DO PROCESSO DE PROJETO NA
CPTM**

São Paulo

2018

LUIZA ORSINI CAVALCANTI

**A IMPLANTAÇÃO DO BIM E A MELHORIA DO PROCESSO DE PROJETO NA
CPTM**

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

Orientador:

Prof. Roberto Mingroni

São Paulo

2018

Catálogo-na-Publicação

Cavalcanti, Luiza

A implantação do BIM e a melhoria do processo de projeto na CPTM/ L.
Cavalcanti -- São Paulo, 2018.

103 p.

Monografia (Especialização em Gestão de Projetos na Construção) - Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de
Construção Civil.

1.Gestão de projetos 2.Modelagem da Informação da Construção
3.Construção civil. I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica.
Departamento de Engenharia da Construção Civil II.t.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos professores do curso Gestão de Projetos na Construção pelos ensinamentos e contribuições à minha formação;

Ao meu orientador Roberto Mingroni, pela irrestrita dedicação e atenção ao longo da elaboração deste trabalho;

Aos colegas de turma, pelo compartilhamento dos conhecimentos adquiridos;

Aos colegas de trabalho, pelo apoio e companheirismo ao longo das experiências vividas;

Aos gestores da empresa, pela confiança depositada e pela oportunidade de participar da experiência de implantação do BIM;

À CPTM, pela oportunidade de realizar este trabalho acadêmico;

Aos consultores, pelos ensinamentos e pela paciência;

À minha família, pela colaboração e pelo incentivo.

RESUMO

Os equívocos ocorridos nos projetos levam a atrasos nos cronogramas contratuais e geram retrabalho para as equipes. Os problemas são levados para a fase de obras, causando também imprevistos e aditivos contratuais, resultando num custo que excede o valor esperado. Em particular, os investimentos direcionados ao transporte público numa metrópole como São Paulo têm impacto direto na qualidade de vida da população, sobretudo para a parcela de menor poder aquisitivo.

Com a implantação do BIM nas empresas públicas, espera-se minimizar os problemas enfrentados na construção e em todo o ciclo de vida das edificações, com maior precisão na compatibilização e na extração de dados, maior integração entre as equipes envolvidas e maior qualidade de projeto.

Esta Monografia pretende documentar a experiência dos primeiros projetos em BIM na CPTM, diagnosticando acertos e equívocos e analisando criticamente a gestão de projetos, gestão de pessoas, gestão da comunicação, gestão de partes interessadas e estrutura organizacional, à luz das recomendações de melhores práticas de processo de projeto. Além disso, pretende-se analisar o impacto do BIM nos processos tradicionais de projeto.

Como método de desenvolvimento do trabalho foi utilizada a revisão bibliográfica, estudo de caso proveniente da experiência vivenciada, coleta de dados, observação participante e análise crítica dos pontos identificados.

A experiência foi um laboratório de intenso aprendizado, evidenciando questões não apenas relativas ao uso de uma nova tecnologia, mas problemas de processo de projeto que sempre existiram. Espera-se que o uso do BIM se consolide, de forma que o conhecimento adquirido avance para todo o ciclo de vida das edificações.

Palavras chaves: Gestão de projetos. Modelagem de Informação da Construção. Construção civil.

ABSTRACT

The mistakes made in design management lead to delays in contractual schedules and generate rework to the stakeholders. The issues are brought to the construction phase, causing unexpected events and exceeding the fixed costs. Particularly, the investments in public transportation in a city like São Paulo have direct impact in the population's well-being, especially to the lower-income families.

With the BIM implementation in public companies, it is expected that the problems faced in construction and in all lifespan of buildings are minimized, with better precision in compatibilization and data extraction, better communication between stakeholders and better overall project quality.

This paper intends to document the experience of the first designs with the use of BIM in CPTM, diagnosing accurate and incorrect actions and critically analyzing project management, people management, communications management, stakeholders management and organizational structure, in the light of best practice recommendations of the design process. Moreover, this paper intends to analyze the impact of BIM in the traditional design processes.

The development methods utilized were the bibliographic review, a case study from the lived experience, data collection, participant observation and a critical analysis of the identified issues.

The experience was an intense learning laboratory, which evidenced not only questions related to the use of a new technology, but also design process problems that had always existed. It is expected that the use of BIM is consolidated, in order for the acquired knowledge advances to the whole lifespan of constructions.

Key words: Project management. Building Information Modeling. Construction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Organização funcional	35
Figura 2 - Organização matricial fraca	39
Figura 3 - Organização matricial balanceada	39
Figura 4 - Organização matricial forte	40
Figura 5 - Impacto da variável com base no tempo decorrido do projeto	44
Figura 6 - Estrutura organizacional da CPTM	48
Figura 7 - Estrutura organizacional da Diretoria de Planejamento da CPTM	49
Figura 8 - Processo de projeto convencional	51
Figura 9 - Nuvem de pontos	57
Figura 10 - Situação anterior x modelo - Acesso Norte	58
Figura 11 - Fluxo esquemático Ribeirão Pires	60
Figura 12 - Detecção de interferências	61
Figura 13 - Situação anterior x modelo – bilheteria	63
Figura 14 - Fases de modelagem	64
Figura 15 - Fluxo esquemático Rio Grande da Serra	66
Figura 16 - Novo fluxo de projetos (em elaboração)	85
Figura 17 - Situação anterior x modelo - Plataforma	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Gráfico RACI	23
Tabela 2 – Influência das estruturas organizacionais nos projetos	34
Tabela 3 - Organização funcional	36
Tabela 4 - Organização projetizada	37
Tabela 5 - Organização matricial	42
Tabela 6 - Comparação do processo de projeto convencionalmente utilizado na CPTM com o processo de projeto utilizado nos estudos de caso	92

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BIM	<i>Building Information Modeling</i> (Modelagem da Informação da Construção)
CPTM	Companhia Paulista de Trens Metropolitanos
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
LOD	Level of Development (Nível de Desenvolvimento)
ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
PMBOK	<i>Project Management Body of Knowledge</i>
RACI	Responsável, Responsável pela aprovação, Consultar, Informar
CBTU	Companhia Brasileira de Trens Urbanos
FEPASA	Ferrovias Paulista S/A
SIEC	Sistema Informatizado de Engenharia de Custos
TI	Tecnologia da Informação

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	10
1.1	JUSTIFICATIVA	10
1.2	OBJETIVOS	12
1.2.1	Objetivo principal	12
1.2.2	Objetivos secundários	12
1.3	MÉTODOS DE PESQUISA	13
1.4	ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO	14
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO – BIM	15
2.1.1	O que é BIM?	15
2.1.2	Nível de desenvolvimento	16
2.1.3	Principais usos e benefícios	16
2.1.4	Planejamento da implantação do BIM	18
2.2	GESTÃO DE PROJETOS	20
2.3	GESTÃO DE PESSOAS	22
2.3.1	Aquisição e disseminação do conhecimento	24
2.3.2	Mobilização da equipe	26
2.3.3	Motivação	27
2.3.4	<i>Teambuilding</i>	28
2.4	GESTÃO DA COMUNICAÇÃO	29
2.4.1	Gestão das partes interessadas	32
2.5	ESTRUTURA ORGANIZACIONAL	33
2.5.1	Estrutura funcional	35
2.5.2	Estrutura por projetos	36

2.5.3	Estrutura matricial	38
2.6	GESTÃO DE PROCESSO DE PROJETO	42
2.6.1	Projeto simultâneo	45
2.6.2	Retrabalho	45
3.	ESTUDO DE CASO	46
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	46
3.1.1	Estrutura organizacional	46
3.1.2	Processo de projeto convencional	49
3.2	IMPLANTAÇÃO DO BIM NA CPTM	54
3.3	PROJETOS DE ADAPTAÇÃO DE ACESSIBILIDADE	55
3.3.1	Escopo dos projetos	55
3.3.2	Projeto de adaptação da Estação Ribeirão Pires	58
3.3.3	Projeto de adaptação da Estação Rio Grande da Serra	65
3.4	ANÁLISE CRÍTICA	68
3.4.1	Modelagem da Informação da Construção - BIM	68
3.4.2	Gestão de pessoas	72
3.4.3	Gestão da comunicação	76
3.4.4	Estrutura organizacional	80
3.4.5	Gestão e redesenho de processo	81
4.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	93
	REFERÊNCIAS	97

1. INTRODUÇÃO

1.1 JUSTIFICATIVA

A ausência de padronização e a falta de organização no processo de projeto levam a atrasos nos cronogramas contratuais e retrabalho para as equipes, conforme demonstrou a experiência com projetos de estações ferroviárias na CPTM. Os equívocos na etapa de projeto carregam suas consequências para a execução, gerando também imprevistos e aditivos contratuais nas obras, resultando num custo que excede o valor esperado. As questões que envolvem tempo e custo carregam consigo uma maior carga de responsabilidade nas situações em que envolvem gastos públicos.

A cidade de São Paulo tem como um dos maiores desafios a questão da mobilidade urbana. A parcela da população de menor poder aquisitivo é a mais dependente do transporte público, devido às grandes distâncias de locomoção entre a habitação e o trabalho. Sendo assim, é possível afirmar que os investimentos direcionados à qualidade do transporte público de massa têm impacto direto na qualidade de vida da população.

É evidente, portanto, a seriedade da questão dos gastos públicos no setor dos transportes. Na mesma medida, é essencial que haja uma organização dos processos de forma a possibilitar que os projetos de infraestrutura urbana alcancem os resultados desejados no tempo e no custo planejado.

O *Building Information Modeling* (BIM) surgiu no cenário da construção civil como um conceito que permite criar um modelo digital que reúne informações de projeto e integra diferentes disciplinas, abrangendo todo o ciclo de vida das edificações. Já amplamente aceito pelo mercado nacional e internacional, e considerado um grande avanço na indústria, sua implantação nos diferentes tipos de empresas da área de construção civil do país está, na maioria dos casos, em fase inicial.

A implantação do BIM enfrenta desafios particulares no caso de uma empresa pública de transporte ferroviário, com uma malha antiga e em plena operação. É importante que o setor público se mantenha atualizado no que diz respeito à adoção

de novas tecnologias. No caso do BIM, no entanto, sua implantação traz impactos não apenas nas ferramentas utilizadas, mas também no processo de projeto.

A aplicação do BIM pela primeira vez num projeto real da empresa foi feita num ambiente separado das demais equipes e projetos em andamento, por um grupo de pessoas de diferentes áreas reunido especificamente para este fim. A particularidade da experiência gerou um ambiente controlado, no qual foi possível observar e diagnosticar problemas de processo recorrentes na empresa.

A vivência permitiu que os envolvidos pusessem teorias em prática, possibilitando um rico aprendizado em cada etapa do percurso. Da mesma forma que o conhecimento adquirido servirá para a criação de estratégias de melhoria para os futuros projetos dentro da empresa, espera-se que a apresentação do depoimento das primeiras experiências com a metodologia sirva como contribuição para empresas públicas que busquem o aprimoramento do processo de projeto com a utilização do BIM.

1.2 OBJETIVOS

Este trabalho pretende documentar a experiência de implantação do BIM na CPTM, de forma a aproveitar a oportunidade da ocasião única de reflexão e avaliação do método de trabalho para apontar acertos e diagnosticar equívocos.

Paralelamente, será possível avaliar também qual será o impacto do BIM nos processos tradicionais de projeto, analisando quais aspectos do processo deverão sofrer mudanças devido à incorporação do novo conceito e quais ações devem permanecer inalteradas.

1.2.1 Objetivo principal

Análise crítica da experiência da implantação do BIM à luz das recomendações de melhores práticas do processo de projeto de diversos autores, sob a ótica da gestão de projetos, gestão de pessoas, gestão da comunicação, gestão de partes interessadas e estrutura organizacional.

1.2.2 Objetivos secundários

- Documentação da experiência de implantação do BIM na empresa;
- Diagnóstico de acertos e equívocos;
- Análise do impacto do BIM nos processos de projeto tradicionais.

1.3 MÉTODOS DE PESQUISA

A metodologia utilizada para a elaboração deste trabalho foi a revisão bibliográfica, estudo de caso proveniente da experiência vivenciada, completado com coleta de dados e observação participante, e análise crítica dos pontos identificados.

Os temas pesquisados foram conceitos considerados relevantes para este estudo, tais como gestão de projetos, gestão de processos, gestão de pessoas, gestão da comunicação, gestão de partes interessadas, estrutura organizacional e modelagem da informação da construção (BIM), em dissertações, teses, artigos científicos, livros e websites.

A escolha do estudo de caso foi baseada na experiência da participação na elaboração e coordenação dos primeiros projetos realizados em BIM na CPTM, em meio à implantação do conceito na empresa. A coleta de dados baseou-se na análise da documentação, registros e observação participante.

A equipe participante dos projetos descritos no estudo de caso foi composta de engenheiros com diversas especializações, arquitetos e técnicos. A autora teve participação ativa na elaboração dos projetos, com o papel de coordenadora em um deles. A posição permitiu não apenas o acompanhamento próximo de todo o processo como também a comunicação direta com as equipes envolvidas, com os gestores funcionais e com a diretoria responsável pela implantação do BIM na empresa. Tal proximidade possibilitou a coleta, percepção e registro de diferentes opiniões, pontos de vista, posturas e comportamentos por meio de conversas e reuniões inerentes ao trabalho, conforme descrito no item 3.3.

O estudo de caso avaliado visa identificar os processos de gestão descritos na revisão bibliográfica, estabelecendo um vínculo com a literatura estudada. Foram analisadas também documentações internas da empresa analisada, tais como procedimentos e normas internas de gestão e coordenação, assim como evidências de planejamento e controle dos projetos (atas de reunião, relatórios de controle, cronogramas).

1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

O conteúdo deste trabalho está estruturado em quatro capítulos.

O primeiro capítulo apresenta a introdução, o objetivo do trabalho, a metodologia da pesquisa e a estrutura da monografia.

O segundo capítulo apresenta a revisão bibliográfica, abordando os principais conceitos da modelagem da informação da construção (BIM), gestão de projetos, gestão de pessoas, gestão da comunicação, estrutura organizacional e gestão de processo de projeto.

O terceiro capítulo apresenta o estudo de caso, a partir da caracterização da empresa, seguida pela descrição da implantação do BIM na empresa e dos projetos-piloto, objetos de pesquisa desta monografia. Ao final, é feita uma análise crítica do caso apresentado à luz de cada tópico pesquisado no capítulo anterior.

O quarto capítulo apresenta as considerações finais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO - BIM

2.1.1 O que é BIM?

"BIM é 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 construção." (SANTOS, 2015)

Ainda segundo Santos (2015), o modelo BIM contém informações coordenadas e consistentes que são utilizadas pelos diferentes participantes do empreendimento, desde os projetistas até os construtores e operadores, para diversos fins, como estimativas, simulações, projetos, visualização, planejamento, construção, entre outros. O modelo digital não representa apenas as características geométricas da edificação, mas também a relação entre seus componentes, parâmetros e atributos, e permite o armazenamento de informações relevantes durante todo o ciclo de vida da edificação, pelos diferentes agentes envolvidos.

Building Information Modeling - BIM é um conjunto de políticas, processos e tecnologias que, combinados, geram uma metodologia para gerenciar o processo de projetar uma edificação ou instalação e ensaiar seu desempenho, gerenciar as suas informações e dados, utilizando plataformas digitais (baseadas em objetos virtuais), através de todo seu ciclo de vida. (CBIC, 2016)

A CBIC (2016) classifica o BIM como um processo progressivo que possibilita a modelagem, o armazenamento, a troca, a consolidação e a acessibilidade às informações a respeito de uma edificação, seja para a sua construção, seu uso ou sua manutenção.

2.1.2 Nível de desenvolvimento

Santos (2015) ressalta que os elementos evoluem de ideias conceituais até sua descrição precisa durante o desenvolvimento do projeto. O autor conhece o estágio de desenvolvimento do seu projeto, diferentemente do que normalmente ocorre com os demais interessados. É fácil, portanto, que a precisão da modelagem de um elemento seja interpretada de forma equivocada.

Um elemento genérico e com localização aproximada num modelo BIM pode ter a mesma aparência de um elemento em seu estágio final com posicionamento exato. É necessário que o autor se proteja contra o uso de informações não finalizadas de seu modelo e que autorize o uso de outras, identificando corretamente cada caso.

Para isso, o conceito de LOD (Level of Development ou Nível de Desenvolvimento), que se refere ao nível de confiabilidade das informações contidas no modelo, é importante para a contratação de serviços que envolvam entregas de modelos BIM, especificando o grau de detalhamento geométrico e de informações que o modelo deve apresentar e estabelecendo uma referência padrão de confiabilidade de modelos nos diferentes estágios dos processos de projeto e construção.

O autor apresenta as características de cada nível:

- LOD 100 - representação simbólica e não-gráfica;
- LOD 200 - representação genérica e sem especificação de medidas;
- LOD 300 - representação exata e precisa de dimensões e localização;
- LOD 350 - representação exata e precisa de dimensões e localização, com interfaces precisas;
- LOD 400: representação utilizada para fabricação;
- LOD 500: elementos *as-built*.

2.1.3 Principais usos e benefícios

O CBIC (2016) cita como alguns dos principais usos e benefícios do BIM:

- Visualização do que está sendo projetado;
- Extração automática das quantidades;
- Realização de simulações e ensaios virtuais;

- Identificação automática de interferências (geométricas e funcionais);
- Geração de documentos mais consistentes e íntegros;
- Capacitação das empresas para executarem construções mais complexas;
- Viabilização e intensificação do uso da industrialização;
- Complemento do uso de outras tecnologias;
- Preparo das empresas para um cenário futuro;
- Análises de construtibilidade;
- Desenvolvimento de maquetes eletrônicas;
- Registro e controle visual de diferentes versões dos modelos.

Santos (2015) cita como benefícios gerais:

- Detecção antecipada de interferências entre disciplinas (compatibilização);
- Redução de riscos (construção virtual);
- Aumento de produtividade (planejamento, automação);
- Controles de prazo e qualidade da obra facilitados (cronograma, *as-built*);
- Melhora na qualidade dos projetos (acurácia e valor);
- Redução nos custos de projeto e produção;
- Redução nos custos de operação e manutenção.

Posteriormente, o autor classifica os principais usos do BIM em cada fase do projeto. No caso da concepção, o BIM pode ser utilizado para a elaboração do programa arquitetônico, estudo de massa, estudos de movimentação de terra, estimativas de custos e visualização do cliente.

Para a fase de projeto, o BIM pode ser utilizado para a modelagem paramétrica em 3D, colaboração simultânea entre projetistas e partes interessadas, auxílio ao projeto (como por exemplo cálculos para automação), simulações e análises (estrutura, acústica, iluminação etc.), geração de documentação, compatibilização, avaliação de sustentabilidade e verificação de atendimento a normas e parâmetros definidos.

No caso do planejamento e gestão, o uso do BIM pode ser aplicado para extração de quantitativos, planejamento de tempo (estratégia, sequenciamento, cronograma, verificação do andamento real x planejado) e custo (cronograma físico-financeiro).

Para a construção, o uso do BIM pode envolver a modelagem de equipamentos temporários (fôrmas, andaimes etc.), o projeto do layout e logística do canteiro de obras, a locação automatizada, pré-construção e pré-fabricação.

No caso de operação e manutenção, Santos (2015) cita a utilização do BIM para equipamentos manuais, especificações, garantias, listas de peças de reposição, esquema de manutenção preventiva, *as-builts*, procedimentos de manutenção, contatos de fornecedores, registros de testes, documentos regulatórios, entre outros.

Já para *retrofit* ou demolição, o BIM pode ser utilizado para o levantamento das condições existentes, planejamento da reforma com a edificação em uso, planejamento de demolição, resgate em catástrofes ou reciclagem de materiais.

2.1.4 Planejamento de implantação do BIM

A utilização do sistema BIM exige uma nova forma de pensar. Profissionais habituados a desenvolver projetos utilizando metodologias e processos tradicionais aplicados à plataforma 2D veem a necessidade de alterar seus conceitos quando da utilização da tecnologia BIM. As equipes que tradicionalmente eram fragmentadas e controladas se tornam uma equipe única integrada e colaborativa. (SILVA; MELHADO, 2014)

Santos (2015) cita como alguns dos fatores críticos para o sucesso da implantação do BIM numa organização o planejamento, a seleção do projeto piloto adequado, a escolha dos participantes, o treinamento, a infraestrutura (*hardware*, *software*, rede) e o suporte (TI, consultoria). O projeto piloto deve ter tipologia conhecida ou prazo generoso, complexidade controlada e o envolvimento de diversas disciplinas.

Preliminarmente, é necessária a definição do empreendimento piloto e seus parceiros, líderes e capacidades. É fundamental também o estabelecimento de metas, com os objetivos do uso do BIM, como por exemplo melhorar a produtividade na obra ou eliminar as interferências entre as disciplinas.

O autor cita também a necessidade de estabelecer quais serão os usos do BIM no empreendimento e mapear os processos atuais, com seus respectivos responsáveis, sequenciamento e comunicação, para que seja possível em seguida mapear os

novos processos propostos para o BIM. Deve também ser definida a troca de informações no projeto, desde o nível do detalhamento dos elementos nos modelos até os responsáveis por cada um dos diversos dados.

Devem ser fixados os procedimentos de colaboração, com modelos, responsáveis e frequência de atualização, assim como a infraestrutura de colaboração, procedimentos de controle de qualidade, aplicativos e padronizações, como nomes de arquivos, unidades, bibliotecas.

O autor divide em três etapas o processo de implantação do BIM numa organização, salientando que cada caso é único, e que se trata de um longo caminho, que nunca foi totalmente percorrido:

- Avaliação: Análise da organização para diagnóstico da sua situação atual e determinação de áreas essenciais para a implantação do BIM.
- Alinhamento: Determinação dos usos e níveis da implantação do BIM.
- Avanço: Definição de diretrizes para integração do BIM às práticas organizacionais vigentes.

A ABDI (2017) afirma que o fluxo básico do processo de projeto BIM inverte o método de trabalho tradicional, em que a análise do projeto é feita a partir de desenhos bidimensionais, que passarão por ciclos de revisão até atingirem um patamar satisfatório de solução. No caso do BIM, a coordenação e a solução de conflitos ocorre no modelo virtual. Para isso, é necessária a participação de todas as especialidades técnicas desde o início do empreendimento, ao contrário do modelo tradicional.

O CBIC (2016) cita como obstáculos para a adoção do BIM a inércia e a resistência a mudanças das organizações e pessoas envolvidas, além da dificuldade de compreensão do que é BIM e dos seus reais benefícios. Também cita as questões culturais e particularidades do mercado brasileiro, no qual parte dos projetistas enxerga no BIM um aumento de escopo e de responsabilidades num projeto, assim como a necessidade de investimento e capacitação.

2.2 GESTÃO DE PROJETOS

"A atividade de projeto deve ser entendida como instrumento fundamental para o aumento da competitividade da empresa, integrando-se aos demais processos que participam do ciclo da qualidade" (MELHADO, 2004).

O PMI® (2013) define o gerenciamento de projetos como "a aplicação do conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto para atender aos seus requisitos", que é realizado por meio da aplicação e integração apropriada dos seguintes itens:

- Identificação dos requisitos;
- Abordagem das diferentes necessidades, preocupações e expectativas das partes interessadas no planejamento e execução do projeto;
- Estabelecimento, manutenção e execução de comunicações ativas, eficazes e colaborativas entre as partes interessadas;
- Gerenciamento das partes interessadas visando ao atendimento aos requisitos do projeto e à criação das suas entregas;
- Equilíbrio das restrições conflitantes do projeto (escopo, qualidade, cronograma, orçamento, recursos, riscos, entre outros).

"A totalidade dos projetos em andamento deve ser contemplada em um planejamento global dos projetos da empresa, de forma a garantir adequado suprimento de recursos, principalmente os humanos, para a consecução satisfatória de todos os seus projetos." (MELHADO; CAMBIAGHI, 2006).

De acordo com Melhado (1994), a atividade de projetar não pode ser resumida à caracterização geométrica e às especificações de acabamento do produto desejado, pois há uma série de dados referentes ao processo de produção que devem ser colocados entre as informações que compõem o conjunto de elementos de projeto. Existe a necessidade de orientação e sequenciamento das atividades ao longo do ciclo de vida do projeto, o que distingue as informações necessárias de um apanhado de normas para a execução dos serviços. O autor identifica os princípios básicos propostos para o desenvolvimento e a coordenação de um projeto, que devem ser orientados pela busca da qualidade em todas as fases do empreendimento:

- A adequação das relações entre o planejamento do empreendimento e projeto, suprimentos e projeto, projeto e execução, projeto e uso e manutenção, levando em consideração os princípios da qualidade;
- A ligação do empreendimento e das relações externas da empresa com o projeto, considerando o seu caráter sistêmico;
- O estudo dos meios estratégicos, físicos e tecnológicos necessários para a execução;
- A disponibilidade de informações de apoio à elaboração do projeto;
- O projeto como serviço, gerando um projeto como produto;
- A coordenação de forma interativa de uma equipe multidisciplinar.

