

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

WANDEMBERG TAVARES JUNIOR

**DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO PARA
COMPATIBILIZAÇÃO DAS INTERFACES ENTRE
ESPECIALIDADES DO PROJETO DE EDIFICAÇÕES EM
EMPRESAS CONSTRUTORAS DE PEQUENO PORTE**

Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Santa Catarina para obtenção
do grau de Mestre em Engenharia.

Orientador: Prof. OSMAR POSSAMAI, Dr.

Co-Orientador: Prof. JOSÉ DE PAULA BARROS NETO, Dr.

Florianópolis

Abril de 2001

WANDEMBERG TAVARES JUNIOR

**DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO PARA COMPATIBILIZAÇÃO DAS
INTERFACES ENTRE ESPECIALIDADES DO PROJETO DE EDIFICAÇÕES EM
EMPRESAS CONSTRUTORAS DE PEQUENO PORTE**

Esta dissertação foi julgada e aprovada para a obtenção do título de **Mestre em Engenharia de Produção no Programa de Pós – Graduação em Engenharia de Produção** da
Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 24 de abril de 2001

Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.

Coordenador do Programa

BANCA EXAMINADORA

Prof. Osmar Possamai, Dr.

Orientador

Prof. Miguel Fiod Neto, Dr.

Prof. Gregório Jean Varvakis Rados, Ph.D.

Dedico este trabalho à minha esposa
Nadje e ao meu filho Victor.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Osmar Possamai, pela orientação fundamental dada ao desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. Dr. José de Paula Barros Neto, pelo valioso trabalho de coorientação, propiciando condições favoráveis para escrever esta dissertação.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da UFSC, pelo fornecimento de conhecimentos relevantes.

À Universidade de Fortaleza e Universidade Federal de Santa Catarina, por viabilizar a execução deste trabalho.

Aos meus pais Maria Terezinha Cavalcante Tavares e Wandemberg Tavares Simões e à minha tia Maria Aurineide Padilha Cavalcante, pelo incentivo para realização deste mestrado.

Aos meus colegas professores, Francisco Chagas da Silva Filho, José Emídio Alexandrino Bezerra, Roberto Ney Ciarlini Teixeira, Aldo de Almeida Oliveira, Nise Sanford Fraga, Maria Aridenise Macena Maia e Fernando José A. da Silva, pelo apoio dado e constante demonstração de amizade.

À Deus, amigo de todas as horas, que me concedeu coragem, saúde e inspiração, dons imprescindíveis para a viabilização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	I
LISTA DE TABELAS.....	V
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	VI
RESUMO.....	VII
“ABSTRACT”.....	VIII
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Justificativa do Trabalho.....	2

1.2	Objetivos.....	4
1.2.1	Objetivo Geral.....	4
1.2.2	Objetivos Específicos.....	4
1.3	Hipóteses de Trabalho.....	5
1.4	Método de Pesquisa.....	5
1.5	Estrutura do Trabalho.....	6
2.	O PROCESSO DE PROJETO.....	7
2.1	O Projeto na Construção Civil Subsetor Edificações.....	7
2.1.1	Conceituação de Projeto.....	7
2.1.2	Importância do Projeto no Processo Produtivo.....	8
2.1.3	Etapas do Processo de Projeto.....	11
2.1.4	Não-Conformidades devidas às Etapas do Processo de Projeto.....	13
2.2	O Projeto e a Qualidade da Edificação.....	16
2.2.1	A Ocorrência de Falhas na Edificação oriundas do Projeto.....	16
2.2.2	O Projeto como Gerador de Desperdícios na Construção de Edifícios.....	18
2.2.3	A Participação do Projeto no Ciclo da Qualidade do Processo Construtivo.....	21
2.3	Diretrizes Para a Elaboração do Projeto.....	22
2.3.1	Visão Sistêmica.....	23
2.3.2	Qualificação de Profissionais de Projeto.....	25
2.3.3	Racionalização Construtiva e Construtibilidade.....	25
2.3.4	Atendimento aos Requisitos de Desempenho.....	26
2.3.5	Integração entre Projeto e Produção.....	27
2.3.6	Sistematização de Informações.....	28
2.3.7	Qualidade da Apresentação do Projeto.....	30
2.3.8	Coordenação dos Projetos.....	32
2.4	Compatibilização de Projetos.....	35
2.4.1	Conceituação de Compatibilização de Projetos.....	35
2.4.2	Melhoria da Qualidade do Projeto através da Compatibilização das suas diversas Disciplinas.....	35
2.5	Considerações Finais sobre o Capítulo.....	36
3.	DESENVOLVIMENTO DO EMBASAMENTO TEÓRICO PARA UTILIZAÇÃO NO MÉTODO.....	38
3.1	Primeiro Embasamento: Engenharia Simultânea.....	38

3.1.1 Modelo: Engenharia Sequencial.....	39
3.1.2 Modelo: Engenharia Simultânea.....	42
3.1.2.1 Conceituação.....	42
3.1.2.2 Engenharia Simultânea x Engenharia Sequencial.....	43
3.1.2.3 Força-Tarefa.....	46
3.1.2.4 Elementos Básicos da Engenharia Simultânea.....	47
3.1.2.5 Aspectos para Implantação da Engenharia Simultânea.....	49
3.1.2.6 Resistências apresentadas à implantação da Engenharia Simultânea.....	50
3.1.2.7 Etapas para Implantação da Engenharia Simultânea.....	52
3.1.2.8 Desenvolvimento das Ferramentas em Ambiente de Engenharia Simultânea para serem Utilizadas no Processo de Compatibilização de Projetos.....	55
3.2 Segundo Embasamento: FMEA – Análise dos Modos e Efeitos de Falhas.....	60
3.2.1 Confiabilidade.....	61
3.2.2 Mecanismos de Análise de Falhas.....	62
3.2.3 Método FMEA – Análise dos Modos e Efeitos de Falhas.....	64
3.2.3.1 Procedimentos para utilização do Método FMEA.....	64
3.2.3.2 Desenvolvimento de Instrumentos para Utilização na Análise de Falhas no Processo de Compatibilização de Projetos.....	66
3.3 Considerações Finais sobre o Capítulo.....	69
4 DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE COMPATIBILIZAÇÃO DAS INTERFACES ENTRE DISCIPLINAS DO PROJETO.....	70
4.1 Desenvolvimento do Processo de Projeto de Edificações.....	70
4.1.1 Macrofluxo do Processo de Projeto.....	70
4.1.2 Fluxograma do Desenvolvimento do Processo de Projeto.....	72
4.2 Modelagem do Processo de Compatibilização das Interfaces entre Disciplinas do Projeto de Edificações.....	76
4.2.1 Descrição das Fases do Modelo.....	78
4.3 Considerações Finais sobre o Capítulo.....	88
5. ESTUDO DE CASO.....	89

5.1 Entrevistas com Especialistas em Compatibilização e Gestão de Projetos.....	89
5.2 Caracterização da Empresa Pesquisada.....	90
5.3 Implementação da Metodologia Proposta na Empresa.....	91
5.3.1 Montagem do Plano de Trabalho Junto à Empresa.....	91
5.3.2 Descrição do Projeto Piloto.....	92
5.3.3 Aplicação da Metodologia de Compatibilização de Projetos ao Projeto Piloto.....	97
5.4 Considerações Finais sobre o Capítulo.....	113
6. CONCLUSÕES.....	114
6.1 Objetivos Alcançados.....	114
6.2 Temas para Pesquisas Futuras.....	115
6.3 Conclusões Finais.....	115
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	116
BIBLIOGRAFIA.....	123
ANEXO.....	124

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Delineamento da Pesquisa.....	5
Figura 2.1	Nível de influência sobre os custos do empreendimento (BARRIE & PAULSON, 1978 apud SOUZA et al, 1994).....	9
Figura 2.2	Capacidade de influenciar o custo final de um empreendimento de edifício ao longo de suas fases (CII, 1987 apud MELHADO, 1994).....	9
Figura 2.3	A possibilidade de interferência das fases de um empreendimento em relação à chance de reduzir o custo de falhas da edificação (HAMMARLUND & JOSEPHSON, 1992).....	10
Figura 2.4	Formas de desperdício na construção civil (MEIRA & ARAÚJO, 1997).....	19
Figura 2.5	Ciclo da qualidade no setor da construção (SOUZA et al, 1994).....	21
Figura 2.6	O ciclo da qualidade na construção civil e as relações entre projeto e os demais participantes do ciclo (MELHADO, 1993).....	22
Figura 2.7	Representação de um sistema (MAXIMIANO, 1995).....	23
Figura 2.8	Visão ampliada do projeto.....	24
Figura 2.9	Configuração para a composição de um projeto na I.C.C.S.E.....	30
Figura 2.10	Proposta de estruturação para equipe multidisciplinar envolvida no desenvolvimento do projeto (MELHADO, 1994).....	33
Figura 3.1	O projeto como conversão (KOSKELA & HUOVILA, 1997 apud TZORTZOPOULOS, 1999).....	40
Figura 3.2	Desenvolvimento do projeto na visão da Engenharia Seqüencial.....	43
Figura 3.3	Desenvolvimento do projeto na visão da Engenharia Simultânea.....	44
Figura 3.4	Ciclo de vida de um projeto de desenvolvimento do produto (KRUGLIANSKAS, 1993).....	45

Figura 3.5	Comparação de perdas / lucros ao longo do tempo entre projetos simultâneos e seriais (LESSA et al, 1999).....	46
Figura 3.6	Passos para implantação da Engenharia Simultânea (HARTLEY, 1990 apud JUNQUEIRA, 1994).....	53
Figura 3.7	Organograma de uma empresa, adaptado de MAXIMIANO (1995).....	55
Figura 3.8	Exemplo de EAP, adaptado de CASAROTTO FILHO et al (1999).....	56
Figura 3.9	Proposta para estruturação da equipe multidisciplinar de projeto, adaptada de MELHADO (1994).....	57
Figura 3.10	Uma possível solução para a matriz tarefa x responsabilidade (CASAROTTO FILHO et al, 1999).....	58
Figura 3.11	Formulário de Registro de Informações de Projeto (JOBIM et al, 1999).....	59
Figura 3.12	Variação da taxa de falhas com o tempo - “Curva da banheira” (SINHA & WILLBORN, 1985 apud PICCHI, 1993).....	61
Figura 3.13	Comparação entre FTA e FMEA (HELMAN & ANDERY, 1995).....	63
Figura 3.14	Forma geral de um formulário utilizado para a FMEA (CYMBALISTA, 1992 apud FREITAS & COLOSIMO, 1997).....	65
Figura 3.15	Matriz de correlação entre as disciplinas de projeto.....	66
Figura 3.16	Lista de Verificação dos Modos de Falhas Potenciais.....	67
Figura 3.17	Formulário FMEA adaptado de CYMBALISTA (1992) apud FREITAS & COLOSIMO (1997) e CARVALHO JUNIOR & ANDERY (1998).....	68
Figura 3.18	Quadro 5W - 1H.....	69
Figura 4.1	Macrofluxo do processo de projeto.....	71
Figura 4.2	Fluxograma do desenvolvimento do processo de projeto.....	73
Figura 4.3	Fluxograma do desenvolvimento do modelo de compatibilização de projetos.....	77

Figura 4.4	Organograma de uma construtora de pequeno porte.....	78
Figura 4.5	Estrutura analítica de projeto de uma edificação convencional de pequeno porte.....	79
Figura 4.6	Organograma da equipe multidisciplinar.....	80
Figura 4.7	Formulário para registro dos dados dos membros da equipe multidisciplinar de projeto.....	81
Figura 4.8	Matriz tarefa x responsabilidade.....	82
Figura 4.9	Preenchimento da matriz de correlação entre disciplinas de projeto.....	83
Figura 4.10	Preenchimento da lista de verificação dos modos de falhas potenciais.....	84
Figura 4.11	Preenchimento do formulário FMEA.....	85
Figura 4.12	Preenchimento do quadro 5W – 1H.....	86
Figura 5.1	Cronograma de implantação da metodologia proposta na EMPRESA.....	92
Figura 5.2	Planta baixa do pavimento tipo do projeto piloto.....	94
Figura 5.3	Fachada principal de um bloco do projeto piloto.....	95
Figura 5.4	Planta de situação do projeto piloto.....	96
Figura 5.5	Organograma da EMPRESA pesquisada.....	98
Figura 5.6	Estrutura analítica de projeto para o projeto piloto.....	99
Figura 5.7	Organograma da equipe multidisciplinar do projeto piloto.....	101
Figura 5.8	Formulário para registro dos dados dos membros da equipe multidisciplinar.....	101
Figura 5.9	Matriz tarefa x responsabilidade para a equipe multidisciplinar do projeto piloto.....	104

Figura 5.10 Formulário de registro das informações de projeto (Adaptado de JOBIM et al, 1999).....	105
Figura 5.11 Matriz de correlação entre as disciplinas do projeto piloto.....	106
Figura 5.12 Ilustração de uma lista de verificação realizada no projeto piloto.....	108
Figura 5.13 Ilustração de um formulário FMEA realizado no projeto piloto.....	109
Figura 5.14 Ilustração de um Quadro 5W – 1H realizado no projeto piloto.....	110
Figura 5.15 Superposição da planta baixa de arquitetura com a planta baixa de instalação elétrica do pavimento tipo do projeto piloto.....	111

Tabela 2.1	Origens dos problemas patológicos na construção civil (ABRANTES, 1995).....	16
Tabela 2.2	Distribuição relativa dos custos de falhas internas e externas da qualidade (HAMMARLUND & JOSEPHSON, 1992).....	17
Tabela 2.3	Desperdício estimado, expresso em percentagem do custo da obra (PICCHI, 1993).....	17
Tabela 3.1	Princípios relacionados ao modelo de conversão e suas deficiências (KOSKELA, 1998).....	40
Tabela 3.2	Elementos básicos da Engenharia Simultânea segundo vários autores (FABRICIO, 1997 adaptado de JUNQUEIRA, 1994).....	48
Tabela 4.1	Inserção das fases do modelo de compatibilização de projeto nas reuniões de coordenação.....	87
Tabela 5.1	Classificação de porte de empresas (SEBRAE / CE, 2000).....	91

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
APO	Avaliação Pós - Ocupação
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
CII	Construction Industry Institute
CREA	Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia
DFM	Design for Manufacturing ou Projeto para Manufatura
EAP	Estrutura Analítica de Projeto
ES	Engenharia Simultânea
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis ou Análise dos Modos e Efeitos de Falhas
FTA	Fault Tree Analysis ou Análise da Árvore de Falhas
I.C.C.S.E.	Indústria da Construção Civil Subsetor Edificações
NORIE / UFRGS	Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul
QFD	Quality Function Deployment ou Desdobramento da Função Qualidade
SEBRAE / CE	Serviço de Apoio à Pequena Empresa no Ceará
SEBRAE / PR	Serviço de Apoio à Pequena Empresa no Paraná
SINDUSCON – PR	Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado do Paraná

RESUMO

Na construção de edificações no Brasil, apesar do avanço tecnológico que esse ramo industrial apresentou nos últimos anos, ainda é prática comum em empresas de pequeno porte o desenvolvimento de projetos sem a utilização da compatibilização das disciplinas do projeto, gerando em consequência vários fatores negativos, tais como: má qualidade da edificação, maior índice de retrabalhos, acréscimo no custo da obra.