Mikaldo e Scheer (2008), por sua vez, apontam que a complexidade dos produtos da construção segmentou as etapas do desenvolvimento dos projetos, prejudicando a comunicação e a integração das equipes. Os autores afirmam que quanto maiores os esforços dedicados ao desenvolvimento dos projetos integrados ou projetos simultâneos, menores serão os esforços necessários dedicados ao processo de compatibilização de projetos.

Manzione (2006) cita como algumas das principais causas da ineficácia do planejamento de projetos uma coordenação centralizadora, atuante apenas na compatibilização, dificultando a comunicação e promovendo baixo intercâmbio entre a equipe. Outro ponto citado é o modelo de projeto sequencial e lento, focado na entrega de desenhos e com excessiva informalidade.

Ruschel et al. (2006) salienta a influência dos avanços tecnológicos e as mudanças globais das relações sociais nos projetos civis. Houve um aumento na exigência da qualidade ambiental das construções, criando a necessidade crescente de colaboração das partes interessadas de um projeto para produzir com eficiência e qualidade, demandando um aprimoramento dos procedimentos adotados e a aplicação de metodologias mais sistemáticas de pesquisa e projeto.

2.3 GESTÃO DE PESSOAS

Fleury et al. (2002) define como modelo de gestão de pessoas a forma como uma empresa se organiza para gerenciar e orientar o comportamento humano no trabalho, por meio de uma estrutura que define princípios, estratégias, políticas e práticas ou processos de gestão. A partir disso, determina diretrizes e orienta estilos de atuação de gestores em sua relação com os funcionários.

O PMI® (2013) afirma que o objetivo do planejamento dos recursos humanos é determinar e identificar recursos humanos com as habilidades necessárias para o sucesso do projeto. Para isso, é necessário definir qual será a abordagem e estruturação dos papéis e responsabilidades, da estrutura hierárquica e da gestão do pessoal dentro de um projeto. São necessários cronogramas para a mobilização e liberação de pessoal, identificação das necessidades de treinamento, estratégias para a construção da equipe, planos para programas de reconhecimento e recompensas, considerações sobre conformidade, questões de segurança e o impacto do plano de gerenciamento de pessoal sobre a organização. Um planejamento eficaz deve levar em consideração a disponibilidade ou a competição por recursos escassos, que pode ocorrer na empresa se outro projeto necessitar de recursos humanos com as mesmas competências.

Os autores definem a matriz de responsabilidades como uma tabela que apresenta os recursos dos projetos alocados em cada tarefa, de forma que sejam ilustradas as conexões entre as atividades e os membros da equipe de projeto. Um exemplo é o gráfico RACI, que estabelece um recurso designado para cada atividade, garantindo divisões claras de papéis e expectativas.

Tabela 1 - Gráfico RACI

Gráfico RACI	Indivíduo				
	Ana	João	Carlos	Cláudia	Sueli
Criar termo de abertura	A	R	I	I	I
Coletar os requisitos	I	A	R	C	C
Apresentar solicitação de mudança	I	A	R	R	C
Desenvolver plano de testes	A	C	I	I	R

R = Responsável A = Responsável pela aprovação C = Consultar I = Informar

Fonte: PMI® (2013)

De acordo com Fleury et al. (2002), conforme se sofisticam os negócios em termos de tecnologia, mercado, expansão ou abrangência, o sucesso da organização fica mais dependente de um padrão de comportamento coerente com esses negócios. Os fatores que condicionam o modelo de gestão de pessoas são a tecnologia adotada, a estratégia de organização do trabalho, a cultura e a estrutura organizacionais e fatores externos.

A autora afirma ainda que no caso de uma estrutura departamental, orientada para a cadeia de comando e controle, o modelo de gestão de pessoas passa a ser igualmente segmentado e restritivo. As formas de remunerar, capacitar e recrutar pessoas são limitadas, com ações dependentes de ordem superior e do manual de procedimentos, voltadas a objetivos setoriais e sem perspectiva abrangente ao conjunto da empresa. Na estrutura matricial, entretanto, é importante a percepção da os objetivos empresariais como um todo, de forma que o processo de treinamento incentive a visão sistêmica da organização.

Considerando o comportamento organizacional como o direcionamento das relações pessoais que ocorrem na empresa, podem ser consideradas intervenções de gestão de pessoas a definição de uma estratégia, a implementação de diretriz que impacte no comportamento dos funcionários, ou a fusão de uma unidade organizacional.

2.3.1 Aquisição e disseminação do conhecimento

Fleury et al. (2002) afirmam que a aprendizagem pode ser entendida como um processo no qual emoções mediam estímulos diversos, podendo ou não produzir mudança no comportamento das pessoas. Entende-se que ela pode ocorrer no nível do indivíduo, compartilhado pelo grupo ou mesmo no nível da organização, tornando-se institucionalizado e expressando-se na estrutura, regras e procedimentos da empresa.

Para os autores, o conhecimento é um recurso que deve ser gerenciado para melhorar o desempenho da empresa. Eles apresentam as condições observadas por Grant (1996) para que o conhecimento agregue valor à organização.

- Transferibilidade - capacidade de transferir conhecimento dentro da empresa.
- Agregação - capacidade do receptor de agregar o conhecimento transferido ao seu conhecimento prévio.
- Apropriabilidade - habilidade do proprietário de um recurso em receber retorno equivalente ao valor criado pelo recurso.
- Especialização na aquisição de conhecimento - necessidade de especialistas na aquisição, armazenagem e processamento em determinada área do conhecimento.
- Importância para a produção - o conhecimento deve agregar valor ao processo produtivo.

Ainda segundo os autores, a aquisição de conhecimentos e o desenvolvimento de competências podem ocorrer por processos proativos ou reativos. Os processos proativos (experimentação e inovação) geram novos conhecimentos e metodologias, criando novos produtos ou serviços baseados em situações não rotineiras.

Os processos reativos, por sua vez, dividem-se em três modalidades:

- Resolução sistemática de problemas (diagnóstico feito com métodos, uso de informações para a tomada de decisões ou uso de estatísticas para organização dos dados)
- Observação de experiências realizadas por outras organizações.
- Contratação de pessoal, como fonte de renovação dos conhecimentos da organização

A disseminação do conhecimento pode ocorrer por diferentes processos, como

comunicação e circulação do conhecimento, treinamento, rotação de pessoas por áreas ou unidades da empresa ou trabalho em equipes diversas, de forma que trabalhem em novas situações e que interajam com pessoas de *background* cultural diferente.

Estruturas excessivamente centralizadas e formalizadas impedem que a organização responda rapidamente a mudanças ambientais, tecnológicas e sociais. Para isso, é fundamental o estabelecimento de estruturas organizacionais que permitam o emprego intensivo de espaços coletivos de decisão. FLEURY et al. (2002)

Fleury et al. (2002) salientam que o modelo de gestão deve proporcionar condições de decisão compartilhada e de ação focada no resultado final, otimizando a utilização de recursos. É importante que existam sistemas de ampliação da participação em processos decisórios e que facilitem a comunicação interna, de forma a estimular a "socialização" de informações, atribuições e responsabilidades.

Os autores afirmam que a estrutura tecnológica não é suficiente para o compartilhamento do conhecimento, sendo necessário que haja participação e mobilização das lideranças e de suas equipes para que o sistema atinja os objetivos propostos. Para que se favoreça a inteligência empresarial, é essencial intensificar e otimizar as atividades do ciclo de gestão de conhecimentos específicos sobre o negócio e a empresa.

Apenas com a participação ativa de pessoas motivadas e comprometidas no dia a dia com todo o projeto será construído um sistema de gestão eficaz. Para tanto, é fundamental a criação de um ambiente e de uma cultura empresarial cujos princípios e valores disseminados sejam propícios à formação e atuação de lideranças que implementem processos de aprendizagem e estimulem as pessoas ao desenvolvimento, de forma a aumentar a inteligência empresarial e, conseqüentemente, melhorar o desempenho.

2.3.2 Mobilização da equipe

Segundo o PMI® (2013), os responsáveis pelo gerenciamento do projeto podem ou não ter controle sobre a seleção dos membros da equipe, uso de pessoal subcontratado, ambiente de projeto em estrutura matricial, relações hierárquicas, entre outros aspectos relevantes. Os autores citam os seguintes fatores para consideração na mobilização da equipe do projeto:

- Negociação eficaz e influência em pessoas capazes de fornecer os recursos humanos necessários para o projeto.
- Cronogramas, orçamentos, satisfação do cliente, qualidade e riscos podem ser afetados pela falta de mobilização dos recursos humanos necessários para o projeto.
- No caso de indisponibilidade de recursos humanos devido a restrições, fatores econômicos ou designações anteriores para outros projetos, pode ser necessária a utilização de recursos alternativos, possivelmente menos competentes.

O PMI® (2013) menciona ainda que poderá ser necessária negociação da equipe de gerenciamento do projeto com gerentes funcionais, com o objetivo de que o projeto tenha a participação de pessoal com as competências adequadas no prazo necessário, de forma a garantir a autorização para que os membros da equipe trabalhem no projeto até a conclusão de suas atribuições. Também pode ser necessária negociação com equipes de gestão de projetos responsáveis pela sua execução, além de organizações externas, fornecedores, prestadores de serviços, entre outros, para que sejam obtidos recursos humanos apropriados, escassos, especializados, qualificados, certificados ou com a característica necessária para o projeto.

2.3.3 **Motivação**

Conforme salienta o PMI® (2013), reconhecer e recompensar o comportamento desejável faz parte do processo de desenvolvimento da equipe de projeto. A demonstração da valorização das pessoas dentro de uma organização por meio de recompensas traz motivação. Essa demonstração da valorização pode ocorrer por meio de aspectos tangíveis, como o dinheiro, ou intangíveis, que podem ser tão ou mais eficazes, envolvendo oportunidades para se desenvolver ou utilizar suas habilidades profissionais enfrentando novos desafios. O PMI® considera uma boa estratégia para gerentes de projetos conceder à equipe o reconhecimento durante o ciclo de vida do projeto e não esperar até que projeto seja concluído.

Fleury et al. (2002) apresentam teorias motivacionais consagradas e suas condições favoráveis, algumas descritas a seguir:

Maslow (1943) apresenta cinco necessidades que direcionam o comportamento, em ordem de predominância, de forma que o desejo de algo implica a satisfação de desejos anteriores. As necessidades são as fisiológicas (relativas a fome e sede), as de segurança (minimizar a possibilidade de perigo), as sociais e de amor (amigos e família), as de autoestima (autoconfiança, valor, força e percepção de ser útil no mundo) e as de autorrealização (expressão do seu potencial único).

Já Herzberg (1959) afirma que os fatores que fazem com que os indivíduos se sintam especialmente bem são motivadores, e cita o crescimento, o progresso, a responsabilidade, o próprio trabalho, o reconhecimento e a realização. Já os fatores higiênicos são aqueles que fazem com que os indivíduos não se sintam insatisfeitos, mas não necessariamente satisfeitos, como segurança, status, relacionamento com os subordinados, colegas e supervisor, vida pessoal, salário, condições de trabalho, supervisão, política e administração da empresa.

A teoria de Locke (1968) baseia-se no fato que as pessoas têm a necessidade de vislumbrar objetivos claros e diretrizes bem definidas. Dessa forma, a definição de metas específicas e claras contribui para a satisfação da necessidade dos indivíduos. Locke cita também que metas com grau razoável de dificuldade e definidas com a participação dos empregados produzem melhores resultados do que metas muito fáceis ou que foram definidas sem o envolvimento daqueles que as

executam.

A teoria da equidade, por sua vez, define o grau da equidade pela razão entre o esforço ou entrega individual e a recompensa. Conforme a teoria, o maior determinante do desempenho e da satisfação no trabalho é o grau de equidade ou iniquidade que um indivíduo percebe na situação profissional.

A teoria de Vroom (1964) define a expectativa como o grau em que a pessoa espera que seus objetivos sejam atingidos. Dessa forma, a força para a inclinação para uma ação depende da força da expectativa ou probabilidade de que o ato seja seguido por um resultado de alto valor.

“A motivação tem sido vista como uma saída para melhorar o desempenho profissional no que diz respeito tanto à produtividade quanto à saúde organizacional e à satisfação dos trabalhadores.” (FLEURY et al., 2002)

Fleury et al. (2002) salientam ainda que cabe ao gestor identificar os norteadores de comportamento de cada membro da equipe, de modo a gerir a direção da energia que naturalmente se encontra dentro de cada um para um sentido compatível com os objetivos da organização e com o crescimento de cada integrante de seu grupo de trabalho.

2.3.4 Teambuilding

De acordo com o PMI® (2013), desenvolver a equipe do projeto consiste no processo de melhoria de competências, da interação da equipe e do ambiente de modo a aprimorar o desempenho do projeto. Espera-se assim aumentar a capacidade da equipe em concluir as entregas de projeto com maior qualidade e menor custo e prazo, além de minimizar os conflitos entre os membros da equipe, melhorando a motivação e o consenso. Outra consequência esperada é a criação de uma cultura colaborativa que melhore a produtividade individual e estimule a cooperação, permitindo o treinamento e a mentoria entre os membros da equipe, por meio de compartilhamento de conhecimento.

Os autores citam a Escada de Tuckman (1965), que descreve as etapas de desenvolvimento pelas quais passam as equipes.

- Formação: a equipe é informada sobre o projeto, seus papéis e responsabilidades.
- Conflito: iniciam-se as decisões técnicas e a abordagem de gerenciamento de projetos. O ambiente pode se tornar contraprodutivo se os membros da equipe não estiverem colaborativos e receptivos a diferentes pontos de vista.
- Acordo: os membros da equipe ajustam seus hábitos e comportamentos para apoiar a equipe.
- Desempenho: as equipes que alcançam a etapa de desempenho funcionam como uma unidade organizada. São interdependentes e solucionam os problemas com segurança e eficácia.
- Dispersão: o trabalho é concluído e a equipe se desliga do projeto.

Conforme salienta o PMI® (2013), a estratégia de colocar toda a equipe de projeto no mesmo local para aprimorar sua capacidade ou atuar como uma equipe é chamada de *agrupamento* ou *matriz apertada*. Tal organização pode ser temporária, em ocasiões estrategicamente importantes durante o projeto, ou durar o projeto inteiro, podendo incluir uma sala de reuniões da equipe (às vezes chamada de “sala de guerra”), com o objetivo de incentivar a comunicação e o senso de comunidade.

2.4 GESTÃO DA COMUNICAÇÃO

A função do processo de comunicação empresarial, segundo Fleury et al. (2002), é garantir a execução, o monitoramento, o controle e a avaliação dos trabalhos realizados nas organizações. Outra função é a de inovação, oferecendo a comunicação de mudanças e alteração de procedimentos e processos, além da função de socialização, que trata dos meios de realização do trabalho.

Os autores apresentam conceitos fundamentais a respeito da comunicação. O emissor é a fonte da mensagem, enquanto o receptor é aquele a quem a mensagem é dirigida. O canal é o meio pelo qual a mensagem é enviada. A mensagem, por sua vez, é o produto emitido pela fonte, que contém a informação a ser transmitida. Código é a transformação convencionalizada que permite converter mensagens em um

conjunto de signos ou sinais. Ruídos são as distorções na transmissão da mensagem, e sistema é o conjunto de partes interativas.

O PMI® (2013) salienta que as partes interessadas podem ter diferenças culturais, organizacionais, além de diferentes níveis de conhecimento e diversas perspectivas e interesses que podem influenciar o projeto. Uma comunicação eficaz é capaz de criar uma ponte entre os participantes e envolve atividades com as seguintes dimensões a serem consideradas, entre outras:

- Interna (equipe de projeto) e externa (cliente, fornecedores, outros projetos, organizações, o público);
- Formal (relatórios, minutas, instruções) e informal (e-mails, memorandos, discussões *ad hoc*);
- Vertical (nos níveis superiores e inferiores da organização) e horizontal (com colegas);
- Oficial (boletins informativos, relatório anual) e não oficial (comunicações confidenciais);
- Escrita e oral, verbal (inflexões da voz) e não verbal (linguagem corporal).

Segundo Souza (2001), existem duas regras fundamentais para um bom funcionamento da troca de informações. É necessário que os meios de comunicação e seu modo de funcionamento sejam estabelecidos pelos agentes. Além disso, é essencial que os papéis dos agentes sejam claramente definidos e que cada um aceite o papel que lhe foi destinado.

As necessidades de informação e os métodos de distribuição de cada projeto variam a cada caso. É necessário considerar quem precisa acessar as informações, em que momento as informações serão necessárias, onde serão armazenadas e como podem ser recuperadas. Além disso, devido ao grande efeito da estrutura da organização nos requisitos de comunicações do projeto, o gerenciamento das comunicações está estreitamente vinculado aos fatores ambientais da empresa, conforme o PMI® (2013).

Os autores classificam os métodos de comunicação em:

- Comunicação interativa - Troca de informações multidirecional entre duas ou mais partes, como reuniões, telefonemas videoconferências etc.
- Comunicação ativa. - Para destinatários específicos, não garante a chegada ou a compreensão da mensagem. Alguns exemplos são cartas, relatórios e e-mails.
- Comunicação passiva. - Requer que os destinatários acessem o conteúdo a seu próprio critério, normalmente é usada para volumes muito grandes de informações ou grandes públicos. Inclui sites de intranet, bancos de dados de lições aprendidas, entre outros.

Ballejos e Montagna (2010) afirmam que o processo de projeto possui agora uma tendência de foco na experiência participativa, alterando o projeto para usuários para projetos com usuários, o que exige novas formas de trabalhar, nas quais todos os agentes envolvidos no processo de projeto podem colaborar. Por serem a principal fonte dos requisitos para o desenvolvimento do projeto, a participação dos *stakeholders* é essencial para que suas necessidades sejam atendidas e para permitir a definição e validação de requisitos.

Algumas das barreiras à comunicação eficaz citadas por Fleury et al. (2002) são:

- Sobrecarga de Informações, como por exemplo excesso de e-mails, inviabilizando a comunicação do que é realmente importante.
- Tipo de Informação: pode haver dificuldade de apreensão de determinado tipo, forma ou conteúdo de informação.
- Fontes: a credibilidade e o grau de influência da fonte podem interferir na eficácia da comunicação.
- Localização física: locais com excesso de ruídos ou estímulos à atenção podem interferir negativamente no processo de comunicação.
- Filtragem: trata-se da manipulação da informação. Quanto mais níveis hierárquicos houver na estrutura organizacional, maiores as chances de haver filtragem.

- Linguagem: é possível que existam dificuldades na compreensão dos vários grupos numa mesma organização quando houver diferenças de formação, de área de atuação ou de níveis de escolaridade.

Os autores definem a percepção como um processo de captação da informação que se dá por meio de transformações dos dados primários, com o objetivo de classificá-los em definições preestabelecidas. Nesse contexto, o entorno influi na percepção da cena, causando distorções entre o real e o percebido. Possíveis interferências na percepção social são a *estereotipagem*, na qual não se percebe o fato real, mas a projeção de um estereótipo; o *efeito halo*, no qual a percepção que se tem de algo contamina um objeto correlato; e a *expectativa*, na qual percebe-se o que se quer.

2.4.1 Gestão das partes interessadas

A gestão das partes interessadas do projeto inclui os processos exigidos para identificar todas as pessoas, grupos ou organizações que podem impactar ou serem impactados pelo projeto, analisar as expectativas das partes interessadas e seu impacto, e desenvolver estratégias de gerenciamento apropriadas para o engajamento eficaz dos envolvidos nas decisões e execução do projeto. (PMI®, 2013)

Além disso, a gestão das partes interessadas engloba também a comunicação contínua entre os participantes do projeto, para que suas necessidades e expectativas sejam compreendidas, de modo a gerenciar interesses conflitantes e incentivar o comprometimento de todos com as decisões e atividades do projeto.

Conforme o PMI® (2013), a análise de partes interessadas acontece de acordo com as seguintes etapas:

- Identificação das potenciais partes interessadas do projeto e as informações relevantes, como papéis, departamentos, interesses, conhecimentos, expectativas e níveis de influência.
- Identificação do impacto ou apoio potencial que cada parte interessada poderia gerar e classificá-los a fim de definir uma estratégia de abordagem

- Avaliação de como as principais partes interessadas provavelmente reagirão ou responderão em várias situações, a fim de planejar como influenciá-las para aumentar seu apoio e mitigar os impactos negativos em potencial.

Para os autores, o processo de planejamento do gerenciamento das partes interessadas demonstra como o projeto afetará cada participante do projeto, de maneira a permitir que o gerente de projetos desenvolva formas de engajar as partes interessadas de maneira eficaz, a fim de gerenciar suas expectativas e cumprir os objetivos do projeto.

O PMI® (2013) classifica o nível de engajamento das partes interessadas da seguinte forma:

- Desinformado. Sem conhecimento do projeto e impactos potenciais.
- Resistente. Ciente do projeto e dos impactos potenciais e resistente à mudança.
- Neutro. Ciente do projeto e mesmo assim não dá apoio ou resiste.
- Dá apoio. Ciente do projeto e dos impactos potenciais e dá apoio à mudança.
- Lidera. Ciente do projeto e dos impactos potenciais e ativamente engajado em garantir o êxito do projeto.

Os autores afirmam que a gestão do engajamento das partes interessadas abrange envolver cada participante na etapa apropriada, para obter seu compromisso continuado com o êxito do projeto; gerenciar as expectativas de cada um por meio de negociação e comunicação; abordar as preocupações potenciais, antecipando problemas futuros que podem ser colocados pelas partes interessadas; e esclarecer e solucionar as questões identificadas.

2.5 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL

O PMI® (2013) define estrutura organizacional como “um fator ambiental da empresa que pode afetar a disponibilidade dos recursos e influenciar a forma como os projetos são conduzidos.” As estruturas organizacionais podem ser classificadas

entre funcionais, matriciais ou projetizadas, e suas principais características estão relacionadas na tabela 2.

Tabela 2 - Influência das estruturas organizacionais nos projetos

Estrutura da organização Características do projeto	Funcional	Matricial			Projetizada
		Matriz fraca	Matriz por matricial	Matriz forte	
Autoridade do gerente de projetos	Pouca ou nenhuma	Baixa	Baixa a moderada	Moderada a alta	Alta a quase total
Disponibilidade de recursos	Pouca ou nenhuma	Baixa	Baixa a moderada	Moderada a alta	Alta a quase total
Quem gerencia o orçamento do projeto	Gerente funcional	Gerente funcional	Misto	Gerente do projeto	Gerente do projeto
Papel do gerente de projetos	Tempo parcial	Tempo parcial	Tempo integral	Tempo integral	Tempo integral
Equipe administrativa de gerenciamento de projetos	Tempo parcial	Tempo parcial	Tempo parcial	Tempo integral	Tempo integral

Fonte: PMI® (2013)

Oliveira e Melhado (2006) afirmam que os principais fatores que influenciam as decisões sobre a estrutura organizacional são o ambiente da empresa, o seu tamanho, a tecnologia utilizada e a estratégia da organização.

Martínez-Léon e Martínez-García (2011) salientam que a estrutura reflete o esquema formal das relações, comunicações, processos decisórios, procedimentos e sistemas, permitindo à organização desenvolver suas funções e atingir seus objetivos. A estrutura influencia substancialmente a distribuição e coordenação dos recursos da companhia, os processos de comunicação e de interação social entre os membros. Portanto, a configuração da estrutura organizacional *impede* ou *facilita* a capacidade da companhia de se adaptar a mudanças, de aprender, de inovar ou de melhorar sua habilidade de gerar valor agregado para seus consumidores.

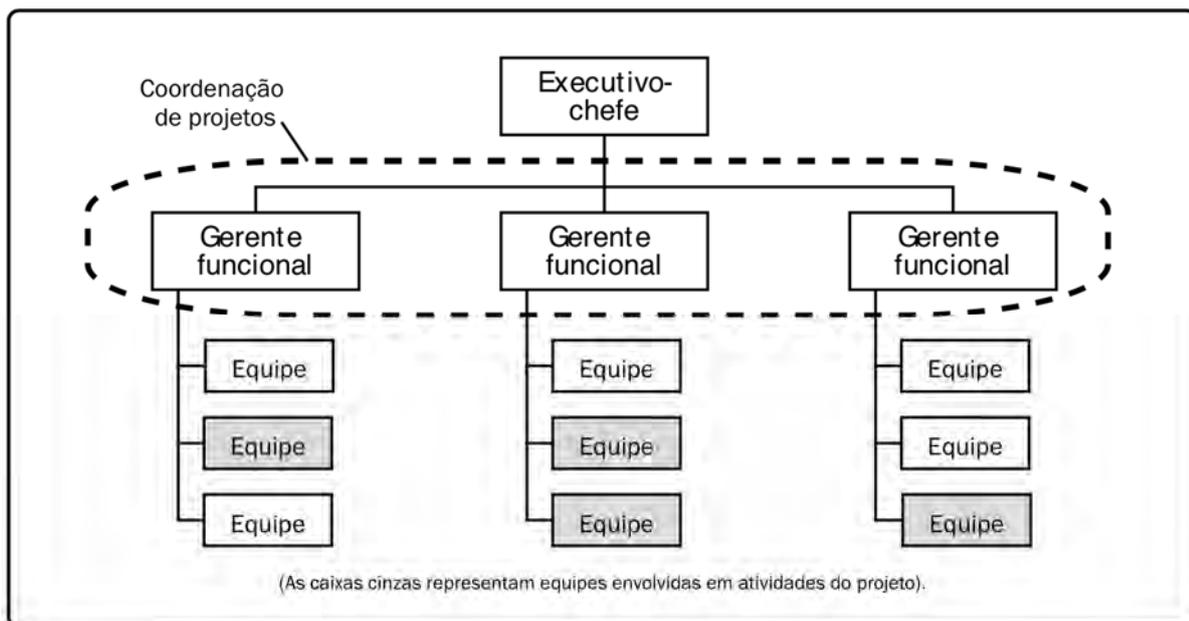
Os autores fazem uma análise da relação entre estrutura e o aprendizado organizacional, salientando que, de modo geral, se as características da estrutura organizacional são mais próximas da forma orgânica - menos centralizada, com menos especialização horizontal, menos formal e mais autônoma - os níveis de aprendizado organizacional serão maiores. Por outro lado, se a estrutura

organizacional é mais próxima da forma mecânica, o nível de aprendizado da organização é menor.

2.5.1 Estrutura funcional

O PMI® (2013) define a organização funcional como “uma hierarquia em que cada funcionário possui um superior bem definido. No nível superior, os funcionários são agrupados por especialidade, como produção, marketing, engenharia e contabilidade.” Cada especialidade pode ser ainda subdividida, como por exemplo no caso de engenharia elétrica, mecânica ou civil. Nesse tipo de organização, o trabalho de cada departamento é feito de modo independente dos demais, conforme mostra a figura 1.

Figura 1 - Organização funcional



Fonte: PMI® (2013)

Para Vasconcellos e Hemsley (2002), a organização funcional permite um maior aprofundamento da especialização nos departamentos, com o aumento da capacitação técnica devido à troca de experiências entre os especialistas. A preocupação com o aperfeiçoamento técnico desse tipo de estrutura leva conseqüentemente à maior qualidade do trabalho. Os profissionais apresentam maior satisfação, por estarem agrupados com pessoas da mesma área e com uma

carreira mais definida. Outra vantagem é a existência de um único responsável pelo grupo de técnicos da mesma especialidade, além da maior facilidade e eficiência na administração de cada grupo funcional.

Patah e Carvalho (2002) elencam os prós e contras dessa estrutura na tabela 3.

Tabela 3 - Organização funcional

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> ● existe uma grande flexibilidade no uso dos recursos humanos necessários ao projeto; ● especialistas em determinado assunto podem ser utilizados em diferentes projetos; ● os especialistas de um mesmo departamento podem ser facilmente reunidos para compartilhar conhecimentos e experiências; ● o departamento funcional é a base para a continuidade do conhecimento tecnológico, quando um indivíduo deixa o projeto ou mesmo a empresa; ● o departamento funcional proporciona um caminho natural para o crescimento dos indivíduos cuja especialidade está na área funcional. 	<ul style="list-style-type: none"> ● o cliente não é o foco das atividades do departamento que gerencia o projeto; ● o departamento funcional tende a ser orientado em direção às suas atividades particulares; ● a responsabilidade total do projeto não é delegada a nenhum funcionário específico; ● as respostas às necessidades dos clientes são lentas; ● existe uma tendência a subestimar o projeto; ● a motivação das pessoas alocadas no gerenciamento do projeto tende a ser pequena em relação ao mesmo; ● esse tipo de estrutura organizacional não facilita uma abordagem holística em relação ao projeto.

Fonte: Patah e Carvalho (2002)

2.5.2 Estrutura por projetos

"Uma organização estruturada com base em projetos baseia-se na diferenciação e agrupamento de atividades em concordância com as saídas ou resultados de um ou vários projetos." (OLIVEIRA; MELHADO, 2006)

Os autores salientam que esse tipo de organização exige um modelo estrutural flexível e mutável, com capacidade de adaptação rápida às mudanças organizacionais.

Vasconcellos e Hemsley (2002) indicam que o agrupamento de pessoas de diferentes especialidades num mesmo projeto torna a equipe mais diversificada, o que traz satisfação aos técnicos devido à visão do conjunto do projeto e oportunidade de interação com maior variedade de pessoas. Dessa forma, as diferentes áreas técnicas do projeto tornam-se mais integradas. Existe maior facilidade em atendimento aos prazos e ao cliente, e maior facilidade na administração dos projetos, uma vez que há um responsável único sobre o projeto como um todo.

Patah e Carvalho (2002) comparam as vantagens e desvantagens da estrutura por projetos, conforme na tabela 4.

Tabela 4 - Organização projetizada

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> ● gerente de projeto tem total autoridade sobre o projeto; ● todos os membros do projeto encontram-se sob a responsabilidade do gerente de projeto; ● as comunicações são facilitadas em comparação à estrutura funcional; ● os membros do time do projeto possuem uma forte identidade própria e, com isso, tendem a desenvolver um alto nível de comprometimento com o projeto; ● a possibilidade de se tomar decisões rápidas é maior; ● existe uma unidade de comando dentro do projeto; ● estruturas projetizadas são estruturalmente simples e flexíveis, e relativamente fáceis de se 	<ul style="list-style-type: none"> ● quando a organização tem vários projetos, é comum que vários novos grupos sejam criados, isto pode ocasionar duplicidade de trabalho; ● as pessoas com conhecimentos específicos sobre determinados assuntos tendem a ser alocadas aos projetos quando elas estão disponíveis e não quando elas são necessárias para o projeto; ● para projetos de alta tecnologia, o fato dos especialistas "pertencerem" aos setores funcionais é um grande problema para o gerente de projetos, pois ele precisa do trabalho destes especialistas constantemente; ● estruturas projetizadas tendem a apresentar uma certa inconsistência na maneira pela qual as políticas e procedimentos internos da empresa são cumpridos; ● existe uma considerável incerteza

<p>compreender e implementar;</p> <ul style="list-style-type: none">• a estrutura organizacional tende a permitir uma abordagem holística ao projeto.	<p>sobre o que irá ocorrer com os membros da equipe de projeto quando o mesmo terminar.</p>
---	---

Fonte: Patah e Carvalho (2002)

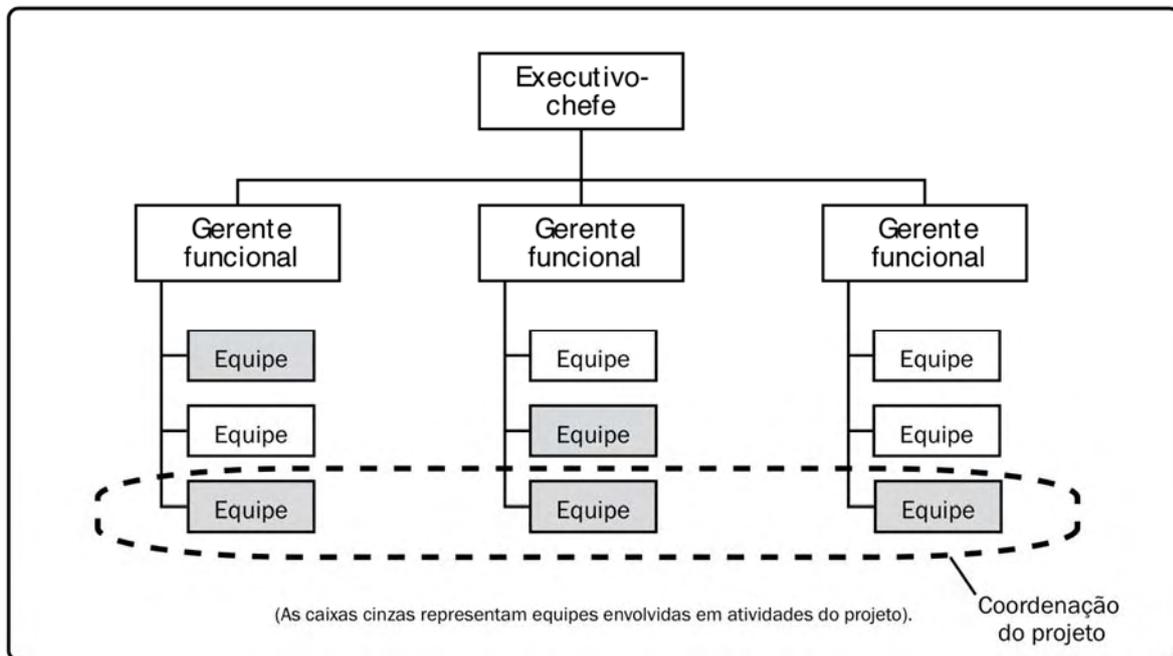
2.5.3 Estrutura matricial

O PMI® (2013) define as organizações matriciais como uma combinação de características funcionais e projetizadas, e classifica-as como fracas, balanceadas ou fortes, dependendo do nível de poder e influência entre os gerentes funcionais e gerentes de projetos.

Os autores salientam que as organizações matriciais fracas são semelhantes à organização funcional, e que o gerente de projetos funciona como um coordenador ou facilitador. O facilitador não pode tomar decisões por conta própria, enquanto o coordenador pode tomar algumas decisões, reportando-se a um gerente de nível hierárquico superior.

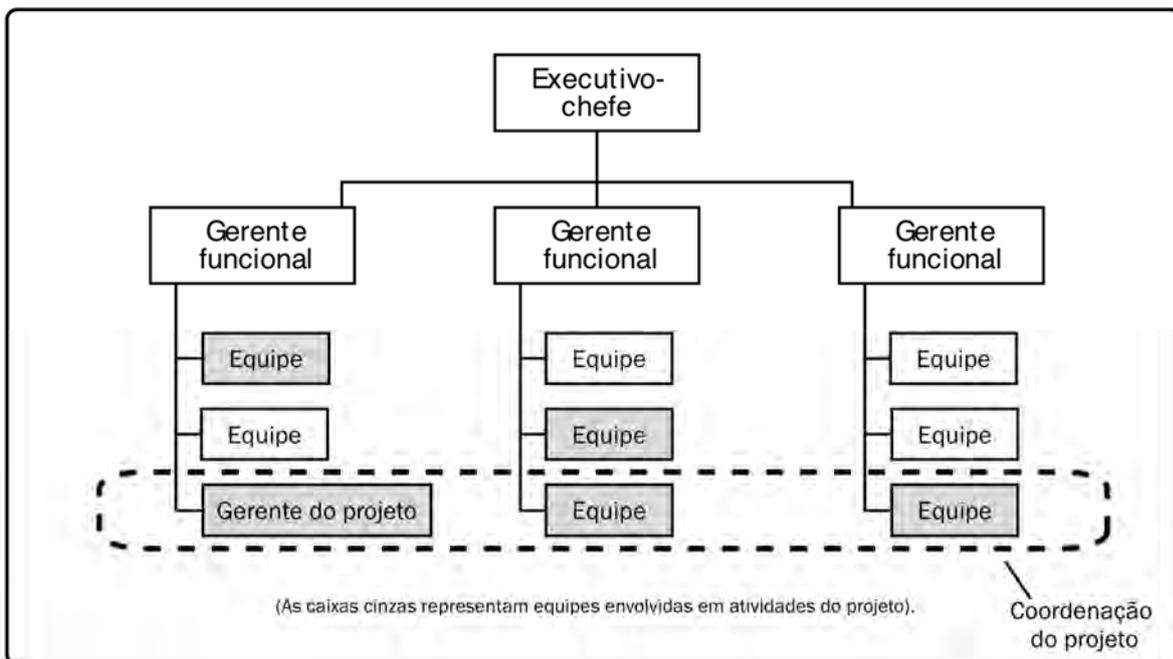
Já as organizações matriciais fortes se assemelham à organização projetizada, com gerentes de projeto em tempo integral com razoável autoridade. A organização matricial balanceada, por sua vez, reconhece a necessidade de um gerente de projetos, mas não lhe dá autoridade total sobre o projeto.

Figura 2 - Organização matricial fraca



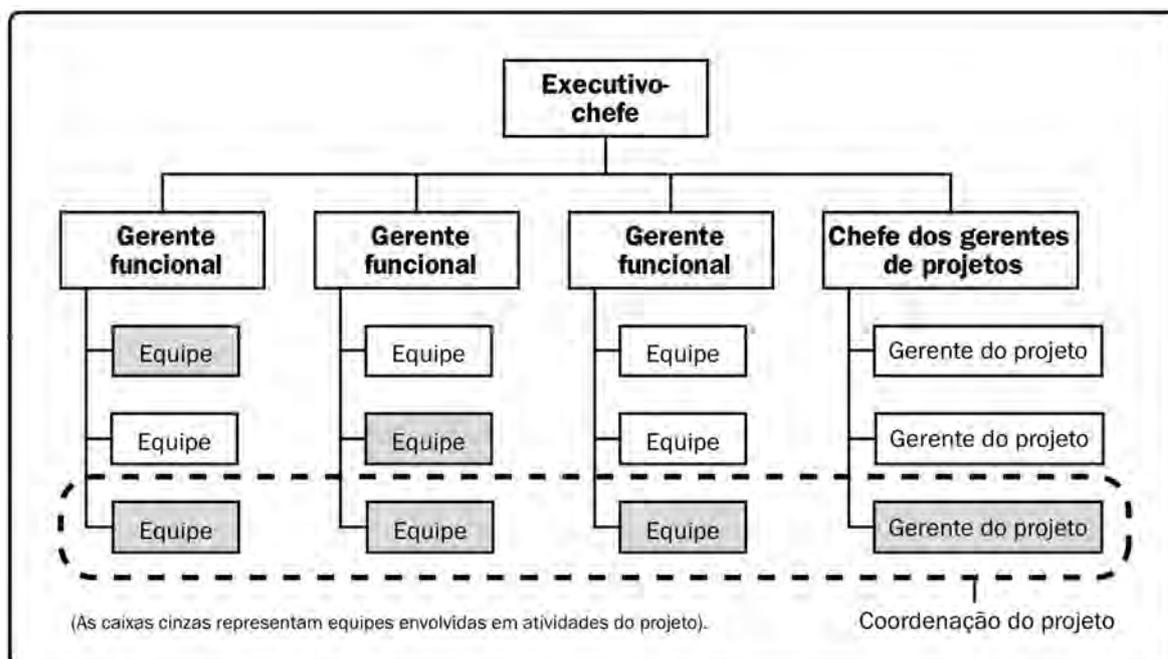
Fonte: PMI® (2013)

Figura 3 - Organização matricial balanceada



Fonte: PMI® (2013)

Figura 4 - Organização matricial forte



Fonte: PMI® (2013)

Rabechini (2011) salienta que nos últimos anos se tornou mais frequente a busca nas empresas por estruturas organizacionais inovadoras, com baixo nível de formalização e que possibilitem multiplicidade de comando, diversificação elevada e comunicação horizontal e diagonal, para a articulação de atividades comuns ou não à sua rotina.

Oliveira e Melhado (2006) definem a estrutura matricial como “sobreposição de dois ou mais tipos de estruturas diferentes. Em geral, essa sobreposição se refere à fusão entre a estrutura funcional e a estrutura de projetos.”

Conforme explicam Vasconcellos e Hemsley (2002), com o intuito de adequar a estrutura funcional de empresa para atividades integradas, a estrutura matricial permite a criação de relações horizontais e promove a interação entre as unidades funcionais, de forma orientada a resultados, como na estrutura projetizada.

Essa característica gera, no entanto, a dupla subordinação dos recursos, que devem responder simultaneamente tanto ao gerente do projeto quanto ao gerente funcional da área técnica. Por isso, para que a estrutura funcione de forma adequada, é essencial a definição clara das atribuições de cada parte. Oliveira e Melhado (2006) salientam que a equipe entra em conflito por ter que responder a vários chefes

enquanto o gerente de projeto entra em conflito por ter a responsabilidade pelo resultado sem a autoridade completa sobre os especialistas. Ao mesmo tempo, os gerentes funcionais também se sentem desconfortáveis em compartilhar responsabilidades com os gerentes de projetos.

“Pelo exposto, é extremamente importante o estudo da liderança dos elementos da alta direção, que têm grande influência em relação ao conflito praticamente inevitável inerente a este tipo de estrutura, que pode ser minimizado se administrado com eficiência, a partir da exigência de um nível elevado de confiança mútua e capacidade de improvisação na solução de problemas.” (OLIVEIRA; MELHADO, 2006).

Patah e Carvalho (2002) comparam prós e contras dessa forma de organização:

Tabela 5 - Organização matricial

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> ● existe um responsável pelo projeto como um todo: o gestor do projeto; ● devido ao fato do projeto estar distribuído ao longo das divisões da empresa, ele pode utilizar toda a capacidade técnica da mesma; ● existe uma ansiedade menor sobre o que irá ocorrer com as pessoas envolvidas com o projeto, ao fim do mesmo; ● as respostas às necessidades dos clientes são rápidas; ● a estrutura matricial é flexível; ● o projeto possui representantes das unidades administrativas da empresa; ● devido ao fato de, normalmente, ocorrerem vários projetos simultaneamente nas empresas, a estrutura matricial permite uma maior otimização do uso dos recursos da empresa. 	<ul style="list-style-type: none"> ● podem existir dúvidas quanto à responsabilidade pela tomada de uma decisão dentro do projeto, isto pode atrasar a realização do mesmo; ● os diferentes gerentes de projeto podem "competir" pelos recursos técnicos disponíveis na empresa, fazendo com que o uso dos mesmos deixe de ser realizado da melhor maneira possível; ● em estruturas matriciais fortes, o problema do atraso na conclusão do projeto é tão grave quanto na estrutura projetizada; ● é necessário que o gerente de projetos possua uma habilidade especial em negociar recursos com os gerentes funcionais; ● a estrutura matricial viola o princípio de gerenciamento da unidade de comando: os funcionários da empresa possuem dois chefes, o gerente do projeto e o gerente funcional.

Fonte: Patah e Carvalho (2002)

2.6 GESTÃO DE PROCESSO DE PROJETO

Algumas definições de processo são:

Um conjunto de ações e atividades inter-relacionadas que são executadas para criar um produto, serviço ou resultado pré-especificado. Cada processo é caracterizado por suas entradas, ferramentas e técnicas que podem ser aplicadas, e as saídas resultantes. O gestor de projetos deve levar em consideração os ativos de processos organizacionais e os fatores ambientais da empresa. (PMI®, 2013)

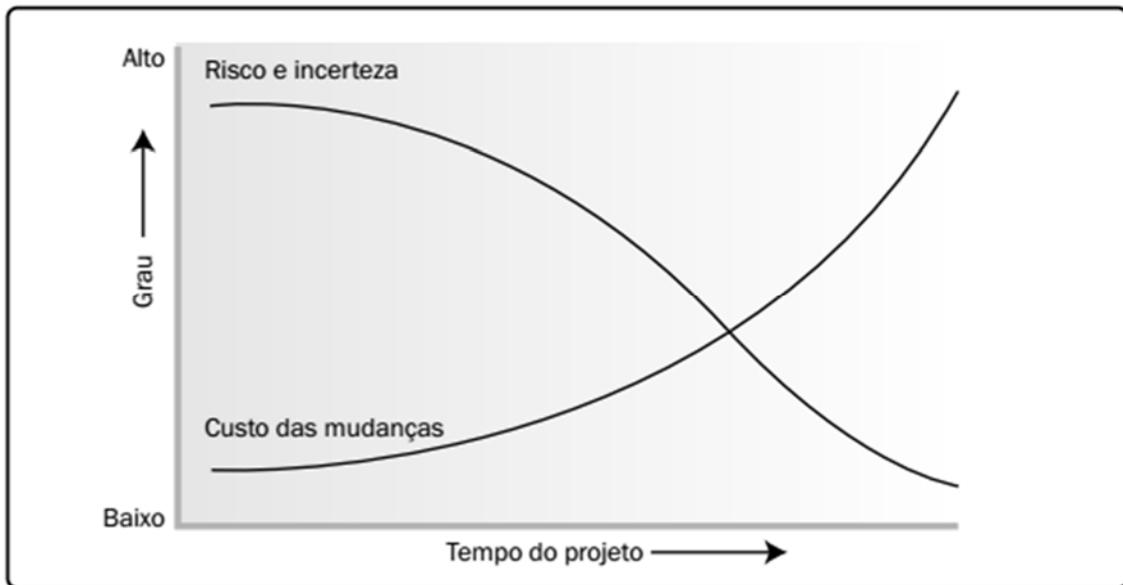
Conjunto organizado de atividades inter-relacionadas ou interativas que transformam os recursos utilizados pela empresa de projeto (entradas) em resultados (saídas), de acordo com os objetivos e metas formulados. Para cada processo integrante do sistema de gestão da qualidade, deve ser estabelecido um procedimento. (MELHADO; CAMBIAGHI, 2006)

Os autores chamam atenção ao tempo dedicado ao planejamento e ao projeto no Brasil, que é cada vez mais exíguo, com exigência de que os trabalhos sejam desenvolvidos sem o tempo necessário para o amadurecimento de ideias, conceitos e simulações. Devido à pressão para que o projeto seja desenvolvido com base em definições incompletas, a eficiência e eficácia dos projetos é comprometida pela falta de dados, informações, definições programáticas e tecnológicas - dados que são base para bons projetos.

Manzione (2006) salienta que o planejamento de projetos, na prática, é normalmente tratado como assunto secundário, sem que esteja incorporado às rotinas normais da gestão de projetos, apesar da existência de diversos fatores que justifiquem a sua necessidade.

O PMI® (2013) ressalta a necessidade do desenvolvimento do plano de gestão do projeto de forma interativa e progressiva, devido ao potencial de mudanças ao longo do ciclo de vida do projeto. Dessa forma, a obtenção contínua das melhores soluções é viabilizada, conforme o detalhamento avança e estimativas mais exatas são realizadas. Devido ao grau de detalhamento que avança ao longo do ciclo de vida do projeto, é possível observar no gráfico apresentado a variação dos custos das mudanças de projeto ao longo do tempo, enquanto o risco e a incerteza das soluções diminui, conforme decisões são tomadas e as entregas são aceitas: “A capacidade de influenciar as características finais do produto do projeto, sem impacto significativo sobre os custos, é mais alta no início do projeto e diminui à medida que o projeto progride para o seu término.”

Figura 5 - Impacto da variável com base no tempo decorrido do projeto



Fonte: PMI® (2013)

O PMI® (2013) agrupa os processos de projeto em cinco diferentes categorias:

- Grupo de processos de iniciação: Processos que visam a obtenção de autorização para o início do projeto ou fase de projeto.
- Grupo de processos de planejamento: Processos de definição do escopo do projeto, objetivos e ações necessárias para atingir os objetivos traçados.
- Grupo de processos de execução: Processos de execução do trabalho definido, com o objetivo de atender às especificações do projeto.
- Grupo de processos de monitoramento e controle: Processos de acompanhamento, análise e controle do progresso e do desempenho do projeto.
- Grupo de processos de encerramento: Processos de finalização das atividades de todos os grupos de processos, com o objetivo de encerrar formalmente o projeto ou a fase.

Melhado cita ainda a importância da retroalimentação do processo de projeto e análise do ciclo de vida das edificações:

Por sua importância em si, devem evoluir os processos de coleta e análise de dados nas fases posteriores ao projeto, a fim de proporcionar orientações que permitam analisar criticamente o projeto e aperfeiçoar os procedimentos de

produção, seja visando sua repetição no mesmo empreendimento, seja efetuando um registro que servirá de apoio ao detalhamento de futuros empreendimentos. (MELHADO, 2005)

2.6.1 Projeto Simultâneo

Manzione (2006) define a Engenharia Simultânea como “uma metodologia de desenvolvimento de produtos que se propõe a integrar os conhecimentos multidisciplinares e orientar de maneira simultânea o projeto, para atendimento das necessidades dos clientes e da produção” e assinala a utilidade de muitas de suas características para a construção civil, sugerindo a consideração dos seguintes elementos para a implantação da filosofia:

- Valorização do papel do projeto e integração precoce entre os vários agentes;
- Transformação cultural e valorização das parcerias;
- Reorganização do processo de projeto de forma a coordenar simultaneamente os esforços de projeto;
- Utilização de novas tecnologias de informática e telecomunicações na gestão do processo.