O trabalho apresenta um método para compatibilização das interfaces entre especialidades do projeto de edificações em empresas construtoras de pequeno porte, fundamentado na visão sistêmica do projeto, nos princípios da Engenharia Simultânea, na utilização de mecanismos de análise de falhas e na integração de um sistema de informações, tendo como objetivo principal contribuir para a melhoria do processo de projeto na Indústria da Construção Civil Subsetor Edificações.

Todo o processo de projeto na construção de edificações é discutido, com ênfase no relacionamento entre o projeto e a qualidade na edificação.

Os conceitos de Engenharia Simultânea e FMEA – Análise dos Modos e Efeitos de Falhas são apresentados e com base nesses conceitos são desenvolvidos instrumentos para utilização no método proposto.

A metodologia proposta foi testada em um estudo de caso em uma empresa construtora de pequeno porte do subsetor de edificações, sendo feita a sua revisão após esta validação.

ABSTRACT

In Brazil, the building construction sector has shown considerable technological advances during the last years. In spite of this, small companies keep as practice, the development of projects without the use of the compatibility of the disciplines. This has as consequence several negative factors, such as: bad quality of the construction, larger rebuilding index, and increment in the total cost.

This work shows a method for small companies, that aims the compatibility of interfaces among the different specialties involved in building construction. The method is based on the systematic view of the project, on the principles of the Simultaneous Engineering, on the mechanisms of failure analysis and on the integration of system information. The main goal of this toll is the improvement of the designing process in the building construction industry.

Design process of buildings is discussed with emphasis on the relationship between design and quality of the edification. The concepts of Simultaneous Engineering and FMEA – Failure Mode and Effect Analysis are shown within this context. Based on these concepts, tools are developed for the proposed method.

The proposed methodology was applied and checked in a case study. Its validation was verified later in a small building company.

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

A Teoria da Seleção Natural elaborada por Charles Darwin no século XIX, que trata da inter-relação entre os seres vivos e o meio ambiente, é válida também para a atividade empresarial, vivenciada atualmente, para explicar a inter-relação entre as Empresas e o Mercado.

Dentro deste pensamento, CERQUEIRA (1994) aponta que em um ambiente competitivo as empresas para sobreviverem buscam adequar seus produtos e serviços às exigências dos mercados e, ainda, se antecipar à concorrência. O cumprimento desses requisitos pode ser assegurado através de Sistemas da Qualidade.

No Brasil, a Indústria da Construção Civil tem uma participação muito importante na economia, já que representa aproximadamente 8% do Produto Interno Bruto, absorve 6,5% da População Economicamente Ativa (IBGE, 1996), e tem pela frente o desafio de um déficit habitacional estimado em 5 milhões de unidades (MAWAKDIYE, 1997).

Apesar da importância que a construção civil tem na economia brasileira, esse ramo industrial apresenta índices indesejáveis para o seu desenvolvimento qualitativo, tais como: baixa produtividade, elevado índice de patologias, grande desperdício de insumos, grande incidência de retrabalhos, tendo como consequência um ambiente propício para geração de produtos com qualidade não satisfatória (ZANFELICE, 1995; LIMMER, 1997; TZORTZOPOULOS, 1999).

GUS (1996) relata que o projeto tem sido identificado como um dos grandes responsáveis pelos problemas observados durante e depois do processo de execução da obra. Comprovando esta afirmação, alguns estudos apontam os projetos como sendo a principal origem das patologias nas construções, sendo responsáveis por:

- 42% das patologias em países europeus (CALAVERA, 1990 e 1991 apud PICCHI, 1993);
- 40 a 50% das falhas em edifícios, segundo levantamento da década de 70, em 5 países europeus (REYGARTS, 1978 apud PICCHI, 1993);
- 80% das causas de “não qualidade” na Bélgica (MOTTEU & CNUUDE, 1989 apud FRANCO & AGOPYAN, 1994).

No Brasil, estudo realizado por FRANCHI, SOIBELMAM & FORMOSO (1993) concluiu que existe uma grande parcela de perda que é causada por problemas relacionados ao projeto, tais como: modificações no transcorrer do processo construtivo, falta de consulta ou de cumprimento às especificações e detalhamento insuficiente de projeto, bem como de coordenação entre os diferentes projetos.

Assim, fica caracterizado que o projeto tem uma participação fundamental na construção de edificações, de tal maneira que a qualidade de projeto foi considerada por PICCHI (1993) como sendo uma das componentes mais importantes da qualidade do empreendimento, pois através do mesmo ficam definidas as características do produto, que vão determinar o grau de satisfação das expectativas dos clientes.

1.1 – JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

“Dentre as etapas de desenvolvimento de um empreendimento, a fase de concepção, na qual se incluem os estudos preliminares, anteprojeto, e projeto, exerce papel determinante na qualidade, tanto do produto acabado como do processo construtivo. Assim, um grande avanço na obtenção de melhor qualidade da construção, pode ser alcançado a partir da melhoria da qualidade dos projetos. Além disso, muitas medidas de racionalização e praticamente todas as medidas de controle da qualidade dependem de uma clara especificação na sua fase de concepção, isto é, não é possível controlar uma atividade ou produto, se suas características não se encontram perfeitamente definidas”(FRANCO & AGOPYAN, 1994, p.2).

Um estudo realizado por O’CONNOR & DAVIS (1988) demonstra que é durante o projeto que as decisões importantes podem ser tomadas com menor custo e com maior repercussão nos resultados.

“Da eficiência na elaboração do projeto depende a qualidade do produto resultante, justificando-se portanto a adoção de procedimentos metodologicamente estabelecidos que visem orientar simultânea e conjuntamente os vários profissionais e estabelecer adequado fluxo de informação entre eles, além de conduzir as decisões a serem tomadas nesta fase do empreendimento”(MELHADO, 1994, p.4).

Logo, observa-se que melhorando a qualidade no projeto haverá uma melhor performance do produto final da construção civil.

As iniciativas para implantação de sistema de melhoria da qualidade na fase de projeto, no entanto, são na sua grande maioria, de empresas de porte médio a grande. Já as empresas de pequeno porte, com raras exceções, ainda não aderiram a um sistema de garantia da qualidade no processo de projeto devido a fatores, tais como: pequeno capital de giro, dificuldades na obtenção de crédito, alta sensibilidade do mercado às crises e a questões culturais relacionadas com a grande inércia às alterações de processos. Por essas razões a pequena empresa de construção não investe em um sistema de Gestão da Qualidade para o Projeto, já que se trata de um investimento de retorno a longo prazo (MESEGUER, 1991; SCHMITT,1998).

Então, este trabalho terá como foco o desenvolvimento de um modelo para compatibilização das interfaces entre especialidades do projeto de edificações em empresas construtoras de pequeno porte.

Alguns autores (MARQUES, 1979; MELHADO, 1994; GUS, 1996; NOVAES, 1996; TZORTZOPOULOS, 1999) desenvolvem suas pesquisas sobre projetos de edifícios enfatizando o desenvolvimento de modelos para melhoria da qualidade do processo de projeto. Entretanto, estes modelos não enfatizam a utilização de procedimentos de engenharia simultânea e mecanismos de análise de falhas para a realização da compatibilização de projetos.

A implantação destes mecanismos de análise de falhas, com base na visão sistêmica do projeto, nos princípios da engenharia simultânea, e na integração de um sistema de informações na fase de compatibilização de projetos proporcionará a detecção de possíveis falhas que poderão ocorrer no futuro, permitindo assim a antecipação de alternativas de soluções para estas falhas, gerando uma maior confiabilidade no projeto.