2.6.2 Retrabalho

O autor salienta o ônus do retrabalho como um ponto problemático e conflituoso a ser solucionado nas relações entre contratantes e projetistas. Aponta, no entanto, que o retrabalho a ser combatido é aquele causado por interações imprevistas, como falhas na especificação dos produtos originadas pelo desconhecimento das necessidades dos clientes, postergação da contratação dos projetos complementares, que retarda a entrada de informações importantes ao projeto ou o estudo superficial dos métodos construtivos a serem empregados. Outro tipo de retrabalho é aquele contido no planejamento, integrando a rotina dos projetos como parte inerente do processo criativo.

3. ESTUDO DE CASO

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A Companhia Paulista de Trens Metropolitanos é uma empresa de economia mista de transporte ferroviário de passageiros. Sua rede é composta por 90 estações e 6 linhas, com mais uma em construção.

A CPTM nasceu em 1992, assumindo os sistemas de trens da Região Metropolitana de São Paulo, com a fusão da CBTU - Companhia Brasileira de Trens Urbanos e da FEPASA - Ferrovia Paulista S/A. No mesmo ano, passou a operar efetivamente as atuais linhas 7-Rubi, 10-Turquesa, 11-Coral e 12-Safira e, em 1994, foram incorporadas as linhas 8-Diamante e 9-Esmeralda em 1994.

3.1.1 Estrutura organizacional

A estrutura organizacional da empresa é baseada no modelo hierárquico tradicional. Ligadas diretamente à presidência estão áreas administrativas (recursos humanos, custos, marketing, jurídico etc.). Já as áreas técnicas estão separadas em 4 diretorias: Administrativa e Financeira, Operação e Manutenção, Engenharia e Obras e Planejamento e Projetos. Abaixo das diretorias estão as gerências, que são divididas em departamentos.

A Diretoria Administrativa e Financeira é dividida em gerências de contratações e compras, materiais e logística, controle orçamentário, entre outras.

A Diretoria de Operação e Manutenção é responsável pelos serviços executados em toda a rede, desde a circulação e o controle operacional dos trens, até os serviços das estações: venda e controle de bilhetes, limpeza, operação, segurança e todos os serviços necessários para manter a operação das estações e dos trens no dia a dia. Além da operação, a diretoria também cuida da manutenção dos trens, das edificações e da via permanente.

A Diretoria de Engenharia e Obras é responsável pelas obras civis nas estações e edificações das linhas existentes e das obras de expansão da rede. Além disso,

responde também pelas obras de sistemas de energia, sinalização e telecomunicação, além das obras de via permanente.

Por último, a Diretoria de Planejamento e Projetos é responsável pelos projetos de reforma de linhas e edificações existentes, além dos projetos e planejamento de novas linhas. Esta é dividida em 5 gerências:

- Gerência de Planejamento de Transporte, que realiza estimativas da demanda existente por novas linhas, além da previsão de demanda para o futuro das linhas existentes, e do comportamento dos usuários no seu percurso pelo sistema ferroviário. Além disso, também realiza estudos de viabilidade e planejamento econômico para os diversos planos para o futuro da empresa, como novas linhas e estações;
- Gerência de Novos Negócios, responsável por complementar a arrecadação de renda da empresa, com empreendimentos associados, publicidade e parcerias;
- Gerência de Território e Meio Ambiente, responsável pela administração do patrimônio da empresa, incluindo os bens tombados, além da gestão do território;
- Gerência de Projetos e Especificações de Sistemas, que responde pelos projetos de energia, sinalização, telecomunicações e equipamentos;
- Gerência de Projetos Cíveis, responsável pelos projetos de edificações e de infraestrutura.

Na ocasião dos estudos de caso, a Gerência de Projetos Cíveis era composta por dois departamentos:

O Departamento de Projetos de Infraestrutura é responsável por todos os projetos necessários para a implantação da via permanente e rede aérea, considerando drenagem, banco de dutos, infraestrutura e superestrutura.

O Departamento de Projetos de Edificações responde pelos projetos de arquitetura, planejamento urbano, paisagismo, comunicação visual, estruturas, instalações elétricas e hidráulicas das edificações que compõem a rede da CPTM, como estações ferroviárias e escritórios administrativos.

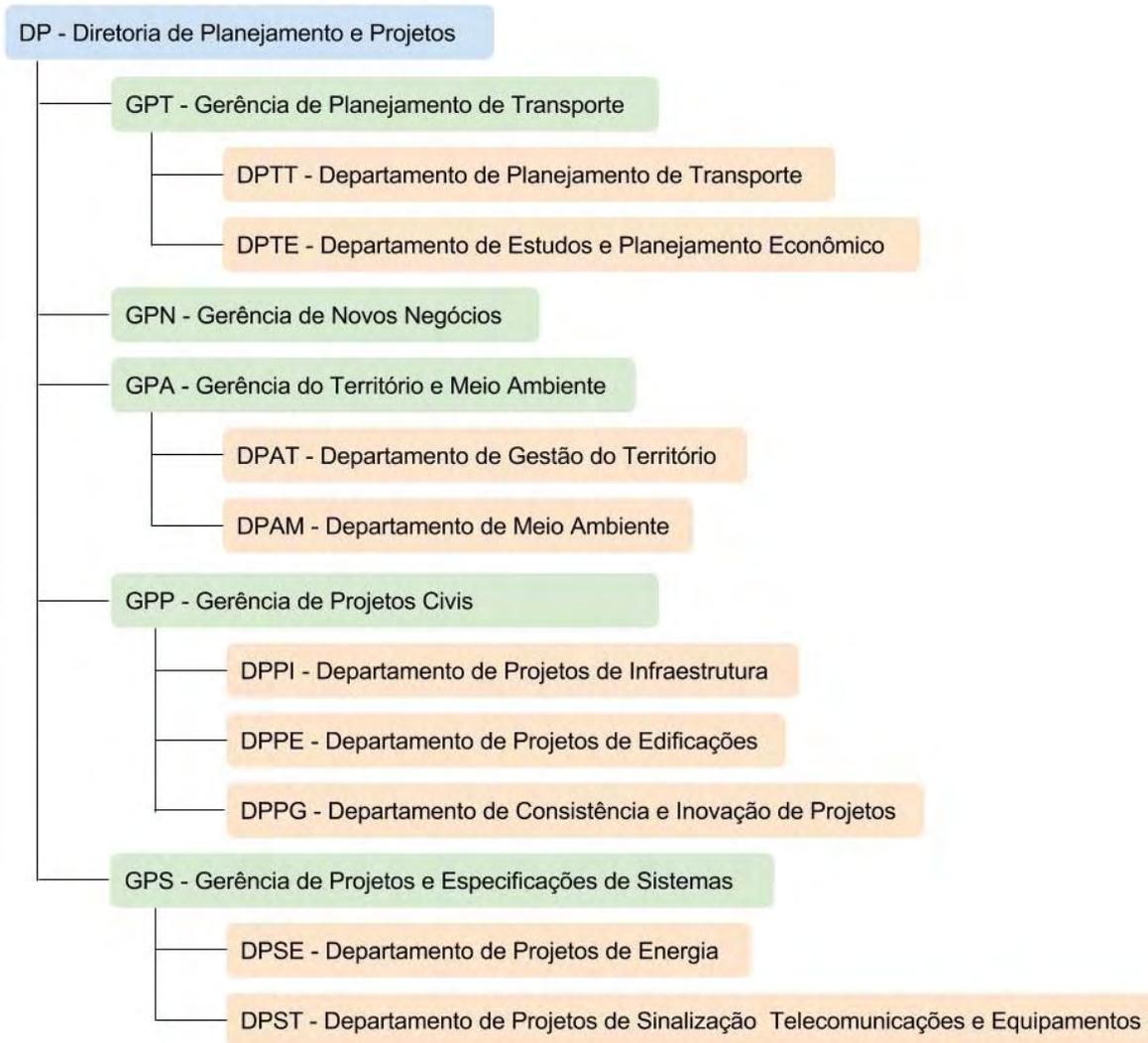
O Departamento de Consistência e Inovação de Projetos foi criado após a realização dos projetos apresentados como estudos de caso, para coordenar a implantação do BIM na empresa e para controlar as planilhas de projeto e composições de preço, servindo como uma ligação direta entre a área de projetos e a Gerência de Custos (PR).

Figura 6 - Estrutura organizacional geral da CPTM



Fonte: Intranet CPTM

Figura 7 - Estrutura organizacional da Diretoria de Planejamento da CPTM



Fonte: Intranet CPTM

3.1.2 Processo de projeto convencional

O Departamento de Projetos de Edificações é composto por arquitetos, engenheiros e técnicos que acompanham a elaboração dos projetos por empresas contratadas, coordenando e orientando os projetistas e analisando os produtos entregues, sendo que cada profissional se responsabiliza pela disciplina na qual é especializado. No caso de edificações de menor porte ou complexidade, os projetos são elaborados internamente pelos funcionários da empresa.

Nos processos de projetos tradicionalmente realizados na CPTM observou-se pouco envolvimento da equipe responsável pelo projeto na etapa de obra. Nos empreendimentos mais recentes, os projetos e a execução de obras foram contratados separadamente, uma vez que as áreas responsáveis por cada uma das etapas pertencem a diferentes diretorias. Diante de eventuais dificuldades na execução dos projetos após imprevistos em campo, houve mudanças nas soluções propostas sem uma solução acordada entre as equipes de obra e de projeto, gerando aditivos de contrato, maiores gastos e atrasos nos cronogramas.

Ainda durante a fase de projeto, cada disciplina teve um analista responsável, sem que tenha existido um momento formal para a análise conjunta. Dessa forma, a compatibilização ficou a cargo de cada projetista e cada analista, e os pontos mais importantes foram discutidos em reuniões, dependendo unicamente da comunicação entre os participantes.

Houve casos também em que projetos interdependentes foram entregues e aprovados em momentos diferentes, como, por exemplo, a aprovação do projeto de instalações elétricas antes da consolidação do projeto de hidráulica. Isso gerou soluções que não internalizaram aspectos importantes de outras disciplinas, gerando incoerências e impactando na qualidade do produto final.

Finalmente, outro desafio encontrado no processo tradicional foi a elaboração de planilhas que, em alguns casos, apresentaram incompatibilidades com os projetos entregues. A contagem dos elementos e inserção de serviços foi um processo que dependeu apenas da aferição de cada disciplina por seu respectivo projetista, o que gerou falha humana. Conseqüentemente, os elementos faltantes na planilha geraram aditivos para a obra na compra de produtos ou serviços, gerando custos imprevistos e extensão do cronograma inicial.

Na figura 8 está representado o processo de projeto convencional, com comentários em vermelho.

Figura 8 - Processo de projeto convencional

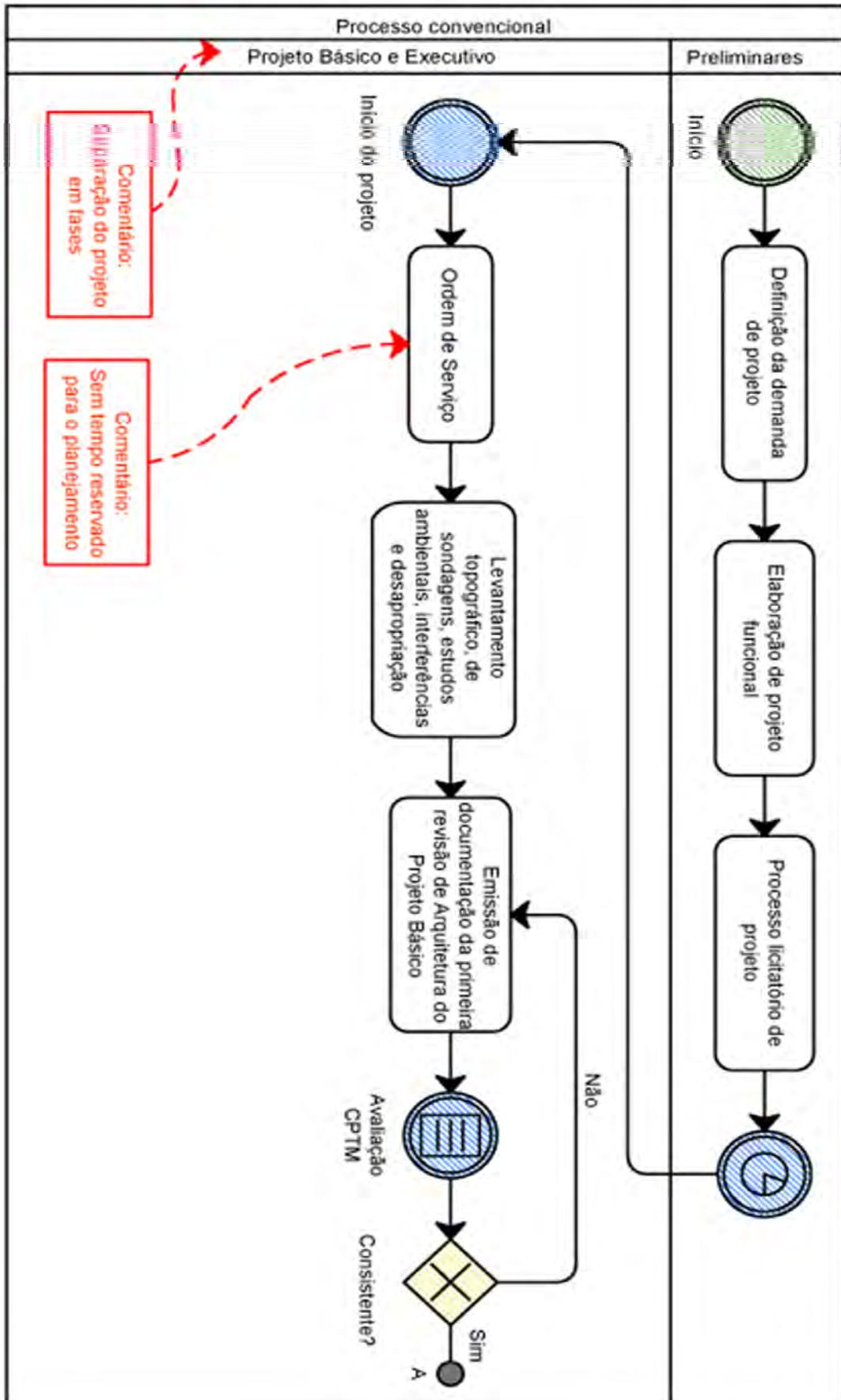


Figura 8 - Processo de projeto convencional (continuação)

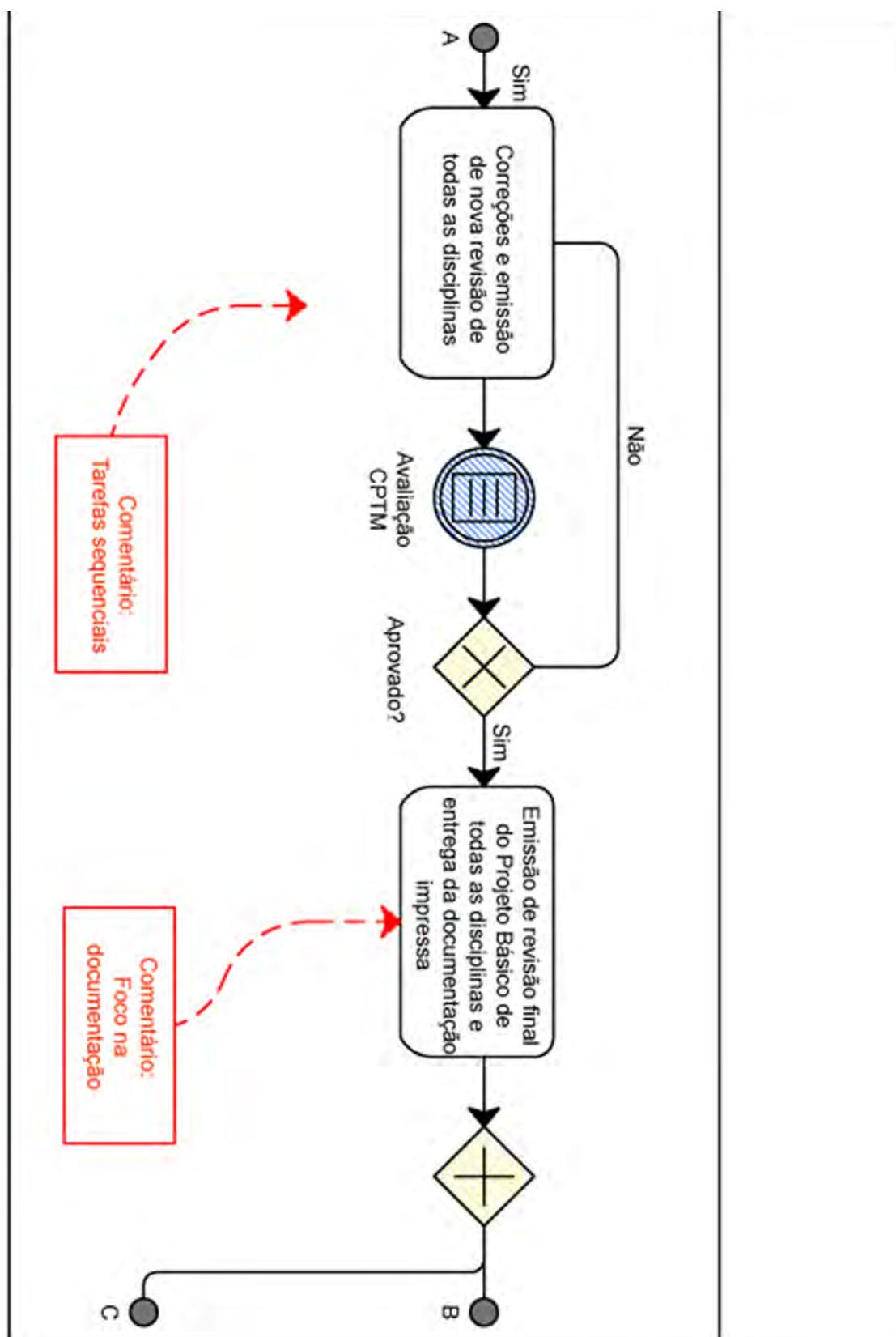


Figura 8 - Processo de projeto convencional (continuação)

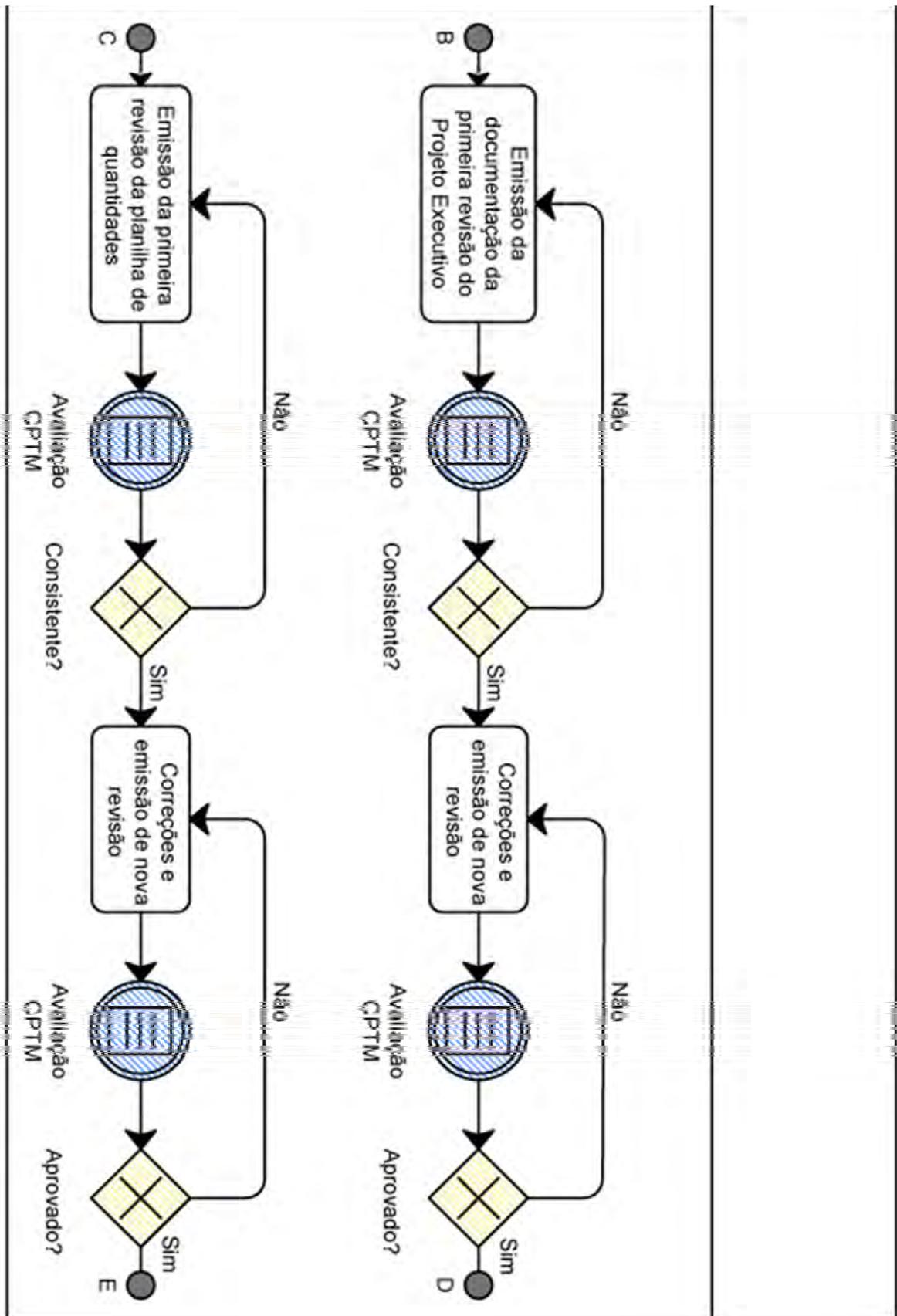
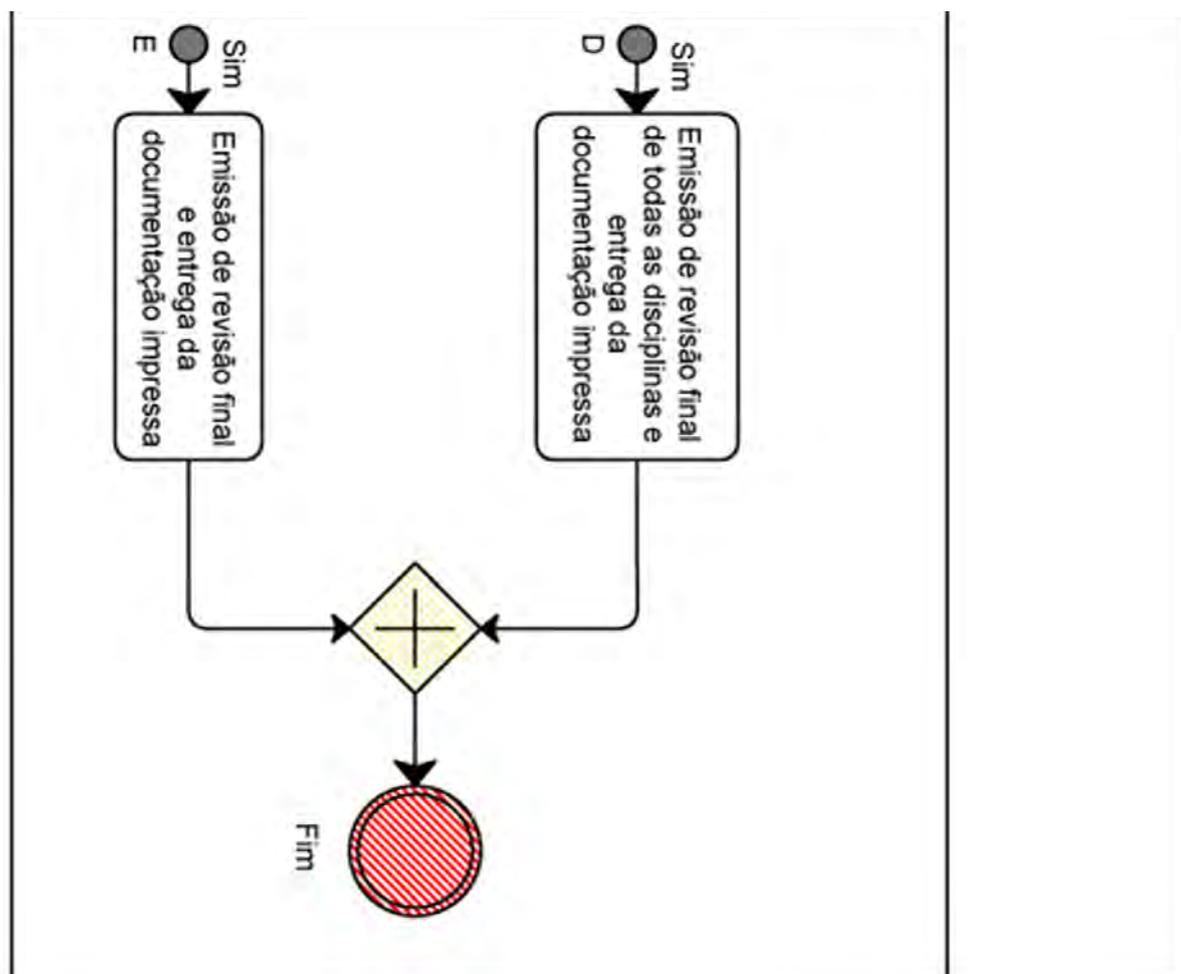


Figura 8 - Processo de projeto convencional (continuação)



Fonte: autora

3.2 IMPLANTAÇÃO DO BIM NA CPTM

A iniciativa da implantação do BIM na empresa partiu da Diretoria de Planejamento e Projetos, em 2012, com o intuito de aprimorar a qualidade dos projetos, evitando incompatibilidades e, conseqüentemente, atrasos e aditivos nas obras.