A não compatibilização de interfaces no projeto terá como consequência o aparecimento de falhas desde a própria execução do projeto, até ao produto final que é a edificação. As consequências mais frequentes, oriundas de falhas do projeto, são: atraso no prazo de execução do projeto, maior índice de retrabalhos na fase de execução da obra, acréscimo no custo da obra (LIMMER, 1997; TZORTZOPOULOS, 1999).

Para compatibilizar as interfaces do projeto será feita uma modelagem do processo, permitindo uma integração entre todos os intervenientes.

Desta maneira espera-se que a implantação do modelo proposto possibilitará ganhos importantes para a construção civil no subsetor edificações, dentre os quais:

- minimização dos conflitos entre os projetos inerentes à determinada obra;
- melhoria na qualidade do projeto;
- diminuição de retrabalhos e aumento da produtividade durante a execução da obra;
- redução de custos do empreendimento.

1.2 - OBJETIVOS

1.2.1-OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo principal contribuir para a melhoria do processo de projeto de edificações em empresas construtoras de pequeno porte, desenvolvendo um método para compatibilização das interfaces entre especialidades do projeto, fundamentado na visão sistêmica do projeto, nos princípios da engenharia simultânea, na utilização de mecanismos de análise de falhas e na integração de um sistema de informações.

1.2.2-OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir, a partir da revisão bibliográfica, um modelo do processo de projeto que permita a implementação da compatibilização de projetos a ser desenvolvida;
- Adaptar ferramentas para a análise de falhas a serem utilizadas na compatibilização de interfaces das disciplinas do projeto;
- Estabelecer parâmetros de compatibilização de projetos baseados na visão sistêmica do projeto, nos princípios da engenharia simultânea, na utilização de ferramentas para a análise de falhas e na integração de um sistema de informações;
- Analisar os pontos facilitadores e inibidores do modelo proposto.

1.3 - HIPÓTESES DE TRABALHO

As três hipóteses que foram estabelecidas para servir como orientação no desenvolvimento deste trabalho são as seguintes:

- a) A fundamentação teórica baseada nos princípios da Engenharia Simultânea e nos conceitos da FMEA – Análise dos Modos e Efeitos das Falhas é adequada para o desenvolvimento de um modelo para contribuição na melhoria da compatibilização de projetos de edificações em empresas construtoras de pequeno porte;
- b) A visão sistêmica do processo de projeto facilita a identificação das interfaces entre as várias disciplinas que compõem o projeto;
- c) A integração de um sistema de informações ao modelo de compatibilização de projetos contribuirá com uma melhor performance do processo de projeto.

1.4 - MÉTODO DE PESQUISA

Para se atingir os objetivos descritos anteriormente, foi idealizado um delineamento da pesquisa (figura 1.1) que de uma forma condensada inclui:

- análise crítica dos modelos de compatibilização de projetos através de revisão bibliográfica;
- desenvolvimento do modelo de compatibilização de projetos;
- entrevistas com especialistas em gestão e compatibilização de projetos;
- aplicação do modelo em uma empresa construtora de pequeno porte do subsetor de edificações da cidade de Fortaleza, para avaliação e validação do modelo proposto;
- análise dos resultados.

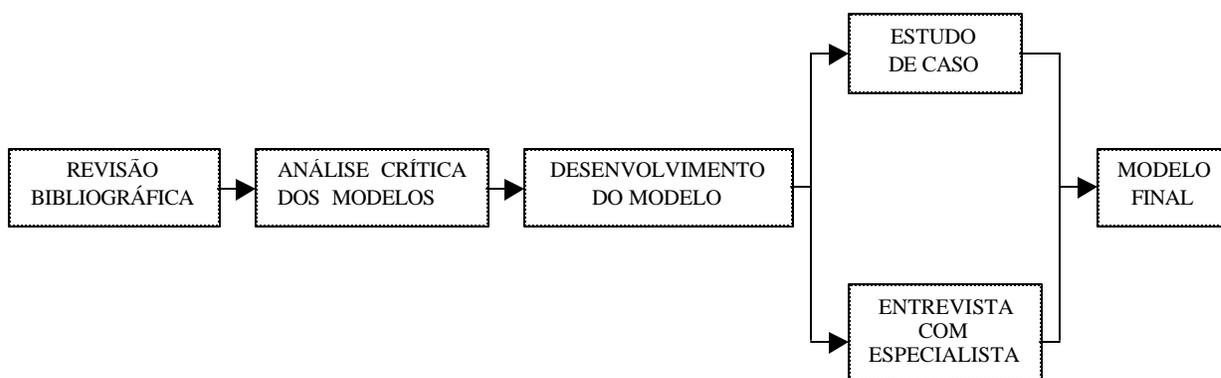


Figura 1.1 – Delineamento da pesquisa.

1.5 – ESTRUTURA DO TRABALHO

A estruturação deste trabalho apresenta-se em seis capítulos conforme descrição a seguir.

O Capítulo 2 descreve o processo de projeto com ênfase na compatibilização das interfaces enfocando as perdas na construção de edificações oriundas de um gerenciamento deficiente de projeto.

O Capítulo 3 apresenta as ferramentas teóricas que serão utilizadas neste trabalho: A Engenharia Simultânea e FMEA-Análise dos Modos e Efeitos das Falhas.

O Capítulo 4 trata da definição do modelo a ser adotado para solução da problemática apresentada.

O Capítulo 5 discorre sobre a validação do modelo proposto, apresentando resultados provenientes da aplicação deste modelo.

Finalmente, o Capítulo 6 apresenta as conclusões finais do trabalho e analisa possíveis temas futuros na mesma linha de pesquisa.

CAPÍTULO 2 – O PROCESSO DE PROJETO

O presente capítulo descreve o processo de projeto, enfocando a importância do projeto na construção civil subsector edificações, as etapas constituintes do processo de projeto, a ocorrência de falhas na edificação oriundas do projeto e suas conseqüências, e as diretrizes para a elaboração do projeto.

Dada a importância que a compatibilização das interfaces de projeto apresenta tanto para o processo de projeto como para esse trabalho, este assunto será tratado em destaque no final deste capítulo.

2.1 – O PROJETO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, SUBSETOR EDIFICAÇÕES

2.1.1 – Conceituação de Projeto

A palavra projeto pode assumir diferentes significados, com predominância o relacionamento com a atividade de criar.

A conceituação de projeto foi feita por vários autores, com pontos de vista diferenciados, alguns destes conceitos serão apresentados a seguir.

MARQUES (1979) distingue dois conceitos para projeto. Um estático (projeto como produto), constituído por elementos gráficos e descritivos, destinado a atender às necessidades da etapa de produção. Um outro conceito, dinâmico, que estabelece para o projeto um sentido de processo, através do qual ficam definidas as soluções.

MELHADO (1994, p.195) define o projeto como a “atividade ou serviço integrante do processo de construção, responsável pelo desenvolvimento, organização, registro e transmissão das características físicas e tecnológicas especificadas para uma obra, a serem consideradas na fase de execução”.

GUS (1996) conceitua projeto como sendo uma etapa do processo de construção que busca uma solução que incorpore as necessidades do cliente, através da definição das características do empreendimento, para fins de sua execução.

A norma NBR 13.531 (ABNT, 1995, p.2) adota a definição de elaboração de projeto de edificação como a “determinação e representação prévias dos atributos funcionais, formais e técnicos de elementos de edificação a construir, a pré-fabricar, a montar, a ampliar, a reduzir, a modificar ou a recuperar, abrangendo ambientes exteriores e interiores e os projetos de elementos da edificação e das instalações prediais”.

Para CAMBIAGHI (1994), projetar significa fazer uma antecipação gráfica daquilo que será executado; representando um instrumento capaz de permitir simulações e testes de diferentes idéias e sistemas construtivos, para poder, então, escolher aqueles que resultem mais eficientes para cada caso.

JOBIM et al (1999) definem que para a conceituação de projetos de edifícios deve-se extrapolar a visão do produto ou da sua função e que se encare o projeto também sob a ótica do processo, ou atividade de construir, além de ser encarado como informação, a qual pode ser de natureza tecnológica ou gerencial.

Conforme as definições apresentadas, verifica-se o caráter abrangente que tem o projeto, definindo previamente toda a estrutura física da edificação, a partir das necessidades do cliente, além do sentido de processo que o mesmo incorpora, através do qual as soluções são definidas. Fica claro então que o projeto tem uma importância fundamental no processo de construção. O próximo item destaca esta importância.

2.1.2 – Importância do Projeto no Processo Produtivo

PICCHI (1993), em sua tese de doutoramento, afirmou que o projeto exerce uma considerável influência sobre os custos da edificação, devido à grande possibilidade de alternativas existentes nesta fase, na qual poucas despesas foram realizadas. Verifica-se que com a evolução do empreendimento, as possibilidades de influência no custo final do empreendimento diminuem consideravelmente (figura 2.1).

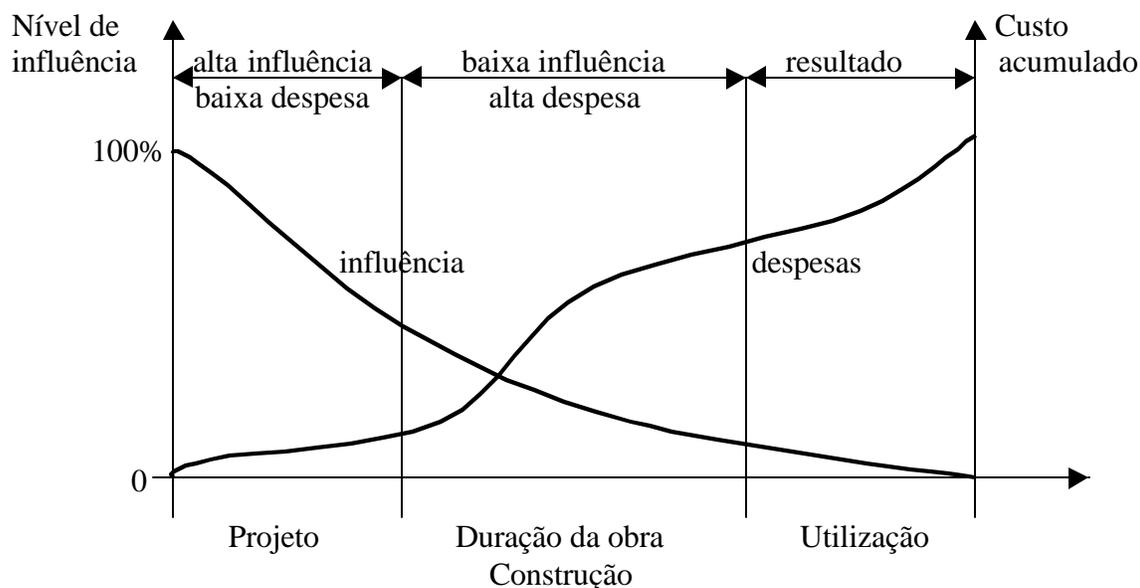


Figura 2.1 – Nível de influência sobre os custos do empreendimento (BARRIE & PAULSON 1978 apud SOUZA et al, 1994).

Nesta mesma linha de raciocínio, MELHADO (1994) afirma que é imprescindível que o empreendedor valorize a fase do projeto para que se obtenha qualidade e na defesa desse ponto de vista citou as considerações feitas pelo grupo do *Construction Industry Institute – CII* acerca da importância das fases iniciais do empreendimento – estudo de viabilidade e projeto. Observando-se a figura 2.2, verifica-se que nas primeiras fases as decisões tomadas são as que tem maior capacidade de influenciar o custo final.



Figura 2.2 – Capacidade de influenciar o custo final de um empreendimento de edifício ao longo de suas fases (CII, 1987 apud MELHADO, 1994).

A importância das fases iniciais do empreendimento também é destacada pelos pesquisadores suecos HAMMARLUND & JOSEPHSON (1992) que desenvolveram um estudo em que apresentam um gráfico (figura 2.3) no qual as fases iniciais – do estudo de viabilidade à conclusão do projeto – apresentam uma grande chance de reduzir os custos de falhas, com pequeno investimento de recursos. Além disso esse gráfico fornece duas informações que merecem destaque, a primeira é que há uma redução drástica na chance de reduzir os custos de falhas do edifício na passagem da fase de estudo de viabilidade para a concepção do projeto, e a segunda é que na passagem da fase de projeto para a construção os custos de produção crescem vigorosamente enquanto que as chances de reduzir os custos de falhas da edificação diminuem consideravelmente.

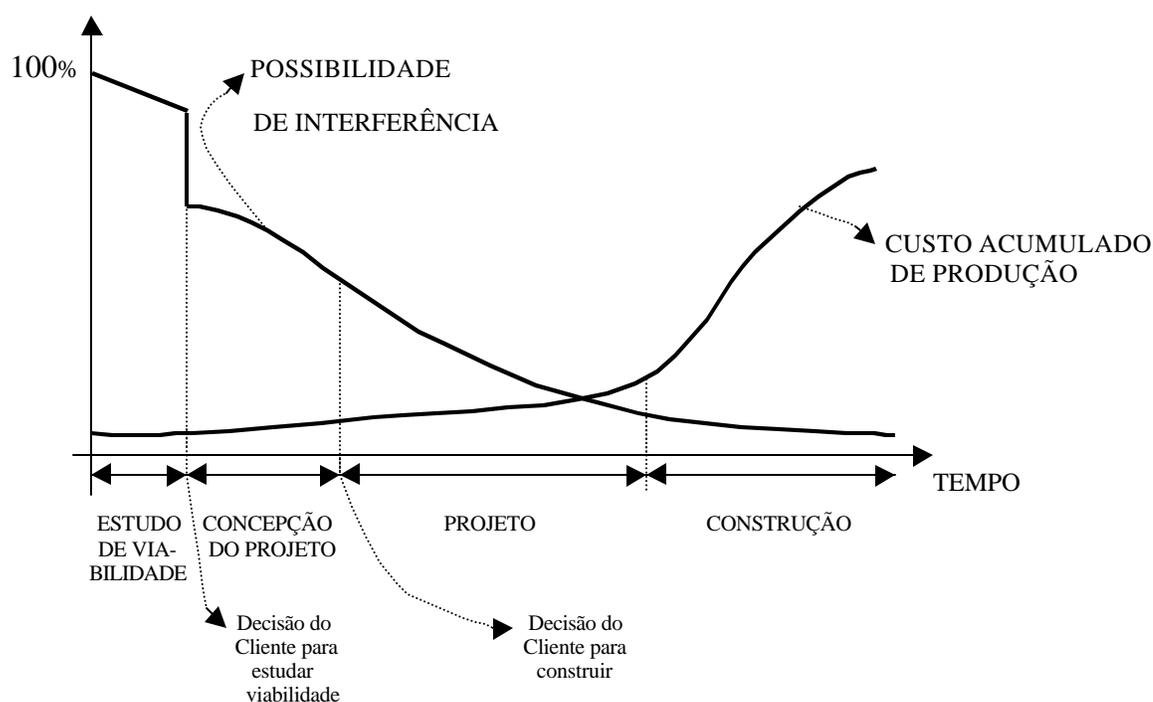


Figura 2.3 – A possibilidade de interferência das fases de um empreendimento em relação à chance de reduzir o custo de falhas da edificação (HAMMARLUND & JOSEPHSON, 1992).