Foi contratada consultoria para a orientação técnica a respeito da implantação do BIM. Durante os primeiros meses do acompanhamento da consultoria, foram feitas diversas reuniões e entrevistas para compreensão do funcionamento, da estrutura e da cultura da empresa. Foi elaborada então uma estratégia para a implantação do BIM na empresa, considerando as áreas envolvidas, os softwares e hardware a serem utilizados, os treinamentos necessários e os métodos mais adequados. A

seguir foi elaborado um plano de divulgação dos procedimentos e disseminação do conhecimento adquirido para os funcionários da empresa. Foram feitas diversas palestras para diferentes áreas para apresentar o conceito do BIM e o plano de implantação.

Os treinamentos nos *software* tiveram início em 2014 com as equipes técnicas de projeto e planejamento. Foram selecionados os *software* de modelagem, georreferenciamento e gerenciamento de projetos da Autodesk® (*Revit*®, *AutoCAD*® *Civil 3D*®, *Infrworks*® e *Navisworks Manage*®).

As expectativas da gestão da empresa para a implantação do BIM, a princípio, eram de agilizar o processo de projeto, melhorar a qualidade da compatibilização entre as disciplinas envolvidas, melhorar a qualidade das planilhas de projeto e minimizar imprevistos e aditivos nas obras.

Após os treinamentos iniciais, foram escolhidos projetos-piloto para a aplicação do conhecimento recém adquirido pelas equipes. Optou-se, então, pelos projetos de adaptação de acessibilidade das estações Ribeirão Pires e Rio Grande da Serra. Os projetos em questão foram escolhidos pelo seu pequeno porte e grande variedade de disciplinas. Dessa forma, seria possível que diferentes profissionais colocassem em prática os conhecimentos adquiridos no treinamento.

3.3 PROJETOS DE ADAPTAÇÃO DE ACESSIBILIDADE

3.3.1 Escopo dos projetos

A Estação Ribeirão Pires está situada no município de mesmo nome, na Linha 10 - Turquesa da CPTM. Sua inauguração data de 1884, sendo uma das mais antigas edificações da rede. A estação foi tombada em 2010 pelo Condephaat, por ser um bem de interesse histórico. Na mesma linha está a Estação Rio Grande da Serra, que é a parada final. A edificação data de 1867, construída pela São Paulo Railway para a Estrada de Ferro Santos Jundiaí e foi tombada pelo Condephaat em 2010.

Ambas as estações em questão são edificações antigas, construídas numa época em que não existia o conceito de acessibilidade. Sendo assim, ambas contam com

escadas nos acessos principais, passarelas de transposição das vias acessadas por escadarias de ferro fundido, já desgastado pelo tempo. Contam também com passagens públicas em nível, como uma medida provisória para garantir a acessibilidade na transposição das vias.

Os projetos de acessibilidade consistem em elaborar uma adequação das calçadas do entorno, oferecendo acessibilidade desde os meios de transporte de integração até os acessos às estações, tais como pontos de ônibus, vagas de embarque e desembarque de automóveis, terminais rodoviários, além do passeio público adjacente, que deve possibilitar o deslocamento da pessoa com deficiência ou mobilidade reduzida de forma livre e desimpedida, sem obstáculos ou impedimentos que comprometam a sua segurança.

O acesso às bilheterias e plataformas de embarque é adaptado com a construção de rampas, devidamente equipadas e sinalizadas. A pessoa com deficiência é então conduzida ao local de embarque por um passeio livre de obstáculos e sinalizado com piso tátil. Também é considerada a adaptação dos sanitários públicos, com todos os dimensionamentos e acessórios necessários.

O projeto envolve, além da arquitetura, as disciplinas de estruturas, para a construção das rampas e sanitários; elétrica, para a devida iluminação da rota acessível; hidráulica, para a devida instalação dos equipamentos sanitários; sinalização, para os botões de emergência necessários nos sanitários públicos e para a sinalização das passagens em nível, além da comunicação visual, que completa o projeto de arquitetura para sinalizar e informar a pessoa com deficiência sobre a sua rota, não apenas visual mas também tátil.

A adaptação de acessibilidade deve levar em conta o tombamento das estações, devendo propor soluções de pouco impacto visual nas fachadas das edificações, com mínima interferência nas características da edificação.

Antes do início do projeto, foi feito um levantamento das estações por meio de *laser scanning*. A tecnologia permite que seja feito um escaneamento da edificação em 360°, gerando uma nuvem de pontos digitalizada que fornece com alta precisão a geometria do objeto construído, em três dimensões.

Figura 9 - Nuvem de pontos



Fonte: CPTM

O ponto de partida para a elaboração dos projetos foi um estudo funcional, feito três anos antes, que determinou diretrizes para as adaptações de acessibilidade, com base nas normas vigentes e pesquisas com as equipes de operação da CPTM.

3.3.2 Projeto de adaptação da Estação Ribeirão Pires

Figura 10 - Situação anterior x modelo - Acesso Norte



Fonte: CPTM

Para a elaboração dos projetos, foram selecionados arquitetos, engenheiros e técnicos de diferentes áreas da empresa. Isso se deu a princípio pela impossibilidade de alocar todos os recursos de uma só área num único projeto, pela falta de profissionais. A equipe escolhida foi instalada numa sala da empresa de consultoria, contando sempre com a ajuda dos profissionais experientes para as dificuldades na utilização dos *software*. A locação da equipe numa sala fora da empresa foi necessária não apenas para a utilização do *hardware* adequado que ainda não estava disponível na CPTM nesta primeira fase, mas também para que a equipe pudesse se focar apenas no projeto, favorecendo a comunicação e a interação entre os profissionais de diferentes áreas e disciplinas, sem distrações ou trabalhos paralelos.

O primeiro projeto a ser elaborado foi o da estação Ribeirão Pires. A equipe selecionada contava com um especialista em cada disciplina de projeto, porém não houve definição de uma pessoa que ficasse com a coordenação. Os prazos de entrega foram definidos pela diretoria e, no caso de eventuais dúvidas técnicas, os participantes poderiam recorrer aos profissionais mais experientes da empresa, que não estavam diretamente envolvidos com o projeto.

Os primeiros dias na sala da consultoria foram dedicados à modelagem da situação existente a partir da nuvem de pontos gerada pelo *laser scanning*. O aprendizado da equipe com a manipulação das ferramentas (*Recap®* e *Revit®*) foi rápido e então a

equipe de arquitetura se preparou para a modelagem das intervenções propostas na estação.

Após análise, concluiu-se que os estudos funcionais a serem utilizados deveriam ser alterados devido à atualização da norma de acessibilidade. Outro fator que impactou na necessidade de alteração do projeto foi a mudança nas diretrizes da empresa, que a princípio esperava poder utilizar a oportunidade da reforma para realizar melhoramentos nas edificações, porém teve que reduzir os gastos.

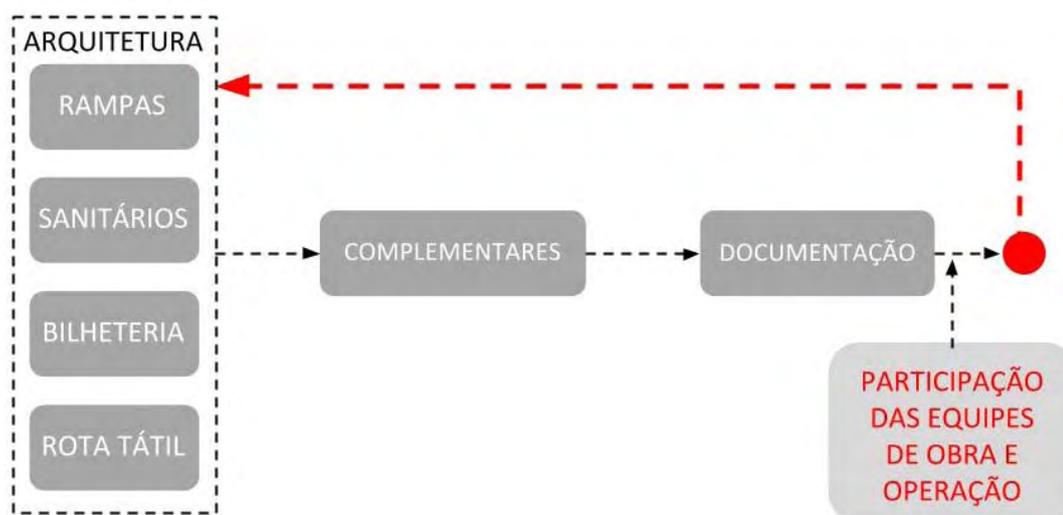
O tempo necessário para a atualização e reavaliação dos estudos utilizados não havia sido considerado no prazo de entrega, gerando, portanto, atraso. Outra consequência da atualização do projeto funcional foi a necessidade de que os engenheiros de instalações tivessem que aguardar ociosamente a definição conceitual do projeto, elaborada pelos arquitetos, antes de começar a definir seus desenhos.

A equipe de instalações hidráulicas, elétricas e de sistemas logo de início notou que a nuvem de pontos não fornecia dados para os seus respectivos projetos, uma vez que captou apenas a geometria do espaço construído e do relevo do solo, mas não o que havia abaixo da superfície ou embutido nas paredes das edificações. Sendo assim, houve a necessidade de buscar levantamentos de projetos anteriores nos arquivos da empresa. Devido à idade da edificação, que sofreu algumas intervenções não documentadas, não foi possível encontrar registros suficientes para a elaboração dos projetos. Sendo assim, os projetistas tiveram que visitar a estação algumas vezes, entrevistando os funcionários e investigando a edificação para conseguir as informações necessárias, tomando um tempo que não foi previsto no planejamento inicial.

Buscando atender ao prazo definido, a equipe utilizou-se de uma estratégia que pretendia agilizar a modelagem. O modelo foi dividido em partes (rampas, sanitários, acessos, plataforma), que eram modeladas uma de cada vez pela equipe de arquitetura, já com sua localização, materiais e dimensionamento exatos. Uma vez que uma parte do modelo estava finalizada, era repassada para a equipe de estrutura, que inseria a modelagem dos elementos estruturais já com materiais e dimensionamento exatos e, por sua vez, passava para a equipe de instalações.

O modelo foi apresentado às equipes de obras, operação e manutenção apenas após a modelagem completa do projeto, já num nível de desenvolvimento bastante avançado. Os funcionários das diferentes áreas da empresa então fizeram seus comentários acerca das soluções apresentadas e propuseram alterações no projeto.

Figura 11 - Fluxo esquemático Ribeirão Pires



Fonte: autora

O intuito da apresentação do projeto foi de colher sugestões a respeito de detalhes construtivos que poderiam facilitar a execução da obra, ou de informações a respeito do dia-a-dia na estação que deveriam ser levadas em consideração. Os comentários realizados, no entanto, foram bastante variados, questionando não apenas soluções construtivas, como também conceitos de projeto, provocando indisposição entre as equipes de projeto e de execução.

Após tratativas entre as diferentes áreas da empresa, houve um acordo entre as soluções a serem adotadas no projeto, e a modelagem foi retomada para incorporar as alterações. O retrabalho gerado tomou algumas semanas do prazo inicialmente definido para a entrega do projeto.

A comunicação entre os projetistas ao longo do processo foi bastante intensa, devido ao fato de estarem trabalhando juntos no mesmo espaço. Isso possibilitou aos participantes do projeto que tirassem suas dúvidas com os colegas, evitando inconsistências nos projetos.

Para aprimorar este processo e aferir possíveis incompatibilidades no modelo, foi utilizado o *software Navisworks Manage®* para a extração automática da detecção de conflitos. Os modelos individuais de cada disciplina foram analisados pelo *software*, que extraiu automaticamente relatórios de todas as interferências físicas do modelo. Esses relatórios foram então analisados pela equipe do projeto, que fez uma filtragem das interferências que deveriam ser ajustadas pelos projetistas, excluindo aquelas que deveriam ser desprezadas, sem interferir com a qualidade do projeto.

Figura 12 - Detecção de interferências



Fonte: CPTM

Houve então uma reunião, na qual foi apresentado o relatório final de interferências aos projetistas e, em conjunto, se discutiu a respeito de quais ações devem ser tomadas para a correção de cada uma delas.

Os projetistas deveriam consultar os profissionais mais experientes da área de projetos para a definição das soluções encontradas. Isso não aconteceu em todos os casos, devido à distância entre a sala da empresa de consultoria onde estava sendo elaborado o projeto e a CPTM, onde estava o resto da equipe de projeto.

Como consequência, algumas soluções foram adotadas sem o consenso entre a equipe, e o projeto sofreu alterações, o que gerou retrabalho.

Os profissionais envolvidos, em sua maioria, faziam parte da equipe de projetos básicos e executivos de edificações da CPTM. Alguns deles, no entanto, eram de diferentes áreas (manutenção, obras, sistemas, projeto funcional). Em alguns casos, a presença do projetista foi menos regular, devido a atribuições em demais projetos dos quais estava participando em sua área. Também houve casos em que os profissionais que não tinham experiência prévia com a elaboração de projetos, acabaram por ter um envolvimento menor com a entrega do projeto, ajudando na modelagem, porém sem assumir um compromisso com as entregas, entendendo sua participação no projeto como assistência, ao invés de uma cooperação comum.

As disciplinas de estruturas e arquitetura necessitaram de mais tempo e esforço para concluírem o projeto, devido à sua natureza. Houve sobrecarga de trabalho para a parte estrutural do projeto, que contou com apenas um profissional; já a equipe de arquitetura, cujos participantes, em certo momento, passaram a contribuir como coordenadores da equipe multidisciplinar, era composta na maior parte do tempo por duas pessoas.

As famílias utilizadas para a modelagem no *Revit®* foram elaboradas pela empresa de consultoria. Foram necessárias algumas revisões nos desenhos até que se chegasse na modelagem ideal, tanto no aspecto da geometria quanto nos parâmetros e informações contidas nos elementos. Os projetistas receberam treinamento na modelagem de família no início da implantação do BIM na empresa, porém não houve oportunidade de colocar o conhecimento em prática.

Figura 13 - Situação anterior x modelo - Bilheteria



Fonte: CPTM

A CPTM utiliza um sistema de codificação de elementos e serviços chamado Sistema Informatizado de Engenharia de Custos (SIEC) para a elaboração de planilhas. Cada elemento utilizado nos projetos tem um código num banco de dados que fornece a composição de preço de cada serviço ou elemento construtivo.

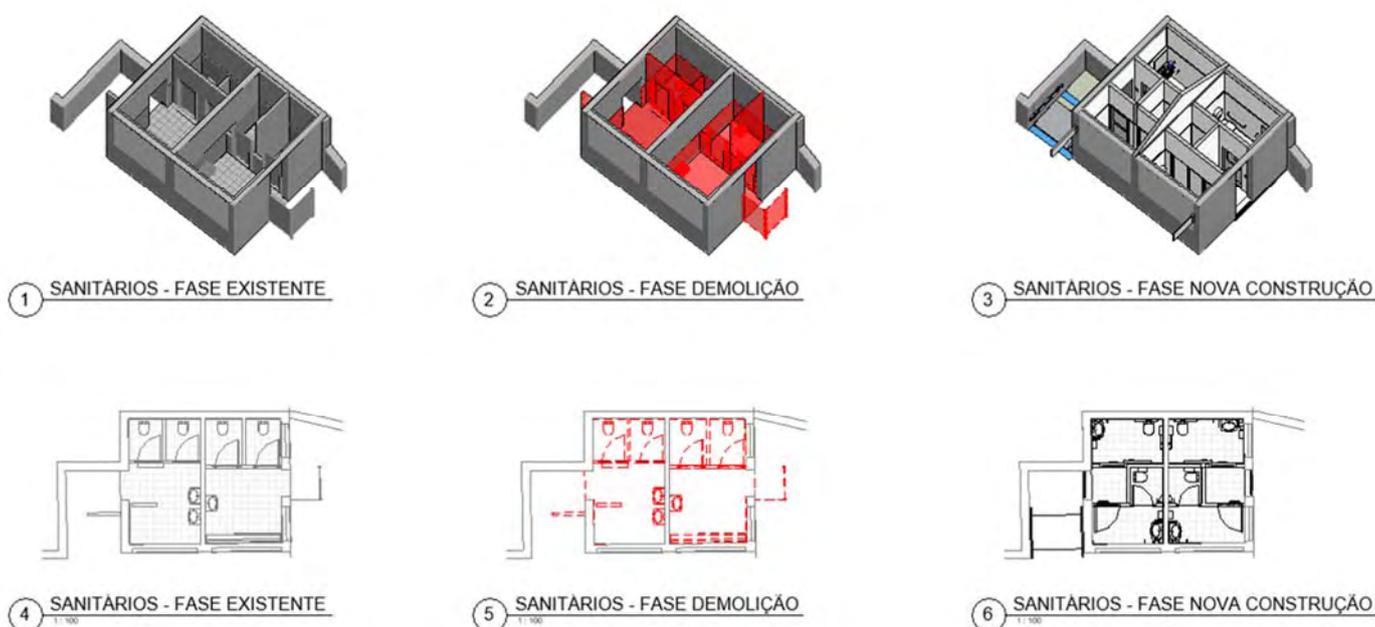
Para a criação da planilha de quantidades, foram extraídas as informações diretamente do modelo por meio do *Revit®*. A intenção foi que cada elemento ou família utilizada tivesse um código SIEC, que seria reconhecido e quantificado automaticamente, com a detecção de seu comprimento, área ou volume. Foi necessária a utilização do software *Dynamo®* para complementar a extração de quantidades obtida no *Revit®* e customizar as planilhas da melhor forma para o gerenciamento da obra, com separação por ambientes. O *Revit®* apresentou limitações para obter alguns dados, como por exemplo a metragem quadrada dos pisos das rampas projetadas. Foi necessário, portanto, criar uma rotina no *Dynamo®*, programada para que essa e outras informações fossem extraídas na unidade de medida correta, de forma a gerar uma planilha final completa, evitando a necessidade de incluir itens manualmente. As rotinas foram criadas pela empresa de consultoria.

Para que o planejamento pudesse funcionar, era necessário que o projetista inserisse os elementos utilizando a mesma lógica utilizada para a extração dos dados para a planilha. Um exemplo foi a pintura das paredes, que pode ser modelada de diversas formas. Para que pudesse ser contabilizada na extração da

planilha, foi definido que ela deveria ser modelada como uma nova parede, com espessura mínima.

Outro desafio foi a quantificação de serviços. Para que estes fossem considerados na extração da planilha, os projetistas deveriam inserir de alguma forma no modelo algo que representasse geometricamente os serviços a serem executados. No caso da arquitetura, um exemplo foi o remanejamento de gradis. O projeto propôs que gradis da edificação existente fossem remanejados para um outro local na mesma edificação. Não seria, então, necessário contabilizar os gradis como elementos novos. No entanto, o serviço do remanejamento teria um custo para a obra. O problema foi solucionado com a criação de diferentes fases de construção: *existente*, *demolição* e *nova construção*. Separando os elementos nessas fases de execução, foi possível atribuir um código do serviço de remanejamento no gradil existente, sem que este fosse contabilizado como um elemento novo. Outro exemplo foram as escavações nos projetos de estruturas e instalações, cujos volumes foram modelados como paralelepípedos, para que pudessem ter sua quantidade extraída.

Figura 14 - Fases de modelagem



Fonte: CPTM

Devido ao atraso na finalização da modelagem, não houve tempo para a verificação das informações contidas nos elementos. Sendo assim, a planilha foi extraída sem que fosse verificada a sua consistência.

3.3.3 Projeto de adaptação da Estação Rio Grande da Serra

Após a entrega final do projeto da Estação Ribeirão Pires, iniciou-se o projeto da Estação Rio Grande da Serra.

Foram designadas para integrar a equipe alguns profissionais que não haviam participado do projeto da primeira estação, com o intuito de que mais pessoas da empresa fossem treinadas nos *software* e no conceito BIM como um todo. Foi percebida a necessidade de uma coordenação mais próxima da equipe, principalmente devido ao grupo estar locado fora da empresa e longe da presença do restante dos chefes que normalmente fazem o papel de coordenadores. Sendo assim, os arquitetos ficaram com essa responsabilidade, elaborando o planejamento do processo de projeto e fazendo o contato entre a equipe de projeto e os gestores da empresa.

Os coordenadores tiveram então um prazo no início do projeto para o planejamento e a elaboração de um cronograma. Foi previsto um período para análise do projeto funcional fornecido e da sua atualização por parte dos arquitetos. Durante esse período, os projetistas responsáveis pelas demais disciplinas foram a campo para a conferência dos levantamentos cadastrais e demais investigações. Acordou-se com toda a equipe de projeto qual a configuração das soluções propostas e só então deu-se início à modelagem do projeto.

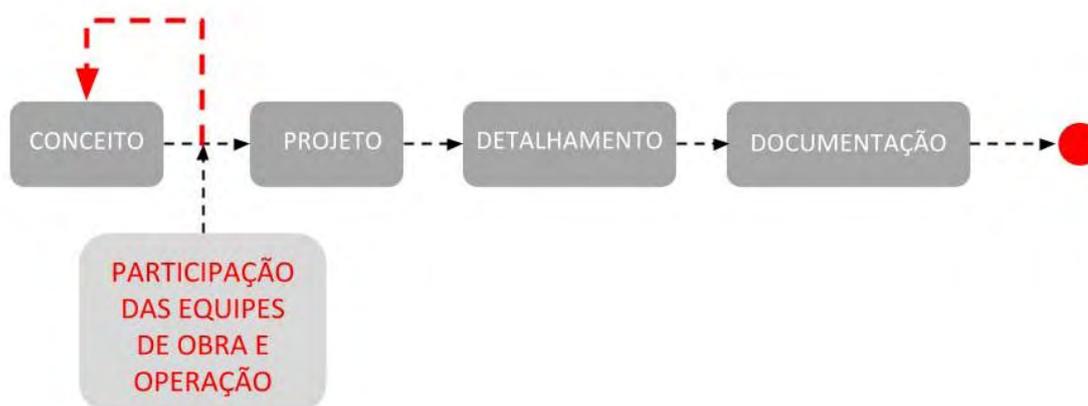
Foram previstas no cronograma datas para reuniões de apresentação do projeto às equipes de obra, operação e manutenção, tanto em fase conceitual quanto no detalhamento e posteriormente para a elaboração da planilha. Foram também previstas datas para reuniões de compatibilização de projeto em diferentes fases do desenvolvimento do modelo.

Foram definidas a princípio três reuniões de apresentação do projeto às demais áreas envolvidas, sendo a primeira na definição conceitual das soluções de projeto, a segunda na fase de detalhamento e a terceira na elaboração da planilha.