A relevância do projeto também é destacada no trabalho desenvolvido por SOUZA et al (1994, p.127) no qual afirmam: “As soluções adotadas na etapa de projeto tem amplas repercussões em todo o processo da construção e na qualidade do produto final a ser entregue ao cliente. É na etapa de projeto que acontecem a concepção e o desenvolvimento do produto, que devem ser baseados na identificação das necessidades dos clientes em termos de desempenho, custos e das condições de exposição a que será submetido o edifício”.

Analisado o exposto, constata-se uma concordância entre PICCHI (1993) e MELHADO (1994) sobre a alta influência que o projeto apresenta na definição do custo final da construção, tornando assim imprescindível a valorização do projeto. Já HAMMARLUND & JOSEPHSON (1992) vem reforçar a idéia da importância do projeto, comprovando que as fases iniciais nas quais o projeto se encontra, apresentam uma grande possibilidade de reduzir os custos de falhas com pequeno investimento de recursos.

Visto o aspecto preponderante que o projeto apresenta no processo produtivo, nota-se que a qualidade no projeto tem que ser assegurada. Para tanto, a definição e o controle das etapas do processo do projeto é fundamental. No item seguinte estas etapas do processo de projeto serão discutidas.

2.1.3 – Etapas do Processo de Projeto

Para a garantia da qualidade do processo de projeto é fundamental a identificação e o conhecimento de cada etapa deste processo (GUS, 1996).

Apesar da extrema importância que tem a identificação e o conhecimento das etapas do processo de projeto, há falta de padronização na definição destas etapas.

Esta falta de padronização, segundo TZORTZOPOULOS (1999, p.23), “tende a ser incrementada pelo fato dos intervenientes do processo serem especializados no desenvolvimento de projetos específicos, e terem uma compreensão diferenciada do conteúdo técnico de cada uma das etapas”.

Alguns autores, baseados em suas pesquisas, sugeriram diversas maneiras de subdivisões da etapa de projetos, as quais serão apresentadas a seguir.

PICCHI (1993) define que a nomenclatura das etapas não é consensual, sendo geralmente definidas no mínimo três etapas: estudos preliminares, anteprojeto e projeto definitivo (por vezes chamado projeto executivo e/ou projeto detalhado). Uma outra etapa, desenvolvida em paralelo com o anteprojeto, é a de “projetos legais”, elaborados para obtenção das aprovações necessárias em órgãos públicos e concessionárias.

Igualmente como o trabalho desenvolvido por PICCHI (1993) o trabalho do SEBRAE / SINDUSCON – PR (1995) apresenta a divisão do processo do projeto em três etapas: estudos preliminares, anteprojeto e projeto definitivo.

O processo de projeto, segundo MELHADO (1994), passa por etapas conceitualmente progressivas, no qual a liberdade de decisão na escolha de alternativas, vai sendo gradativamente substituída pelo detalhamento das soluções adotadas. Estas etapas são: programa de necessidades, estudo preliminar, anteprojeto, projeto executivo, projeto para produção, planejamento e execução, assistência técnica.

SOUZA et al (1994) descrevem que as etapas do projeto de uma edificação são as partes sucessivas nas quais poderá ser dividido o processo de desenvolvimento das atividades técnicas de projeto. A subdivisão das etapas é feita da seguinte maneira: levantamento de dados, programa de necessidades, estudo de viabilidade, estudo preliminar, anteprojeto, projeto legal, projeto pré-executivo, projeto básico, projeto executivo, detalhes de execução, caderno de especificações, gerenciamento de projetos, assistência à execução e projeto *as-built*.

A norma NBR 13.531 (ABNT, 1995) considera a seguinte divisão do processo de desenvolvimento das atividades técnicas do projeto de edificações: levantamento, programa de necessidades, estudo de viabilidade, estudo preliminar, anteprojeto, projeto legal, projeto básico e projeto para execução.

TZORTZOPOULOS (1999) afirma em sua dissertação de mestrado que em função da falta de padrões existentes nas subdivisões propostas para o processo, e também pelas características do tipo usual de empreendimentos das empresas dos estudos de caso da sua pesquisa, foram definidos como padrões as seguintes etapas para o processo de projeto no seu trabalho: planejamento e concepção do empreendimento, estudo preliminar, anteprojeto, projeto legal, projeto executivo, acompanhamento de obra, e acompanhamento de uso. Estes padrões foram definidos objetivando enfatizar a importância da visão sistêmica ao longo do processo por parte dos intervenientes envolvidos, buscando possibilitar a retroalimentação efetiva e a formação de um ciclo permanente de melhorias.

JOBIM et al (1999) atestam que embora existam modelos genéricos de macrofluxos do processo de projeto, considerando-se as particularidades de cada empresa construtora, este fluxo deve ser devidamente discutido e adaptado, ficando o processo dividido em nove etapas: definição do tipo de empreendimento, estudo preliminar, anteprojeto, projeto arquitetônico e anteprojetos complementares, projetos complementares, validação, produção (alterações de projetos), entrega do imóvel, avaliação durante o uso.

Constata-se, pelo exposto, a existência de duas linhas de pensamento para a divisão das etapas do processo do projeto: uma linha seguida por PICCHI (1993), SEBRAE / SINDUSCON – PR (1995) e a norma NBR 13.531 (ABNT, 1995) ligada ao conceito de projeto como concepção e especificação técnica do produto (projeto como produto), e uma outra linha de raciocínio seguida por MELHADO (1994), SOUZA et al (1994), TZORTZOPOULOS (1999) e JOBIM et al (1999) ligada ao conceito de projeto como serviço. Neste caso o trabalho de projeto não fica concluído com a entrega do conjunto de plantas, memoriais, especificações etc., devendo acompanhar todo o processo de produção até a entrega ao usuário final, buscando desta maneira uma melhoria no processo no qual está inserido.

Neste trabalho, a divisão das etapas do processo de projeto será ligada ao conceito de projeto como serviço devido à sua maior abrangência.

Para ambas as visões do projeto (produto e serviço), verifica-se que o domínio das etapas do processo de projeto é uma condição básica para obtenção da qualidade neste processo. Caso esse domínio não seja exercido, poderão surgir não-conformidades na solução do projeto. Estas não-conformidades serão tratadas no próximo item.

2.1.4 – Não-Conformidades devidas às Etapas do Processo de Projeto

Segundo NOVAES (1998), devido à subestimação da importância das etapas do processo de projeto, é possível observar-se um conjunto de procedimentos que tem contribuído para a elaboração de projetos e especificações inadequadas e imprecisas:

- insuficiência de detalhes;
- incompatibilização entre a concepção e o detalhamento;
- falta de integração entre projetos distintos;
- ausência de conformidade entre o projeto e a produção.

FRUET & FORMOSO (1993) identificaram diversos problemas, oriundos de um desenvolvimento deficiente das etapas de projeto, em levantamento realizado a partir de entrevistas com executivos de 45 pequenas empresas de construção civil da Região Metropolitana de Porto Alegre. Os principais problemas identificados foram:

- erros de cotas, níveis e alturas;
- incompatibilidades entre diferentes projetos;
- falha na especificação de materiais;
- detalhamento inadequado ou falta de detalhamento.

Também, com base em entrevistas, NASCIMENTO & FORMOSO (1998) destacaram os seguintes problemas de projeto como os de maior frequência em obra:

- peso excessivo dos componentes pré-fabricados;
- detalhes de acabamento que ficam a critério do cliente;
- nível de detalhamento do projeto insuficiente;
- cruzamento de tubulações elétricas e hidráulicas;
- posicionamento incorreto dos pontos elétricos;
- falta de especificação para execução dos serviços;
- falta de projeto executivo;
- falta de medidas;
- ferragens ou armaduras muito extensas que geram problemas de transporte;
- utilização de materiais frágeis;
- falta de informação quanto à utilização de novos materiais;
- mudanças imprevistas de projeto.