Outra definição preliminar importante no cronograma foi a vinculação do avanço do desenvolvimento do modelo à apresentação e aprovação das áreas de operação, manutenção e obras da empresa. Com o intuito de evitar o retrabalho gerado na primeira experiência, foi estabelecido que o projeto seria modelado inicialmente sem um detalhamento avançado, com alguns dos elementos com características genéricas e informações suficientes para que o conceito pudesse ser compreendido. Quando o modelo chegou nesse ponto, o projeto foi apresentado para as demais equipes e, apenas após o consenso das áreas, o modelo voltou a ser desenvolvido até a definição dos materiais e dimensionamentos finais. Neste momento, o processo foi repetido e o projeto foi apresentado novamente, desta vez com ênfase nos comentários referentes à execução da obra.

Além de evitar o retrabalho, o método mostrou-se eficaz também na comunicação entre as diferentes áreas, que gerou menos atritos e permitiu a colaboração das equipes de forma amigável.

Figura 15 - Fluxo esquemático Rio Grande da Serra



Fonte: autora

Na fase final do projeto houve uma reunião de apresentação da planilha extraída do modelo à área de obras. O intuito da reunião foi contar com a colaboração da equipe mais experiente com a execução para a verificação da planilha, evitando que

faltassem serviços necessários na contratação da obra. Nesse sentido, a colaboração foi proveitosa e foram feitos comentários produtivos, logo incorporados ao trabalho. Foram percebidos, no entanto, pequenas falhas e itens faltantes que poderiam ter sido verificados pela própria equipe de projeto, caso a planilha tivesse sido analisada com maior rigor previamente à reunião.

3.4 ANÁLISE CRÍTICA

3.4.1 Modelagem da Informação da Construção - BIM

Em relação ao processo tradicional de elaboração de projetos na CPTM, é possível afirmar que houve mudanças na forma e na intensidade de colaboração entre as partes interessadas, como apontaram Silva e Melhado (2014), citados no capítulo 2.1.4. A organização em uma equipe em estrutura matricial permitiu contatos mais diretos entre os projetistas de diferentes especialidades, ao mesmo tempo em que a comunicação foi incentivada pela disposição dos projetistas no mesmo espaço. O *Revit®* permitiu que os projetos de arquitetura, estrutura, elétrica, hidráulica e sistemas, elaborados simultaneamente e reunidos num único modelo federado, fossem constantemente atualizados para cada um dos participantes, de forma que os projetistas recebiam em tempo real as atualizações feitas nas demais disciplinas, tendo, assim, todas as informações necessárias para a devida elaboração do projeto, agilizando a compatibilização entre as disciplinas.

Para a comunicação entre os gerentes funcionais e a equipe de projetos, foi utilizado o *BIM 360 Team®*, que permitiu o compartilhamento do projeto em nuvem e a inserção de comentários diretamente no modelo. A plataforma, que permitiu a visualização remota do modelo online, foi importante para a consultoria dos gerentes e especialistas que estavam localizados na empresa, fora da sala na qual estava sendo elaborado o projeto, o que também colaborou para a agilidade na troca de informações e colaboração entre as partes interessadas do projeto.

Entre os principais benefícios do BIM citados no capítulo 2.1.3, a detecção antecipada de interferências entre disciplinas foi verificada em ambos os projetos elaborados, por meio da *clash detection* realizada no *Navisworks Manage®*. O *software* permitiu a sobreposição de projetos de diferentes disciplinas e gerou, a partir disso, um relatório de interferências, que foi analisado pela coordenadora do projeto e apresentado à equipe de trabalho em reuniões periódicas, nas quais era avaliada em conjunto qual a melhor forma de solucionar a questão.

A diminuição do prazo esperada como um dos ganhos do BIM a princípio não foi verificada nos projetos, uma vez que não houve diminuição no prazo de elaboração do projeto em relação ao processo convencional. No entanto, é importante observar que a equipe esteve em fase de aprendizado, não apenas sobre os novos *software*,

mas também sobre o novo processo de trabalho, o que pode ter impactado no tempo utilizado para a elaboração dos projetos.

Em alguns casos, o processo de projeto convencional, que para essa configuração leva, normalmente, cerca de três meses, deixa de levar em conta as etapas de planejamento e compatibilização, além de não conter alguns dos projetos complementares, contendo apenas a estimativa de custos para viabilizar o orçamento. Já nos estudos de caso apresentados, os projetos, elaborados de forma completa, com todos os complementares envolvidos, tiveram revisões abrangentes, mudanças de equipe e interrupções. Todo o processo levou aproximadamente um ano. No momento em que este trabalho foi finalizado, projetos semelhantes já levavam cerca de três meses.

É impossível, portanto, comparar a produtividade das experiências convencionais e dos projetos elaborados em BIM. Além de não terem sido contabilizadas as horas de trabalho da equipe de projetos, tanto de elaboração quanto coordenação, o fator do tempo de aprendizado teve grande influência no processo, não sendo possível, então, separar horas de trabalho de horas de treinamento. Sendo assim, a produtividade das experiências do estudo de caso não é comparável à produtividade do processo convencional. O mesmo vale para o custo de ambos os processos, considerando ainda que não foram contratados projetos com escopo similar até esta data.

A melhora na qualidade dos projetos pôde ser verificada devido à maior precisão dos levantamentos e na compatibilização entre disciplinas. Na segunda experiência, principalmente, o engajamento da equipe e a imersão no projeto também colaborou para que as soluções adotadas fossem escolhidas com mais cuidado e consideração de todas as áreas envolvidas, o que teve impacto no nível de detalhamento e na confiabilidade do produto final.

A extração de quantidades, particularmente, por ter sido automatizada, evitou erros humanos na contagem de elementos, o que também teve impacto na qualidade do projeto. No entanto, foi observado que para que a extração de dados seja totalmente automática, os dados inseridos pelo projetista devem estar corretos e de acordo com as rotinas criadas para a extração das informações. Outro fato foi a necessidade de

que os projetistas pudessem inserir de alguma forma os serviços no modelo, para que pudessem ser contabilizados na planilha, algo que não ocorria no processo de projeto convencional.

As demais áreas e gestores da empresa envolvidos nos projetos tiveram facilidade em visualizar e compreender as propostas do projeto em 3D nas reuniões, com a projeção do modelo em reuniões de discussão. Isso pode ter favorecido a compreensão do projeto por todas as partes e contribuído para a colaboração de todos e devida internalização das necessidades da empresa nos projetos.

Nas ocasiões nas quais foram necessárias alterações do modelo, após considerações das demais áreas, a modelagem paramétrica agilizou e poupou o retrabalho dos projetistas, fazendo com que as mudanças se atualizassem automaticamente em todas as vistas do modelo, assim como as alterações feitas nos elementos de uma mesma família.

Após o aprendizado da primeira experiência, e com o intuito de evitar retrabalhos, no projeto de Rio Grande da Serra a documentação final foi extraída do modelo apenas após a sua finalização e validação pelas demais áreas, num processo bastante diferente do convencional, no qual a documentação é produzida em cada fase do projeto. A modelagem permite a visualização e análise do produto final em 3D, tornando desnecessária a representação do projeto em 2D ao longo de sua elaboração. Sendo assim, os desenhos finais e planilhas de quantidade foram extraídos apenas quando todo o detalhamento do projeto estava completo, agilizando e automatizando o trabalho tradicionalmente intenso de documentação.

O levantamento em laser *scanning*, de alta precisão, foi essencial para a modelagem das edificações existentes, permitindo aferições da geometria do ambiente construído, distâncias e interferências. Uma grande vantagem em relação ao levantamento topográfico convencional foi o fato de que o levantamento em campo pode ser realizado em um dia. O levantamento convencional, por sua vez, depende de paralisações na circulação dos trens e pode ser realizado apenas durante a noite, entre 0h e 4h, em um horário concorrido com serviços de manutenção e outros procedimentos, chegando a levar meses para ser concluído. Foram necessárias visitas ao local pela equipe de projetos para que fosse possível conhecer o objeto de trabalho e aferir dúvidas, além de levantamentos complementares, e de busca por

documentação no arquivo da empresa para conhecer principalmente as instalações elétricas, hidráulicas e de telecomunicações existentes.

No que se refere à implantação do BIM na empresa, conforme citado no capítulo 2.1.4, a escolha do projeto piloto foi baseada no fato de que a tipologia do projeto era bem conhecida, com complexidade controlada. Além disso, os projetos contariam com múltiplas disciplinas para a sua elaboração. O prazo, no entanto, não poderia ser dilatado. A CPTM firmou compromisso com o Ministério Público de tornar diversas estações acessíveis até 2020, o que tornou o cronograma de trabalho rígido.

A seleção da equipe para a participação dos treinamentos e projetos levou em consideração alguns critérios. A princípio, a especialidade de cada projetista - elétrica, hidráulica, arquitetura, estrutura e sistemas. Devido à indisponibilidade de recursos, em alguns casos não havia opções para o projetista a ser selecionado. Em outros casos, quando possível, foram treinados e selecionados para o projeto os funcionários mais interessados na experiência e dispostos a enfrentar mudanças no método de trabalho.

Alguns dos projetistas selecionados a princípio não demonstraram interesse na experiência, sendo substituídos durante o processo por pessoas que demonstraram entusiasmo, seja pela utilização da nova tecnologia, seja pela oportunidade de elaborar um projeto, por serem de outras áreas da empresa, como obra ou manutenção. Além disso, a experiência de elaborar um projeto é incomum na empresa, uma vez que a atividade mais comum é coordenar empresas contratadas para isso.

3.4.2 Gestão de pessoas

É possível observar na experiência da implantação do BIM na CPTM o processo de aprendizagem pelo qual passou a equipe envolvida, conforme descrevem Fleury et al. (2002), citada no capítulo 2.3 desta monografia. Os treinamentos nos *software* utilizados, assim como a aplicação do conhecimento na prática, podem ser classificados como o conhecimento adquirido no nível do indivíduo; enquanto o conceito e a mudança na forma de projetar em equipe foram aprendidos no nível do grupo. A disseminação do conhecimento na empresa, por meio das palestras de introdução ao BIM e apresentações de resultados dos projetos, pode ser classificada como o conhecimento no nível da organização, que segue se desenvolvendo num processo de aprimoramento contínuo. Nesse caso, o conhecimento organizacional deverá ser administrado para atender às necessidades estratégicas de implantação do BIM na empresa.

A aplicação do aprendizado adquirido nos treinamentos nos projetos-piloto descritos nesta monografia foi a forma encontrada de garantir a transferência, agregação e apropriação do conhecimento na empresa, como apresentam os autores as condições de Grant (1996), apresentadas no capítulo 2.3.1, para que o conhecimento agregue valor à organização. Ainda de acordo com os autores, a experiência pode ser classificada como *resolução sistemática de problemas*, pela utilização das informações para a tomada de decisões e uso para organizar dados e proceder inferências. Foi utilizada a consultoria especializada para auxílio na aquisição, armazenagem e processamento do conhecimento.

Um dos fatores que impactou o prazo de entrega dos projetos foi a dificuldade em incluir no planejamento a indisponibilidade e competição por recursos humanos, conforme descrito pelo PMI® (2013) e apresentado no capítulo 2.3.2 desta monografia.

É possível observar, a partir do conceito apresentado por Fleury et al. (2002), que não foi apenas a tecnologia adotada que teve um papel condicionante na gestão das pessoas durante a experiência de elaboração dos projetos. A estrutura matricial utilizada nos projetos teve como característica o agrupamento de pessoas de diversas áreas numa única equipe, o que exigiu negociação com gerentes funcionais devido aos demais projetos em andamento em diferentes áreas da empresa.

Gerentes funcionais frequentemente solicitaram a presença dos seus projetistas, o que acabou por prejudicar sua participação e afetar cronograma do projeto.

Um dos fatores que influenciou a questão foi o fato de o coordenador do projeto não ter controle direto sobre a seleção dos membros da equipe ou autonomia suficiente para negociar a disponibilidade de recursos humanos, bastante escassos na empresa.

Dessa forma, alguns dos projetistas disponibilizados não tinham conhecimento especializado na área do projeto da qual iria cuidar, sendo necessária a consultoria e o acompanhamento de outros técnicos e especialistas. No caso da CPTM, por se tratar de uma empresa pública, não houve a opção de contratação de pessoal.

Os projetistas de Ribeirão Pires e Rio Grande da Serra não foram os mesmos nos dois projetos, com algumas exceções. No caso do primeiro projeto desenvolvido, a quantidade de retrabalho gerada após contribuição das demais áreas da empresa gerou insatisfação para os membros da equipe.

As mudanças necessárias após os comentários realizados pelos demais funcionários da empresa levaram a debates que envolveram gestores de várias áreas, nos quais concluiu-se que eram necessárias extensas revisões no projeto. O retrabalho gerado causou para alguns a descrença na eficácia da experiência realizada, devido à sensação de morosidade e extensão do prazo final. Na segunda experiência, foi percebido, ainda que não por todos os membros da equipe, como o planejamento e a comunicação com as outras áreas poderia agilizar o processo, trazendo a sensação de avanço e aprendizado.

Outro aspecto negativo na motivação de alguns membros da equipe no primeiro projeto foi a compreensão de que estavam sendo cobrados por atribuições que não seriam de responsabilidade deles. Isso ocorreu pois ao se criar uma equipe multidisciplinar, com membros de diferentes áreas da empresa, alguns dos projetistas selecionados deveriam executar funções diversas daquelas executadas por eles no seu departamento original. Houve um primeiro momento, portanto, de dificuldade de compreensão dos papéis de cada colaborador do projeto. Conforme cita Fleury et al. (2002), a teoria de Edwin Locke (1968), apresentada no capítulo

2.3.3 desta monografia, confirma a exposição de objetivos claros e diretrizes bem definidas como fator de motivação nas pessoas.

Por outro lado, o autor ainda considera o grau de dificuldade das metas como um fator que torna o empreendimento mais atraente ao trabalhador. É admissível a hipótese de que o fato de os participantes, normalmente responsáveis pela análise de projetos elaborados por empresas contratadas, estarem envolvidos dessa vez com a própria elaboração do projeto, seja um agente de motivação na equipe.

Além disso, apesar da escassez de recursos, sempre que possível foram selecionadas pessoas dispostas a enfrentar o desafio de aprendizado de uma nova tecnologia, o que evitou possível desgaste e desinteresse.

Na segunda experiência, do projeto de Rio Grande da Serra, houve uma organização mais clara dos papéis de cada um, considerando a introdução de um dos participantes do projeto anterior como coordenador da equipe. Dessa forma, ainda de acordo com a teoria de Locke, a participação dos envolvidos na definição dos papéis e metas tem impacto positivo na motivação dos participantes.

A divulgação do trabalho realizado na empresa, por meio de palestras internas, e do grande envolvimento da diretoria no processo, com reuniões semanais de acompanhamento da evolução dos projetos, foram compreendidos dentro da empresa como reconhecimento e valorização do trabalho dos participantes dos projetos, descritos pelo PMI® (2013) e apresentados no capítulo 2.3.3 desta monografia. Conseqüentemente, houve maior motivação dos participantes na segunda experiência, gerando impacto positivo na autoestima da equipe, conforme a classificação de Maslow de 1943 citada por Fleury et al. (2002).

A equipe designada para elaborar o projeto passou por um processo de desenvolvimento, de acordo com a definição do PMI® (2013), que fica evidenciado com a comparação da primeira experiência com a segunda. Na primeira experiência, devido às divergências e fatores citados no item anterior, a etapa de desenvolvimento da equipe poderia ser classificada como *conflito*, de acordo com a Escada de Tuckman, descrita no capítulo 2.3.4.

Essa classificação também se aplica para definir o desenvolvimento da equipe de projeto em relação à equipe de obras. Na primeira experiência, o retrabalho gerado

pelos comentários feitos nas reuniões de apresentação gerou desconforto e prejudicou o relacionamento entre as equipes.

Com o término do primeiro projeto, o formato da equipe multidisciplinar foi consolidado, tornando mais claro para os novos participantes que o seu papel durante o projeto era de colaborar com atribuições diversas para que o objetivo fosse alcançado.

A decisão de envolver as demais áreas desde o início do projeto colaborou para que as contribuições pudessem ser consideradas pelo projetista numa etapa mais preliminar, sem que houvesse tanto retrabalho quanto no projeto de Ribeirão Pires. Sem o desconforto gerado na primeira experiência, os projetistas e a equipe de obras passaram a trocar informações e a colaborar, tanto nas reuniões previamente agendadas de apresentação dos projetos quanto no dia a dia de trabalho.

É possível, portanto, classificar a etapa de desenvolvimento da equipe, na segunda experiência, como *acordo*, segundo a Escada de Tuckman.

Outro aspecto de desenvolvimentos da equipe, também descrito pelo PMI®, citado no capítulo 2.3.4, foi o acompanhamento dos colaboradores pela empresa de consultoria durante toda a elaboração de ambos os projetos, o que ajudou a consolidar o conhecimento já adquirido com os treinamentos formais nas ferramentas.

Foi utilizada a estratégia de *agrupamento*, descrita pelo PMI® (2013), durante toda a duração do projeto, mesmo que nem todos os participantes estivessem trabalhando na sala de projetos durante todo o tempo. Tanto a elaboração do projeto quanto as reuniões de trabalho, internas à equipe de projeto ou com a participação de equipes de outras áreas, foram realizadas na mesma sala.

O posicionamento de todos os membros da equipe no mesmo espaço, enquanto trabalhavam exclusivamente no mesmo projeto, tornou mais eficiente a comunicação e a troca de informações no grupo, além de evitar distrações com demais atribuições vindas dos gerentes funcionais. As dúvidas de um projetista poderiam ser rapidamente sanadas com consultas rápidas, nas quais os projetistas alinhavam suas soluções. Com a troca de informações intensificada, a compatibilização dos

projetos se tornou mais eficaz, de forma que quando foi utilizada a detecção de clash no *Navisworks Manage®*, já não se encontraram interferências muito significativas entre disciplinas.

3.4.3 Gestão da comunicação

Não houve planejamento formal das comunicações entre as partes interessadas em nenhuma das experiências, de acordo com o procedimento descrito pelo PMI® (2013). As trocas de informação ocorreram de acordo com o método considerado mais adequado a cada situação. No entanto, conforme já mencionado, houve a elaboração de cronograma com previsão de reuniões que envolviam os *stakeholders* do projeto ao longo de sua elaboração.

Com o objetivo de obter apresentações, respostas e opiniões de um grupo grande de pessoas, de maneira imediata e eficaz, foram utilizadas reuniões, classificadas pelo PMI® (2013) como *comunicação interativa* (exemplos: reuniões de apresentação do projeto para demais áreas da empresa, reuniões de compatibilização de projeto, reuniões de orientação entre gerentes funcionais e coordenadores de projeto).

Ainda como *comunicação interativa*, para trocas de informação entre membros da equipe, de forma a esclarecer pequenas dúvidas e trocar informações sobre o controle diário do projeto, foram utilizados telefonemas.

Para registro de atividades, decisões e orientações importantes para a equipe de projeto, foi utilizado o e-mail, classificado como *comunicação ativa*.

Antes do início do projeto, os dados de entrada e levantamentos realizados previamente foram buscados pelos projetistas no centro de documentação da empresa, classificado como *comunicação passiva*.

É possível afirmar que, em relação aos projetos elaborados de forma tradicional na empresa, a experiência com a elaboração de projetos em BIM contou com maior colaboração das partes interessadas, desde a conceituação do projeto até o seu detalhamento. Isso vai ao encontro da tendência da experiência participativa mencionada por Ballejos e Montagna (2010), citados no capítulo 2.4, na qual os

stakeholders são considerados fontes de requisitos para o desenvolvimento do projeto, antecipando possíveis problemas e minimizando seus efeitos. Ao comparar as duas experiências relatadas, o planejamento das atividades elaborado pela coordenação, no segundo caso, trouxe maior integração entre as equipes envolvidas.

Avaliando os critérios apontados por Souza (2001) para um bom funcionamento da troca de informações, percebe-se que uma falta de clareza nos papéis da equipe de obras em sua colaboração no projeto pode ter colaborado para os conflitos gerados. Após as equipes chegarem a um consenso, a segunda experiência mostrou-se mais eficaz no que se refere à troca de informações, com expectativas mais próximas à realidade e um maior planejamento das comunicações.

No ambiente da empresa, onde cada indivíduo é percebido como representante de uma área, com determinadas características, nota-se que existe interferência na percepção interpessoal, conforme mencionam Fleury et al. (2002). Dessa forma, a percepção do indivíduo e das ideias expostas por ele é alterada pelas características da área da empresa que ele representa e das pessoas com quem convive, gerando uma determinada expectativa no receptor, podendo a sua reação ser favorável, desfavorável ou neutra.

Entende-se, a partir disso, que houve dificuldades nas experiências no que diz respeito às comunicações, tanto nas relações externas à equipe de projeto quanto nas internas, uma vez que a equipe foi formada por pessoas de diversas áreas, convivendo agora no mesmo espaço como uma equipe multidisciplinar.

Durante os projetos realizados, utilizaram-se redes de comunicação classificadas pelos autores como *formais* e *informais*. Para as principais definições de projeto, orientações e, principalmente, comunicações externas à equipe de projeto, foi utilizada principalmente a comunicação formal, por meio de reuniões previamente agendadas ou registro por e-mail para conhecimento dos chefes funcionais e gestores da empresa. Para discussão de aspectos mais técnicos de projeto, compatibilização e métodos de trabalho em BIM, foram utilizadas redes informais de comunicação, principalmente entre os projetistas, facilitada pelo agrupamento da equipe na sala.

No projeto de Rio Grande da Serra, com a comunicação estreitada entre as equipes das diferentes áreas da empresa, houve um aumento de comunicação informal entre os projetistas e a equipe de obras, uma vez que os projetistas passaram a buscar informações diretamente com a equipe de obras e de operação, sem consultas formais por meio dos gerentes, para pequenas dúvidas e orientações técnicas de projeto ou método construtivo.

Souza (2001) cita ainda que a inovação é uma das principais funções da comunicação nas organizações, além da produção e meios de realização do trabalho em si. Percebe-se a influência da comunicação e a importância do planejamento eficaz, portanto, não apenas para o processo de projeto, como também para a propagação do conceito BIM na empresa.

No que se refere à gestão das partes interessadas, não houve planejamento antes do início do projeto de Ribeirão Pires. A participação de todos os interessados no projeto se deu de forma intuitiva ao longo do processo, muitas vezes sem que houvesse uma estratégia para o seu engajamento eficaz, como propõe o PMI® (2013). Da mesma forma, a comunicação da equipe com as partes externas aconteceu conforme a demanda para a realização do projeto.

A falta da relação de partes interessadas e seus respectivos papéis, expectativas e influências teve impacto na maneira como o projeto foi recebido, principalmente pela equipe de obras da CPTM. A princípio não se buscou prever a reação da equipe ao projeto apresentado. Assim, enquanto os projetistas aguardavam uma colaboração para a definição de detalhes construtivos para o projeto proposto, os comentários recebidos foram críticos acerca das soluções conceituais do projeto, gerando um impasse para a sua continuidade.

Com a equipe de operações, o histórico de maior proximidade entre as áreas permitiu que não houvesse surpresas no teor dos comentários realizados ou no consenso para a solução a ser adotada no projeto.

Conforme a classificação apresentada pelo PMI® (2013), a equipe de obras da CPTM pode ser classificada como *resistente* em relação ao projeto da Estação Ribeirão Pires, uma vez que apesar de ter colaborado com levantamentos, foi essencialmente contrária às soluções propostas. As equipes de operação e manutenção, por sua vez, foram *neutras* em relação ao projeto, conforme

classificação apresentada, contribuindo também com levantamentos e informações necessárias para a sua elaboração.

Ainda de acordo com o PMI® (2013), o engajamento das áreas, no primeiro projeto, foi realizado em etapa inapropriada, uma vez que o detalhamento do projeto já estava avançado quando as equipes foram consultadas, gerando desgaste e retrabalho. Após o engajamento tardio das partes interessadas, foi constatada a necessidade de gerenciamento de expectativas por meio de negociação e comunicação, para que fosse possível solucionar as questões levantadas. Foram realizados estudos e tratativas entre equipes, envolvendo reuniões e apresentações, para que se chegasse a um consenso.

Na experiência com o projeto de Rio Grande da Serra, foi realizado um planejamento antes do início do projeto, identificando os participantes de cada área, com agendamento de reuniões de apresentação das propostas em diferentes fases do projeto, desde o início. Dessa vez, houve maior precisão na expectativa das questões a serem levantadas, além de maior pertinência nas etapas de engajamento das equipes.

Com a participação dos interessados desde o início e sua contribuição nas soluções, houve melhora no relacionamento entre as partes e, conforme classificação do PMI® (2013) apresentada no capítulo 2.4.1, as equipes de obra, operação e manutenção *deram apoio*, de maneira geral, às intervenções propostas.

Apesar da maior atenção no segundo caso, em nenhuma das experiências houve um planejamento formal da gestão de partes interessadas, contendo *papéis, interesses, conhecimentos, expectativas* ou *influências*. Essa iniciativa pode trazer benefícios aos futuros projetos, principalmente nos casos de maior complexidade técnica e que envolverem mais partes interessadas, evitando conflitos e potencializando a participação de cada um.

3.4.4 Estrutura organizacional

A estrutura organizacional da Diretoria de Planejamento da CPTM se enquadra na categoria *funcional*, conforme a descrição apresentada pelo PMI® (2013). Cada departamento de cada gerência se divide numa especialidade e cada projeto elaborado na empresa pode ter a participação de diferentes áreas.

No caso dos projetos piloto em BIM, houve a percepção de que a consultoria para os projetistas, e os treinamentos nos *software* a serem utilizados seriam mais eficazes se a equipe fosse reunida numa sala, com dedicação em tempo integral aos projetos. A configuração da equipe pode, por sua vez, ser considerada como *matricial*, com a participação de pessoas de diferentes áreas da empresa, cada uma para a contribuição numa disciplina.

Os coordenadores do projeto, designados para o projeto da Estação Rio Grande da Serra, foram responsáveis pela comunicação entre a equipe, consultores e chefias. Sua atuação foi importante para conseguir todos os recursos, pessoas e dados necessários aos projetos, reportando as dificuldades à diretoria e buscando o apoio dos departamentos para o sucesso do empreendimento. Outra atribuição foi o planejamento, com a elaboração do cronograma e controle do andamento do projeto, de forma a garantir que seria entregue dentro do prazo.

É possível afirmar, portanto, que de acordo com a descrição do PMI® (2013), a estrutura matricial desse projeto pode ser classificada como *fraca*, devido à baixa autonomia fornecida aos coordenadores de projeto para decisões a respeito das dificuldades que surgiram, sendo necessário se reportar aos chefes funcionais na maioria dos casos. Os coordenadores do projeto foram facilitadores da comunicação, sem disponibilidade em tempo integral, dividindo-se entre a coordenação do projeto em questão e as demais atribuições em seu departamento original.

A estrutura matricial do projeto possibilitou maior integração da equipe, pelo fato de estar locada fora do ambiente da empresa, numa única sala, com grande facilidade para a colaboração e para a comunicação imediata entre os projetistas. O engajamento da equipe no projeto e sua orientação ao resultado, vantagens do modelo matricial segundo Vasconcellos e Hemsley (2002), colaboraram para a sua entrega final na data planejada.

No entanto, o fato de os colaboradores terem que responder ao chefe funcional, além do coordenador do projeto, cria a *dupla subordinação*, citada pelos mesmos autores. Nos projetos descritos no estudo de caso, houve problemas na disponibilidade de recursos devido às demais atribuições dos projetistas em seus departamentos originais, gerando desgaste entre os gerentes funcionais, os projetistas e a coordenação. Essas adversidades são classificadas como uma das desvantagens do formato da estrutura matricial, conforme observado por Patah e Carvalho (2002), pela necessidade de negociação de recursos entre o gerente funcional e o coordenador de projetos, gerando competição pelos recursos técnicos disponíveis.

3.4.5 Gestão e redesenho de processo

Avaliando as deficiências no sistema de gestão elencadas por Manzione (2006) e apresentadas no capítulo 2.6, é possível afirmar que os projetos realizados tradicionalmente na empresa apresentam a maior parte das características apresentadas, tais como baixa promoção e intercâmbio entre a equipe de projeto, estilo de gestão centralizado, tarefas sequenciais e foco na entrega de desenhos, entre outras.

Nas experiências apresentadas no estudo de caso, a estruturação diferenciada, além da atenção e importância dadas ao projeto, permitiu maior controle sobre o planejamento das ações, equipes, tarefas e gestão. É possível afirmar, portanto, que nos casos estudados houve avanço em alguns dos itens citados pelo autor:

- A gestão do projeto, a cargo da coordenadora, atuou principalmente na comunicação entre gestores e equipe, além da compatibilização do projeto
- O intercâmbio promovido entre a equipe foi alto devido à organização dos projetistas na mesma sala
- As principais definições de projeto permaneceram centralizadas nos gerentes funcionais; no entanto, a comunicação entre a equipe foi horizontal e sem barreiras

- Foi adotado modelo paralelo para a execução de tarefas
- Devido à natureza do conceito BIM, o foco estava no desenvolvimento do modelo e na extração de informações para a valoração do projeto, e não na entrega sequencial de desenhos
- Houve alta produtividade da equipe devido ao foco em um único projeto e à ausência de interferências e interrupções na sala de trabalho
- A equipe esteve aberta e receptiva ao planejamento apresentado
- A compatibilização foi realizada pelos projetistas ao longo da modelagem, devido à comunicação estimulada pela disposição na sala de trabalho, além das reuniões com a participação de todos
- Finalmente, as maiores mudanças das experiências citadas nesta monografia em relação aos processos tradicionais estiveram a cargo do uso do conceito BIM, com vasta utilização de recursos de TI para comunicação, compatibilização e elaboração de projeto.

O gráfico apresentado pelo PMI® (2013) e reproduzido no capítulo 2.6, ilustrando a capacidade de influenciar as características finais do produto e seu impacto no custo do projeto, pode ser utilizado para ilustrar a experiência com a estação Ribeirão Pires. É possível interpretar o gráfico substituindo o custo pelo esforço de projeto. Dessa forma, entende-se que as alterações realizadas já em fase avançada de projeto geraram um grande esforço por parte da equipe, que teria sido significativamente menor se essa análise tivesse sido realizada na fase conceitual do projeto.

Assim como afirmam Melhado e Cambiaghi (2006) em relação ao tempo dedicado ao planejamento e ao projeto no Brasil, no primeiro caso não houve tempo reservado para o amadurecimento de ideias, conceitos ou simulações e o projeto foi desenvolvido com base em definições incompletas, sendo elas conceituais ou dados de entrada.

Percebendo a necessidade de um planejamento que guiasse a execução do projeto, foi definida a coordenação para o projeto de Rio Grande da Serra, que, conforme a definição do PMI® (2013), conduziu processos de iniciação e de planejamento, com

a elaboração de cronograma de trabalho e definição de recursos e prazos para a execução de cada tarefa. Ao longo da elaboração do projeto, foram realizadas tarefas de execução (elaboração do projeto, modelagem, reuniões de trabalho), monitoramento e controle (reuniões de *design review*, relatórios de compatibilização) e encerramento (documentação, arquivo).

É possível afirmar, ao comparar as duas experiências, que houve retroalimentação dos aprendizados do primeiro caso em relação ao segundo, citado por Melhado (2005). A elaboração desta monografia tem como propósito justamente a documentação das lições aprendidas para futuros projetos.

No projeto de Rio Grande da Serra, foram empregados alguns aspectos da filosofia do Projeto Simultâneo, conforme cita Manzione (2006), tais como a valorização do papel do projeto e integração precoce entre os vários agentes, uma vez que foi percebida a necessidade de envolver as equipes de obra e operação desde o início do projeto; transformação cultural e valorização das parcerias, no maior envolvimento das demais equipes com o projeto e pela transformação estrutural das áreas da empresa; e a utilização de novas tecnologias de informática e telecomunicações na gestão do processo, devido à própria utilização do BIM, tanto para a modelagem quanto para compatibilização e troca de dados.

O retrabalho da modelagem gerado após a participação das demais equipes da empresa, na segunda experiência, foi mais bem recebido pelos projetistas, uma vez que foi considerado na programação, sendo, portanto, parte do processo criativo, conforme salientado por Manzione (2006) e apresentado no capítulo 2.6.2, e não fruto da falta ou má qualidade de informações, mudanças de escopo e erros. Já o retrabalho na experiência de Ribeirão Pires foi causado pela postergação da participação das demais áreas da empresa no projeto, retardando a entrada de informações importantes e permitindo que a equipe de projeto desconhecesse a necessidade das demais áreas.

Após as experiências dos projetos-piloto em BIM na empresa, houve a inauguração da Sala Interativa de Projetos, na qual foram disponibilizadas *workstations* com todos os *software* utilizados nas experiências descritas, além de infraestrutura em rede. A sala está sendo utilizada para a continuidade da elaboração dos projetos de

adaptação de acessibilidade das estações, com o envolvimento de novas pessoas para que o conhecimento seja compartilhado e difundido.

Outra mudança que aconteceu na empresa foi a reestruturação da Diretoria de Planejamento, na qual o projeto funcional passou a ser elaborado na mesma área dos projetos básico e executivo. Além disso, foi criado um novo departamento, que responde pela administração do BIM na empresa e pelas planilhas de projeto. O Departamento de Consistência e Inovação de Projetos - DPPG está ligado à Gerência de Projetos Cíveis - GPP.

O novo departamento já deu início à elaboração do BIM *Mandate*, documento que servirá de referência para as futuras contratações de projetos em BIM, contendo orientações para as empresas contratadas sobre forma mais adequada de elaboração de projetos em BIM, definida pela equipe da CPTM. O documento contém um fluxo de processo de projeto de referência para a elaboração dos projetos, que difere do fluxo convencional, utilizado nos projetos elaborados em 2D. É importante ressaltar que o documento leva em consideração que a elaboração do projeto será feita por empresa contratada, e não pela equipe interna da CPTM.

O fluxo de projetos, da mesma forma, foi elaborado pela equipe de projetos envolvida na implantação do BIM para ser entregue à empresa contratada, como parte do *Mandate*. Por esse motivo, o modelo não contém a definição dos marcos de apresentação do projeto para as demais áreas da empresa, pois toma como pressuposto que essa organização é de responsabilidade da equipe de coordenação da CPTM, que será descrito em um manual interno a ser elaborado. Já é discutido, no entanto, que a participação das outras áreas deva acontecer a cada marco de avaliação do projeto pela CPTM.

A seguir está o fluxo de projeto revisado em elaboração. Em vermelho estão as observações comparativas entre o fluxo novo e o processo convencional.

Figura 16 - Novo fluxo de projetos (em elaboração)

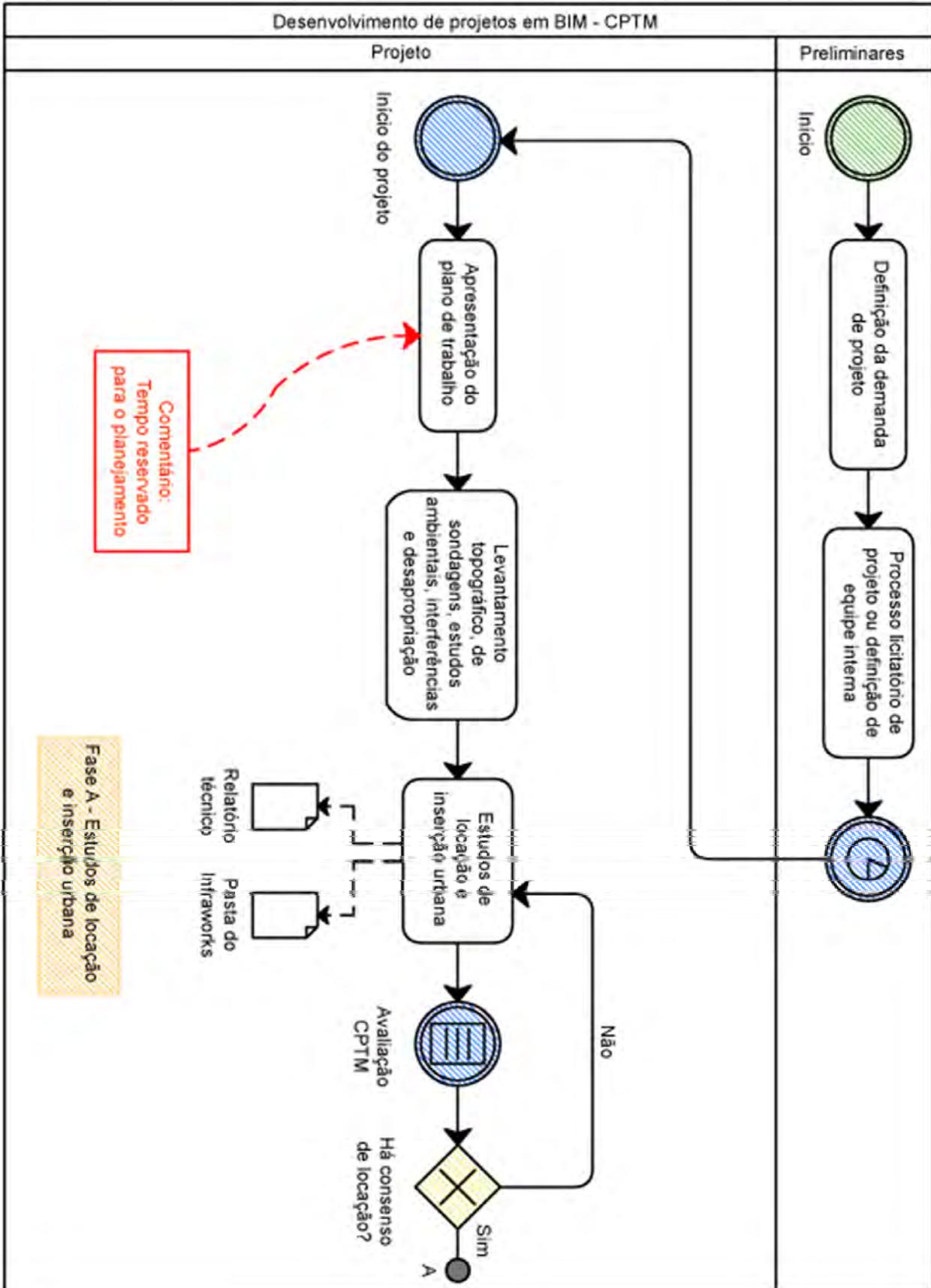


Figura 16 - Novo fluxo de projetos (continuação)

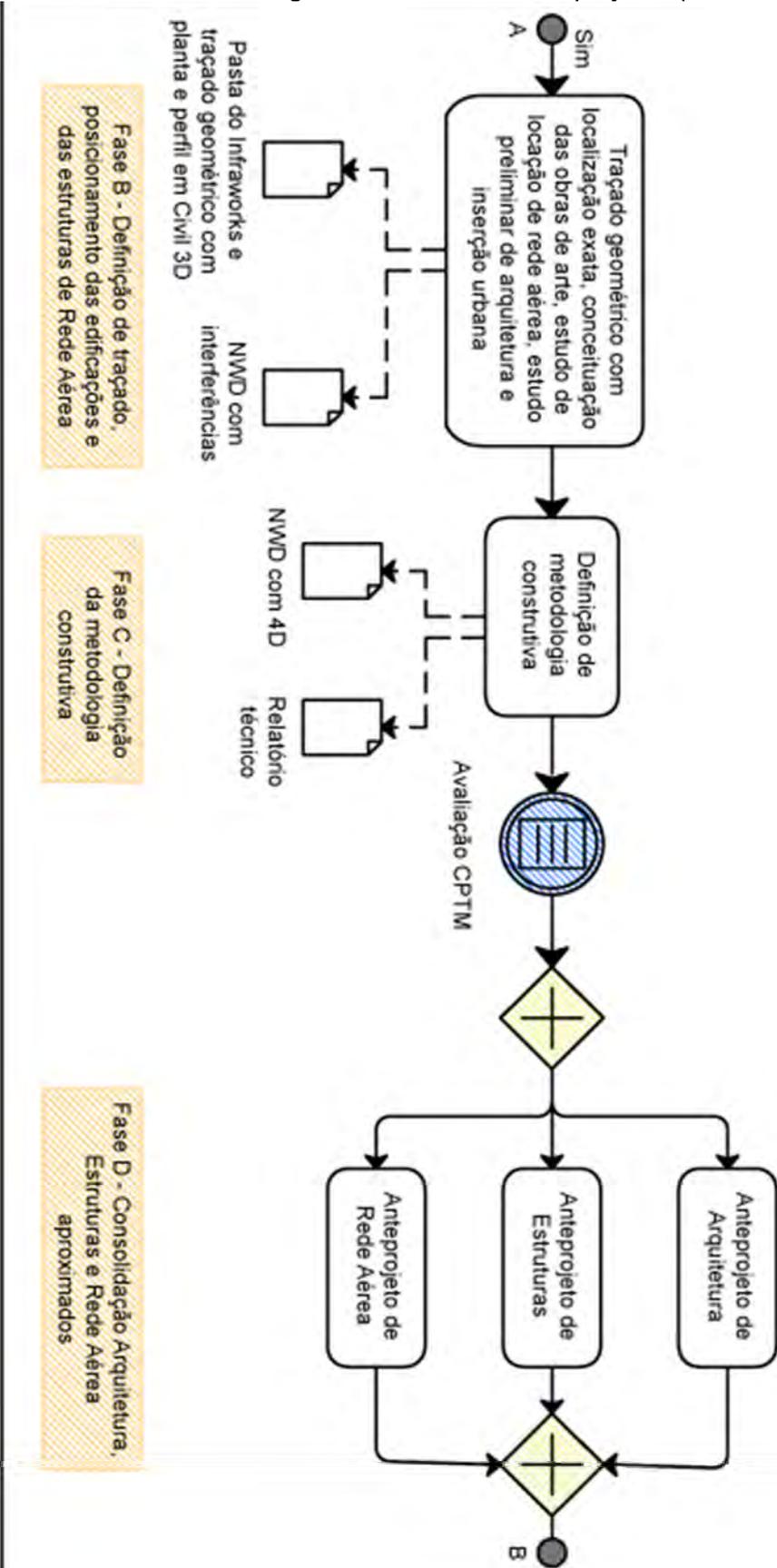


Figura 16 - Novo fluxo de projetos (continuação)

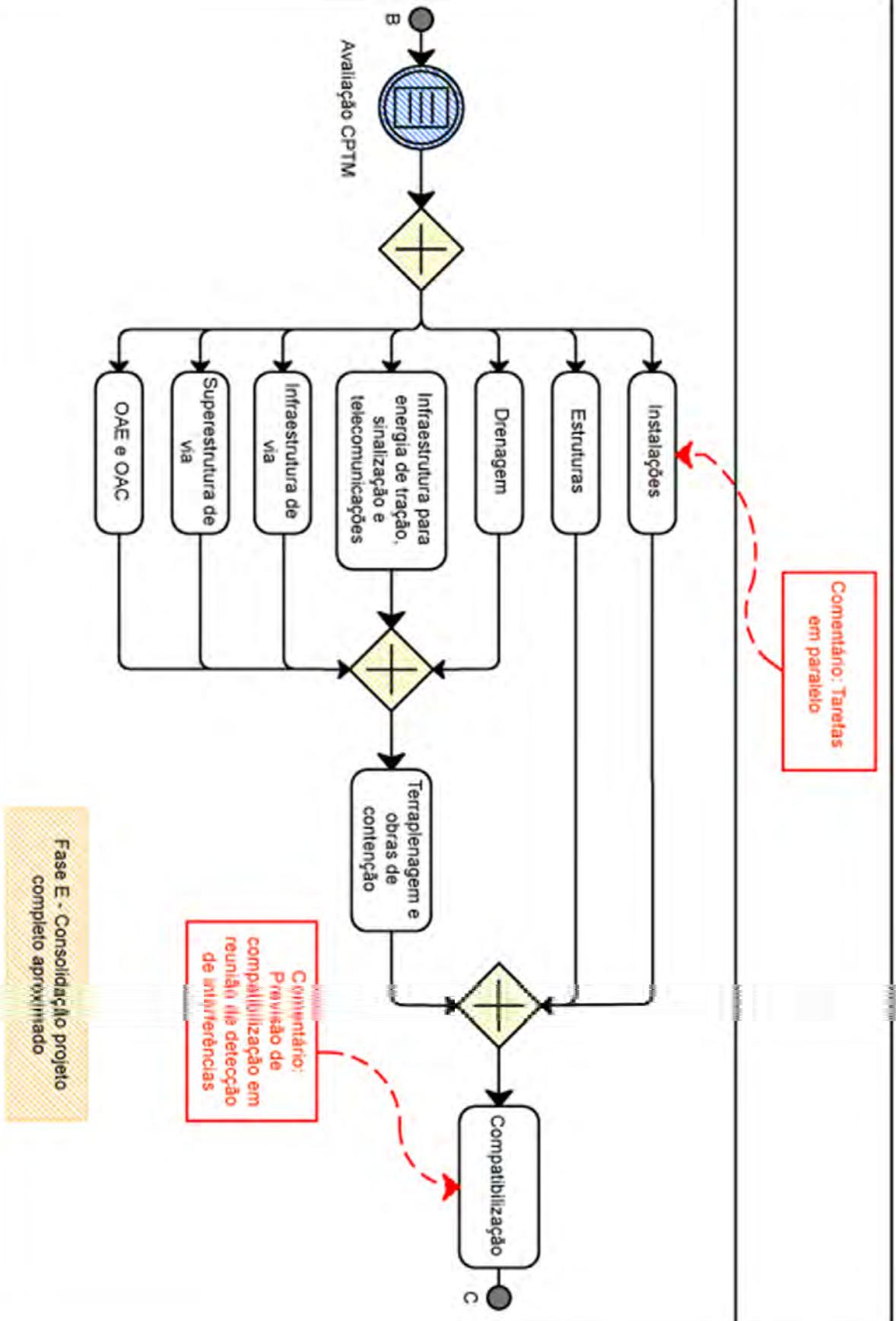


Figura 16 - Novo fluxo de projetos (continuação)

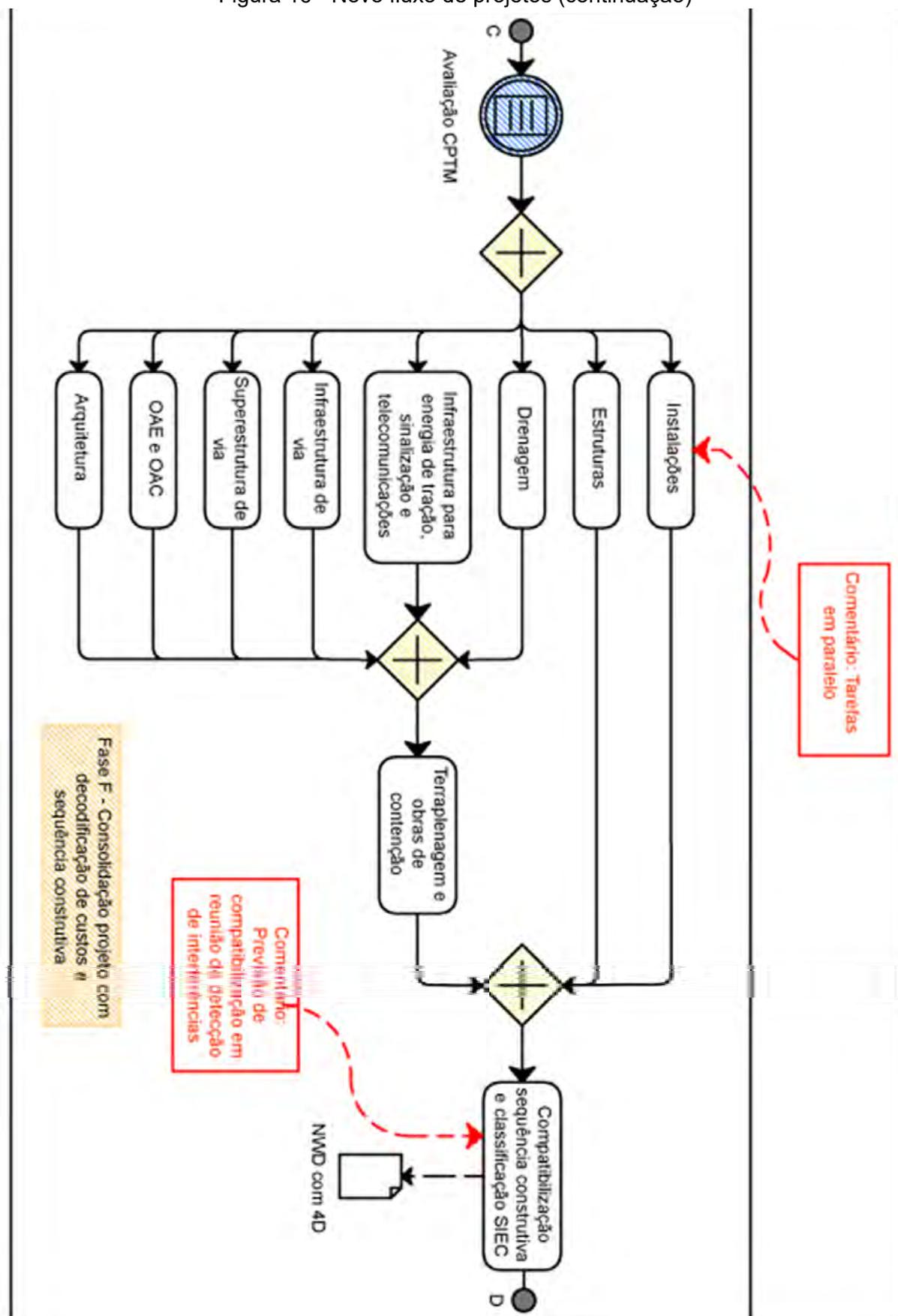


Figura 16 - Novo fluxo de projetos (continuação)