Neste mesmo trabalho, os autores fizeram um levantamento dos retrabalhos acontecidos durante a coleta e chegaram à conclusão de que a origem desses problemas era devido a:

- erros de medida no projeto;
- incompatibilidades entre elementos construtivos;
- solicitações de modificações realizadas pelo cliente;
- incompatibilidades entre projetos;
- projeto não foi seguido ou ocorreu algum erro de leitura do projeto por parte da produção.

HEINECK, TRISTÃO & NEVES (1995) organizaram uma lista dos principais problemas que podem ocorrer no projeto devido à negligência no desenvolvimento das etapas do processo de projeto. Os problemas mais relevantes foram:

- falta de justificativa para soluções arquitetônicas adotadas;
- falta de mecanismos formais para indicar requisitos de projeto;
- necessidade de se ter projetos completos para iniciar a obra;
- inexistência de dados para realizar análise custo / benefício do gasto a mais em projetos para diminuir patologias, custos de manutenção e dificuldades construtivas;
- inexistência de padronização de detalhes;
- erros de cotas, níveis, alturas, falta de correspondência entre discriminações e memoriais;
- descontrole no lançamento em planta das modificações;
- falta de arquivo de plantas, dificultando a sua localização;
- falta de arquivo com detalhes de boa e má construtividade, manutenibilidade, funcionalidade;
- falta de padronização dos materiais;
- falta de registro do projeto *as-built*;
- inexistência de memorial descritivo, discriminações técnicas e especificações de materiais;
- falta de integração entre projetos, orçamento, discriminações e locais de aplicação dos materiais;
- inexistência de normas de projeto;
- especificação de materiais não disponíveis no mercado para as diversas aplicações.

Verifica-se que a incompatibilidade de projetos é uma não-conformidade constante em todas as relações citadas anteriormente, constituindo-se assim em um problema que tem que ser solucionado para se atingir a qualidade almejada.

Todas estas não-conformidades apresentadas pelos projetos dão origem a vários problemas para as edificações, entre os quais: desperdícios de materiais e mão-de-obra, atraso no cronograma de execução, geração de diversas patologias. A origem desses problemas devido ao projeto será tratada no item seguinte.

2.2 – O PROJETO E A QUALIDADE DA EDIFICAÇÃO

2.2.1 – A Ocorrência de Falhas na Edificação oriundas do Projeto

Alguns pesquisadores estudaram a participação do projeto na ocorrência de falhas na edificação e chegaram a resultados que serão apresentados a seguir.

De acordo com ABRANTES (1995), a qualidade de uma construção tem que ser entendida como sendo a capacidade de satisfazer as exigências dos respectivos utilizadores, em condições de uso para que foi prevista, e resulta da soma de três qualidades: a do planejamento, a do projeto e a da execução da obra. O autor também afirma que a não-qualidade é muitas vezes mais importante em fases anteriores do processo de construção, ainda que as conseqüências não sejam imediatamente visíveis, sendo as formas mais correntes de não-qualidade os sinistros que ocorrem durante a fase de uso da obra. As origens destes sinistros são indicados na tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Origens dos problemas patológicos na construção civil (ABRANTES, 1995).

ORIGENS DO PROBLEMA	INDICE PERCENTUAL (%)
Projeto	60,0
Construção	26,4
Equipamentos	2,1
Outros	11,5
TOTAL	100,0

Os pesquisadores suecos HAMMARLUND & JOSEPHSON (1992), baseados em estudo do departamento de Economia e Gerenciamento na Construção da *Chalmers University of Technology*, definiram duas distribuições, uma para os custos de falhas internas (ocorridas antes da entrega do produto) e uma outra para os custos de falhas externas (ocorridas após a entrega do produto). Os principais resultados do estudo são apresentados na tabela 2.2.

Tabela 2.2 – Distribuição relativa dos custos de falhas internas e externas da qualidade (HAMMARLUND & JOSEPHSON, 1992).

ORIGENS DA FALHA	INTERNAS	EXTERNAS
Cliente	3%	-
Projeto	20%	51%
Gerenciamento	34%	-
Execução	20%	26%
Materiais	20%	10%
Equipamentos	1%	-
Pós-uso	-	9%
Outros	2%	4%
TOTAL (em relação aos custos de produção)	6%	4%

Pelos dados apresentados na tabela 2.2, verifica-se a grande participação do projeto na origem das falhas internas (20%) e externas (51%) da qualidade das edificações.

Outros dados a serem observados nesta tabela são que os custos para correção das falhas da qualidade interna e externa atingem respectivamente 6% e 4% dos custos da produção.

Como resultado destas falhas na edificação serão geradas não-conformidades dentre as quais os desperdícios. PICCHI (1993), estimou a participação de alguns itens, considerando o caso de edifícios de mais de dez pavimentos, padrão médio, produzidos por processos convencionais. Esta estimativa está transcrita na tabela 2.3.

Tabela 2.3-Desperdício estimado, expresso em percentagem do custo da obra (PICCHI,1993)

ORIGENS DO DESPERDÍCIO	DESPERDÍCIO ESTIMADO (%)
Entulho gerado	5,0
Espessuras adicionais de argamassas	5,0
Dosagens de argamassas e concreto não otimizadas	2,0
Reparos e resserviços não computados no entulho	2,0
Projetos não otimizados	6,0
Perdas de produtividade devidas a problemas de qualidade	3,5
Custos devidos a atrasos	1,5
Reparos em obras entregues a clientes	5,0
TOTAL	30,0

O levantamento de PICCHI (1993) também demonstra a grande influência do projeto na execução de edifícios na qual projetos não qualificados geram desperdícios estimados em 6% sobre o custo da obra.

Assim, conclui-se que projetar com qualidade significará a solução para vários problemas que ocorrem na construção de edificações dentre os quais: falhas internas (retrabalhos, sucateamento, etc.), e falhas externas (patologias diversas – infiltrações, fissuras, etc.), originando assim diversos desperdícios.

O próximo item destacará os tipos de desperdícios gerados pela não otimização dos projetos.

2.2.2 – O Projeto como Gerador de Desperdícios na Construção de Edifícios

A partir de vários estudos desenvolvidos por pesquisadores do NORIE / UFRGS – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, FORMOSO et al (1996) entendem as perdas como qualquer ineficiência que se reflita no uso de equipamentos, materiais, mão-de-obra e capital em quantidades superiores àquelas necessárias à produção da edificação. Neste caso, as perdas englobam tanto a ocorrência de desperdícios de materiais quanto a execução de tarefas desnecessárias que geram custos adicionais e não agregam valor. Estes autores, partindo do conceito das sete perdas de SHINGO (1981), fizeram uma adaptação para a construção civil, classificando as perdas em nove categorias:

- Perda por superprodução: ocorre devido à produção em quantidades superiores às necessárias. Perda esta originada no planejamento;
- Perda por substituição: decorre da utilização de um material de valor ou características de desempenho superiores ao especificado. Perda originada no suprimento;
- Perda por espera: relacionada com a sincronização e com o nivelamento dos fluxos de materiais e as atividades dos trabalhadores. Esta perda pode ter como origem a falta de projetos para produção como também falha no suprimento;
- Perda por transporte: está associada ao manuseio excessivo ou inadequado dos materiais e componentes em função de uma má programação das atividades (planejamento) ou de um *lay-out* ineficiente (projeto);

- Perda do procedimento em si: tem origem na própria natureza das atividades do processo ou na execução inadequada deste. Decorre de falhas nos sistemas de controle (planejamento), falta de treinamento dos operários (recursos humanos) ou de deficiências no detalhamento e construtividade dos projetos (projeto);
- Perda nos estoques: está associada à existência de estoques excessivos, em função da programação inadequada na entrega dos materiais (planejamento) ou de erros na orçamentação (projeto);
- Perda no movimento: decorre da realização de movimentos desnecessários por parte dos trabalhadores e pode ser gerada pela falta de planejamento da seqüência de atividades (gerência da obra) e falta de estudo do *lay-out* do canteiro (projeto);
- Perda pela elaboração de produtos defeituosos: ocorre quando são fabricados produtos que não atendem aos requisitos de qualidade especificados. Geralmente, origina-se da ausência de compatibilização entre projeto e execução, das deficiências do planejamento e controle do processo produtivo, da utilização de materiais defeituosos e da falta de treinamento;
- Outros: existem ainda tipos de perdas de natureza diferente das anteriores, tais como roubo, vandalismo, acidentes, etc.