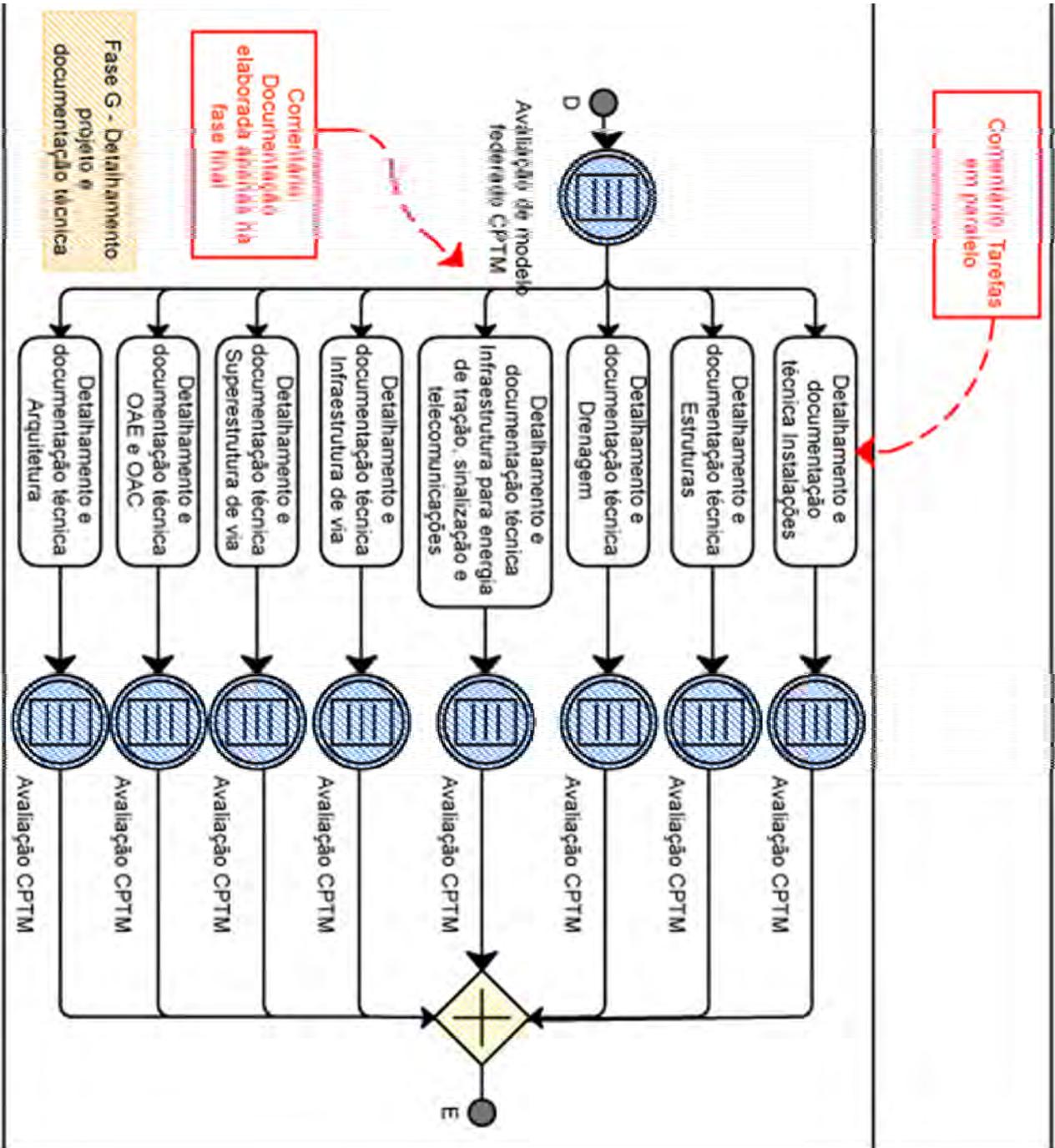
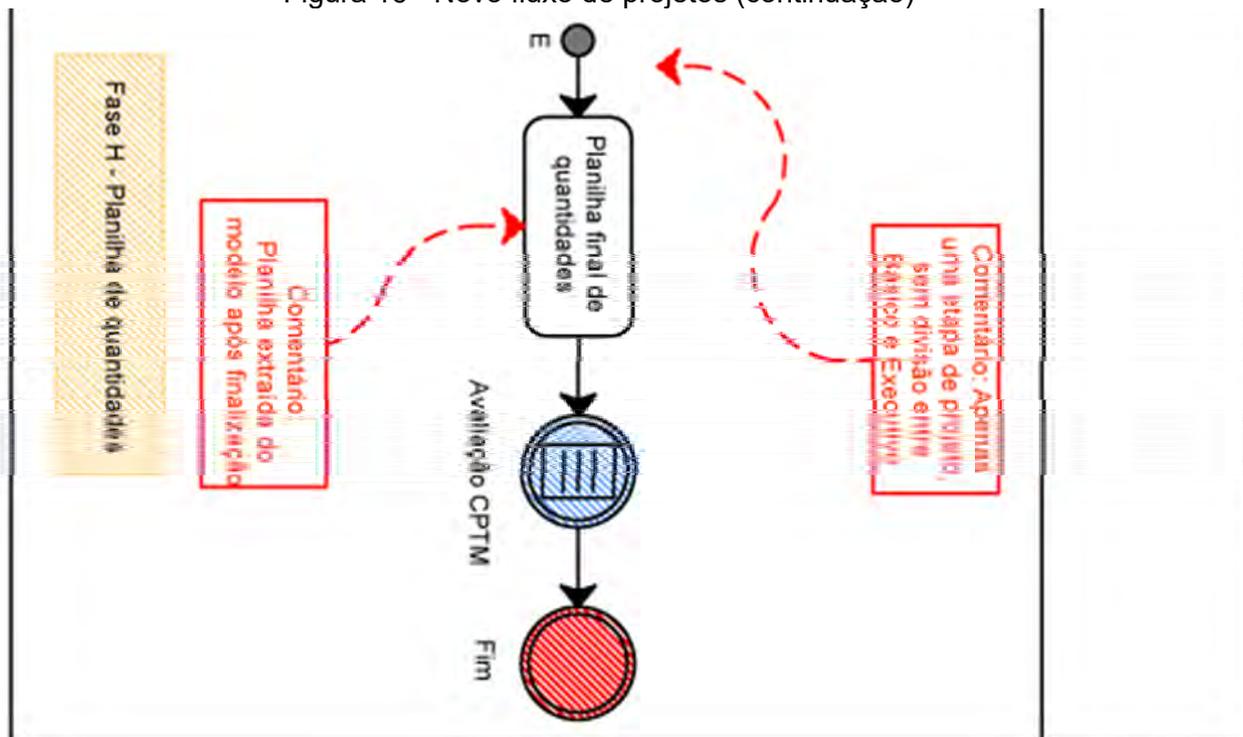


Figura 16 - Novo fluxo de projetos (continuação)



Fonte: CPTM

No início do projeto, deverá ser apresentado o plano de trabalho pela contratada. Foi estabelecido o início da fase conceitual do projeto apenas após a finalização dos levantamentos. Da mesma forma, só há o avanço para a próxima fase após a finalização da fase anterior, com devida avaliação e aprovação da CPTM. A fase de detalhamento do projeto inicia-se com as disciplinas de arquitetura, estrutura e rede aérea e, apenas após a definição dos conceitos, devem ser entregues os projetos de instalações, drenagem e detalhamento de via permanente.

Ao invés de entregas formais de documentação 2D nas etapas de projeto funcional, básico e executivo, ficará definido o nível de desenvolvimento dos elementos do modelo a cada apresentação do projeto. Com o desenvolvimento do modelo, facilidade de compartilhamento e visualização das propostas, não é necessário criar documentação e estipular grandes etapas de projeto. De modo a agilizar o processo, toda a extração de documentação será feita somente ao final do detalhamento do projeto e após a anuência de todas as partes.

Ao definir o nível de desenvolvimento do modelo em cada marco de apresentação do projeto, evita-se que o detalhamento avance sem que haja conhecimento das outras áreas, o que pode gerar retrabalho. O fluxo estabelece os documentos

resultantes de cada fase do projeto, de forma que cada etapa seja devidamente documentada e conhecida pelas partes interessadas.

Outro aspecto importante é o paralelismo adotado nas ações de trabalho. Sempre que possível, as tarefas serão executadas concomitantemente, como por exemplo os projetos de elétrica, hidráulica e sistemas, que serão elaborados por diferentes profissionais simultaneamente, unidos pelo modelo federado.

O fluxo considera que a compatibilização entre as disciplinas deverá ser realizada ao longo do desenvolvimento do modelo pela projetista conforme o andamento do trabalho, e deverá ser aferida a cada etapa pelos analistas da CPTM. Por esse motivo, não foi representada como uma tarefa periódica.

É possível notar a falta de uma tarefa relativa à retroalimentação do aprendizado com cada projeto, conforme citado no capítulo 2.6, consolidando como uma tarefa inerente ao projeto a lições aprendidas, assim como os processos de coleta e análise de dados e devido arquivo da documentação final. Como sugestão, é interessante a inserção da tarefa ao final do processo.

Outra sugestão, retomando o item 3.4.5, seria inserir o planejamento das partes interessadas, com necessidades, interesses e impacto potencial no sucesso dos projetos.

Tabela 6 - Comparação do processo de projeto convencionalmente utilizado na CPTM com o processo utilizado nos estudos de caso

Processo convencional	Processo estudo de caso
<ul style="list-style-type: none"> ● Estrutura funcional ● Utilização de softwares de projeto em 2D ● Sem prazo previsto para planejamento ● Projeto dividido em etapas: funcional, básico e executivo ● Tarefas sequenciais ● Foco na entrega da documentação gráfica ● Desenvolvimento de vários projetos ao mesmo tempo ● Menor envolvimento da equipe da obra no projeto, presentes numa única apresentação, normalmente com foco no método construtivo ● Cada analista pertence a uma área da empresa, em diferentes endereços ou salas ● Diálogo entre analistas e projetistas de diferentes disciplinas acontece em reunião semanal, quando convocados ● a compatibilização depende da iniciativa de cada analista ● Comunicação vertical ● Menor comunicação entre projetistas de diferentes disciplinas leva a incompatibilidades ● Menor controle sobre a ordem da entrega de cada disciplina, pois projetistas trabalham separadamente ● Planilha pode conter incompatibilidades com o projeto, pois podem começar a ser elaboradas antes da sua revisão final 	<ul style="list-style-type: none"> ● Estrutura matricial ● Utilização do conceito BIM e novas tecnologias ● Prazo previsto para o planejamento ● Desenvolvimento do projeto de acordo com o nível de desenvolvimento do modelo, em uma só etapa ● Tarefas paralelas ● Foco no desenvolvimento do modelo ● Desenvolvimento de um projeto de cada vez ● Maior envolvimento da equipe de projetos e da equipe de obras, presentes ao longo de todo o processo, desde a etapa conceitual até a planilha de orçamento, em reuniões pré-agendadas ● Todos os projetistas ficam na mesma sala ● Diálogo entre projetistas ocorre a qualquer momento ● A compatibilização é realizada em reunião de detecção de clash com todos os projetistas presentes ● Comunicação horizontal ● Comunicação mais estreita e constante leva a menor incidência de incompatibilidades ● Desenvolvimento das diferentes disciplinas é concomitante e interdependente. ● Planilha é extraída do modelo, minimizando erros.

Fonte: autora

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Figura 17 - Situação anterior x modelo - Plataforma



Fonte: CPTM

Com uma extensa malha ferroviária, com mais de 90 estações, a CPTM tem muito a ganhar com as vantagens que o BIM oferece, tanto em fase de projeto, como na construção, operação e manutenção predial.

Entre as muitas edificações e vias que fazem parte do patrimônio da empresa, algumas, como os casos apresentados, chegam a ter mais de cem anos, sendo herdadas muitas vezes sem os cadastros das construções existentes e das modificações realizadas ao longo do tempo. A constante necessidade de conservação e reparos, nesse contexto, torna importante a existência de um cadastro atualizado e preciso do patrimônio da empresa, possibilitando a manutenção preditiva, que com o uso do BIM potencialmente otimizaria os custos e diminuiria falhas e avarias em todo o sistema de transportes.

No caso da operação, um cadastro das edificações existentes possibilitaria uma melhor distribuição e controle dos funcionários pelo sistema, além de melhores planejamentos e estratégias. A operação se beneficiaria também com falhas menos frequentes e obras mais breves.

Logo, é importante, para que a empresa possa usufruir de todas as vantagens em potencial da utilização do BIM, que seja mantida a implantação com a mesma atenção que foi utilizada na área de projetos também nas demais áreas de obras, operação e manutenção.

A experiência descrita de implantação da Modelagem da Informação na Construção na área de projetos serviu como um laboratório de intenso aprendizado, que em muito excedeu os conhecimentos relativos aos *software* necessários para o novo modo de elaborar projetos, evidenciando não apenas questões relativas ao uso do BIM em comparação com a tecnologia convencional, mas problemas do processo convencional que já estavam presentes nos demais projetos elaborados na CPTM.

A experiência com o projeto de Ribeirão Pires, com a ausência de um coordenador presente com a equipe, evidenciou a importância do planejamento de projeto e mostrou as consequências da falha na programação das comunicações entre as partes interessadas. No projeto de Rio Grande da Serra, por sua vez, a indicação de uma pessoa para a coordenação e o planejamento do projeto foi essencial para o andamento dos trabalhos sem a mesma quantidade de retrabalhos por parte da equipe, minimizando desgastes entre as partes interessadas e com um fluxo de comunicação mais eficiente. No entanto, foi necessário que houvesse o aprendizado com a primeira experiência, para que tanto a equipe quanto os gestores pudessem perceber na prática a importância do planejamento para o processo.

Ficou clara a dificuldade em passar de uma estrutura departamentalizada para a organização matricial. Desde a mobilização das equipes de projeto até a integração com as diferentes áreas da empresa, cada interação teve seu impacto direto no andamento dos projetos e inclusive no produto final. Fica evidente, portanto, que a simultaneidade de tarefas, a agilidade do processo e a qualidade do produto possibilitadas pelo BIM dependem diretamente da colaboração entre todas as partes, com a facilitação da integração e da comunicação direta entre os participantes, sendo necessária uma mudança de postura coletiva para que o conceito de projeto atinja seu potencial.

O reconhecimento da necessidade de intensificar a interatividade entre as partes foi um grande ganho nas experiências relatadas. Da mesma forma, a percepção coletiva de que a nova estrutura trouxe um avanço no desenvolvimento dos trabalhos, concretizada com a criação da Sala Interativa de Projetos na CPTM a pedido da própria equipe de projetos, evidencia o aprendizado da empresa com a experiência e a intenção de perpetuar o conhecimento obtido.

É possível afirmar, portanto, que alguns dos principais pontos de melhoria observados nos projetos não tiveram relação direta com a implantação do BIM, mas sim com a organização do processo de projeto. No entanto, a experiência com o primeiro projeto em BIM tornou evidentes os problemas de processo de projeto, que tiveram grande influência no andamento do trabalho. O BIM teve seu papel na reestruturação apresentada pois as suas características intrínsecas de interatividade e coesão favorecem a correta organização do processo de projeto. A questão a ser respondida é se mesmo sem a implantação do BIM seria possível obter avanço no processo de projeto, uma vez que não haveria igual oportunidade de observação e análise sem a mudança de conceito de projeto.

O sucesso da experiência reafirma a ideia de que, com investimento na capacitação das equipes internas das empresas públicas, é possível elaborar projetos sem a necessidade de contratação de empresas projetistas, o que representa não apenas uma potencial economia nos custos de projeto, mas também a possibilidade de melhoria na qualidade do produto final, devido ao maior controle de todo o ciclo do processo de projeto.

Os projetos realizados na empresa, porém, são normalmente contratados, o que impede a reprodução do modelo dos estudos de caso nos futuros empreendimentos. Será necessário aplicar o aprendizado obtido na experiência numa situação diferente, envolvendo mais partes interessadas e dando à área de projetos da CPTM um papel de coordenação e não mais de projetista.

Para isso, é fundamental a elaboração do *BIM Mandate* de forma cuidadosa, uma vez que o documento servirá de referência para o padrão de qualidade exigido dos projetos elaborados pelas empresas contratadas. Outra medida necessária é o estabelecimento de uma programação de treinamentos para a formação de coordenadores BIM e analistas capazes de acompanhar os projetos elaborados pelas contratadas. As ações sugeridas têm como objetivo garantir a consolidação do processo de mudança por meio da transformação do conhecimento individual em organizacional.

O avanço no processo de projeto foi significativo e é possível afirmar que a experiência serve de exemplo para a gestão pública como um todo. O desafio a

seguir está em fazer com que o aprendizado avance e se dissemine, consolidando o BIM, enraizando os ganhos obtidos e ganhando maturidade não apenas nos projetos, mas também nas áreas de obras, operação e manutenção da empresa. Espera-se, assim, que seja possível tirar proveito do BIM em todo o ciclo de vida das edificações, concretizando então uma das principais vantagens do conceito para a CPTM, cujo patrimônio é de grande importância para a mobilidade urbana e, conseqüentemente, para a qualidade de vida da população da Grande São Paulo.

REFERÊNCIAS

ABDI. **Projeto Guias Técnicos BIM - Edificações. Guia 1 - Processo de Projeto BIM - Texto preliminar.** São Paulo: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2017.

ABDI. **Projeto Guias Técnicos BIM - Edificações. Guia 4 - Contratação e elaboração de projetos BIM na arquitetura e engenharia - Texto preliminar.** São Paulo: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2017.

BALLEJOS, L.C.; MONTAGNA, J.M., **Modeling stakeholders for information systems design processes.** Londres: 2010. Disponível em <[https://www.researchgate.net/publication/220428244_Modeling_stakeholders_for_information_systems_design_processes?enrichId=rgreq-7c957e45e15505e9e12538082fcd7a14-](https://www.researchgate.net/publication/220428244_Modeling_stakeholders_for_information_systems_design_processes?enrichId=rgreq-7c957e45e15505e9e12538082fcd7a14-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdIOzlyMDQyODI0NDtBUzoxMjc1MjgzNDE2MTA0OTZAMTQwNzQxNjUzNDYzNQ%3D%3D&el=1_x_3&_esc=publicationCoverPdf)

XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdIOzlyMDQyODI0NDtBUzoxMjc1MjgzNDE2MTA0OTZAMTQwNzQxNjUzNDYzNQ%3D%3D&el=1_x_3&_esc=publicationCoverPdf>

Acesso em 5 nov. 2017.

CBIC. **Fundamentos BIM - Parte 1: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras.** Brasília: Câmara Brasileira da Indústria da Construção, 2016. 1 v.

CBIC. **Implementação BIM - Parte 2: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras.** Brasília: Câmara Brasileira da Indústria da Construção, 2016. 2 v.

CBIC. **Colaboração e Integração BIM - Parte 3: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras.** Brasília: Câmara Brasileira da Indústria da Construção, 2016. 3 v.

CBIC. **Fluxos de trabalho BIM - Parte 4: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras.** Brasília: Câmara Brasileira da Indústria da Construção, 2016. 4 v.

CICHINELLI, Gisele C. **Tecnologia orçamentária - Especialista em BIM (Building Information Modeling) explica como o conceito pode revolucionar os**

processos de orçamentação. Construção Mercado, n.94. mai. 2009. Disponível em <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/94/artigo-299224-1.aspx>>. Acesso em: 19 fev. 2017.

CHANG, Diana Shy Wey. **Gestão do processo de projeto industrial: estudo de caso de uma empresa projetista.** 2017. Monografia (Especialização em Gestão de Projetos na Construção) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

ESCOLA POLITÉCNICA. **Diretrizes para Apresentação de Dissertações e Teses.** 4. ed. São Paulo: 2013. Disponível em: <<http://www.poli.usp.br/images/stories/media/download/bibliotecas/DiretrizesTesesDissertacoes.pdf>> Acesso em: 5 de março de 2017.

FLEURY et al. **As pessoas na organização.** São Paulo: Editora Gente, 2002.

GRANER, Fábio. **Governo quer fortalecer controle sobre custo de obras públicas.** Valor Econômico, Abr. 2017. Disponível em <<http://www.valor.com.br/brasil/4946268/governo-quer-fortalecer-controle-sobre-custo-de-obras-publicas>>. Acesso em: 19 fev. 2017.

GRANT, R. M. **Prospering in dynamically — Competitive environments: organizational capability as knowledge integration.** Organization Science, v. 7, n. 4, p. 375-87, 1996.

HERZBERG, Frederick. **The motivation to work.** New York: John Wiley and Sons, 1959.

LOCKE, Edwin. **Toward a theory of task motivation and incentives.** Organizational behavior and human performance, p.157 - 89, May 1968.

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

MANZIONE, L. **Estudo de Métodos de Planejamento do Processo de Projeto de Edifícios.** 2006. Dissertação - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MARTÍNEZ-LÉON, I. M.; MARTÍNEZ-GARCÍA, J. A. **The influence of organizational structure on organizational learning**. International Journal of Manpower, Bingley, vol. 32, n.º 5, p. 537-566, 2011.

MASLOW, Abraham H. **Motivation and personality**. USA: Harper Brothers, 1954.

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

MELHADO, S. B. **Qualidade do Projeto da Construção de Edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. 1994. Tese - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MELHADO, S. B. **Gestão, cooperação e integração para um novo modelo voltado à qualidade do processo de projeto na construção de edifícios**. 2001. Tese - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MELHADO, S. B.; CAMBIAGHI, H. **Programa setorial da qualidade e referencial normativo para qualificação de empresas de projeto**. São Paulo: 2006.

MIKALDO, J.; SCHEER, S. **Compatibilização de projetos ou engenharia simultânea: qual é a melhor solução?** Gestão & tecnologia de projetos, 2008.

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

PATAH, L.A.; CARVALHO, M.M. **Estruturas de gerenciamento de projetos e competências em equipes de projetos**. In: XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Curitiba: 2002. Disponível em <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002_TR15_0699.pdf>. Acesso em: 17 out. 2017.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, **PMBOK®: Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos**, 5. ed. São Paulo: Saraiva, 2013.

RABECHINI et al. **A organização da atividade de gerenciamento de projetos: os nexos com competências e estrutura**. São Carlos: 2011.

RUSCHEL et al. **Reflexões sobre metodologias de projeto arquitetônico**. Porto Alegre: Ambiente Construído, 2006.

- SANTOS, E. T. **Introdução ao BIM**. São Paulo: Poli Integra, 2015. Material didático.
- SANTOS, E. T. **Estratégias de Implantação de BIM**. São Paulo: Poli Integra, 2015. Material didático.
- SANTOS, E. T. **BIM: Conceitos fundamentais**. São Paulo: Poli Integra, 2015. Material didático.
- SANTOS, E. T. **BIM: Coordenação de projetos**. São Paulo: Poli Integra, 2015. Material didático.
- SANTOS, D. D.; CAVALCANTI, L. O. **O uso do BIM em projetos de estações ferroviárias: experiência na prática - CPTM**. 4º Prêmio Tecnologia e Desenvolvimento Metroferroviários ANPTrilhos-CBTU (23a SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA, São Paulo, 2017).
- SILVA, M. A. C. **Gestão do Processo de Projeto de Edificações**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2003.
- SILVA, T. F. L. **O Processo de Projeto no Segmento de Projetos Industriais**. 2014. Dissertação - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- SILVA, T.F.; MELHADO, S. B. **Gestão de Projetos Industriais**. São Paulo: Pini, 2014.
- SOUZA, A. L. R. **Preparação e execução da coordenação de obras: transposição da experiência francesa para a construção brasileira de edifícios**. 2001. Tese – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- TUCKMAN, B. W. **Developmental sequence in small groups**. Psychological bulletin, v. 63, n. 6, p. 384, 1965
- VASCONCELLOS, E.; HEMSLEY, J. R. **Estrutura das organizações: estruturas tradicionais, estruturas para inovação, estrutura matricial**. 4. ed. São Paulo: Pioneira Thompson Learning, 2002.
- VROOM, Victor H. **Work and motivation**. New York: John Wiley, 1964.