Os pesquisadores MEIRA & ARAÚJO (1997) optaram por uma abordagem simplificada sobre as formas de desperdícios (que são as perdas evitáveis), classificando-os em desperdícios de materiais e desperdícios de recursos humanos, onde os desperdícios de materiais podem existir na forma de entulho ou em excesso de materiais incorporados à obra (figura 2.4).

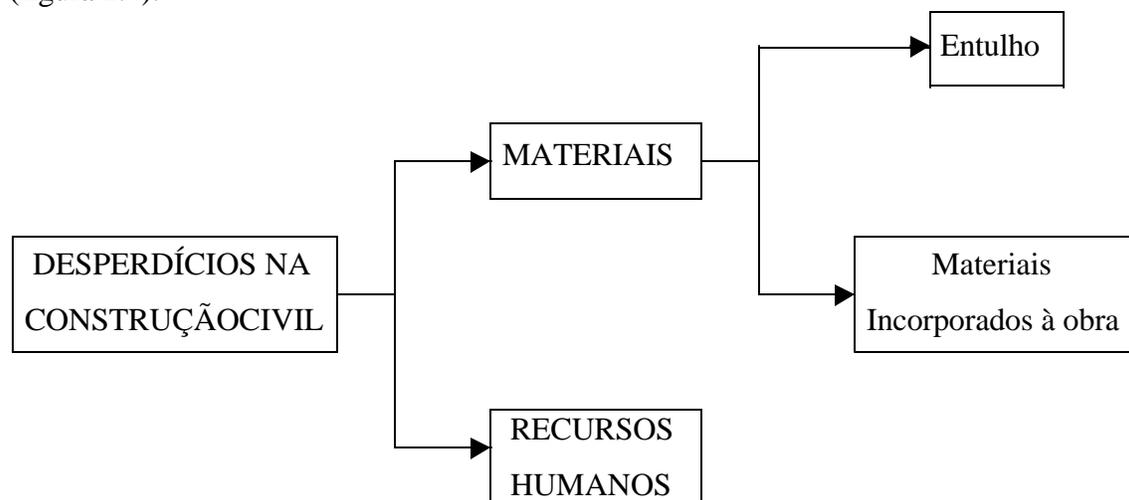


Figura 2.4 – Formas de desperdício na construção civil (MEIRA & ARAÚJO, 1997).

Estes autores fizeram as seguintes considerações para os desperdícios na construção civil:

- Desperdício de materiais na forma de entulho: esse tipo de desperdício, por si só, já representa uma quantidade considerável de materiais, sendo cada vez mais indesejado em um canteiro de obra. Na busca da redução deste tipo de desperdício a padronização desempenha um papel significativo, pois é através da mesma que os projetistas podem definir, em projeto, um aproveitamento racional dos materiais;
- Desperdício de materiais que se incorporam à obra: se enquadra neste tipo de desperdício o excesso de materiais que, ao final da obra, pouco se percebe a sua presença em relação a uma obra construída de forma racionalizada. Esse tipo de desperdício tem uma forte relação com a execução da obra, pautada no emprego de equipamentos inadequados à precisão dos serviços (integração projeto-construção), no emprego de insumos em desacordo com as suas necessidades (suprimento / projeto) e no desempenho insatisfatório dos recursos humanos envolvidos na atividade em questão;
- Desperdício de recursos humanos: entende-se aqui como desperdício de recursos humanos o tempo empregado, pelos profissionais de uma empresa, em atividades que não incorporam valor ao produto em elaboração e que podem ser reduzidos ou eliminados. São enquadrados nesta situação, por exemplo, o tempo empregado em transportes desnecessários (pode estar associado a um *lay-out* deficiente – compatibilização projeto / construção), o tempo empregado em esperas evitáveis (suprimento / integração projeto – execução).

Pelo exposto, constata-se que para se atingir a tão requisitada qualidade, que o mercado está exigindo, a I.C.C.S.E. precisa conhecer em profundidade as causas das perdas que tanto comprometem este setor industrial. Para tanto, a criação de um banco de dados sobre perdas nas empresas e a integração entre Planejamento e o Projeto é de suma importância para o combate dessas perdas.

A criação do banco de dados sobre perdas propiciará uma análise mais transparente dessas não-conformidades. Já um planejamento elaborado com base em padrões do mercado e feita a sua integração com o projeto, proporcionará objetivos racionalizados a serem atingidos. Quanto ao projeto, a sua não qualificação terá como consequência a geração de desperdícios e que segundo CAMBIAGHI (1994), tem que ser combatidos por projetos mais eficazes, bem coordenados e compatibilizados entre si, obtendo assim qualidade e produtividade. Então, projeto e qualidade estão intrinsecamente relacionados, esta relação será destacada no próximo item.

2.2.3 – A Participação do Projeto no Ciclo da Qualidade do Processo Construtivo

O ciclo da qualidade foi definido por JURAN & GRZYNA (1991a, p.357) como: “modelo conceitual da interação das atividades que influenciam a qualidade do produto ou serviço nos vários estágios, cobrindo desde a identificação das necessidades até a avaliação sobre se essas necessidades estão sendo satisfeitas”.

Conforme SOUZA et al (1994), a qualidade na indústria da construção civil deve ser considerada de forma ampla, tomando como foco as várias etapas do processo de produção e uso, que podem ser divididas em: planejamento, projeto, fabricação de materiais e componentes, execução de obras, uso, operação e manutenção. Desta maneira, o ciclo da qualidade na construção inicia-se com a identificação das necessidades do usuário e passa pelas várias etapas do processo, sendo agregados em cada uma delas produtos e serviços com diferentes níveis de qualidade, resultando em um produto final que deve satisfazer às necessidades do usuário, identificadas inicialmente. A qualidade neste caso é considerada como “adequação ao uso” e como “satisfação total dos clientes externos e internos”. A representação gráfica do ciclo da qualidade na construção civil é ilustrada na figura 2.5.



Figura 2.5 – Ciclo da qualidade no setor da construção (SOUZA et al, 1994).

Segundo MELHADO (1994), o propósito de se fixar um ciclo da qualidade não é o de estabelecer o seqüenciamento das atividades, mas sim de estabelecer o inter-relacionamento destas atividades. Tais modelos devem ser entendidos como ilustrativos das relações básicas que devem ser necessariamente estudadas, quando da implementação de programas da

qualidade total. O relacionamento entre projeto e os demais integrantes do ciclo da qualidade ainda é precário, e para se atingir patamares mais elevados de qualidade, a construção de edifícios precisa implantar sistemas da qualidade, com subsistemas desenvolvidos em cada um dos itens do ciclo e adequadamente compatibilizados em seu relacionamento. A figura 2.6 ilustra a relação entre o projeto e os demais participantes do ciclo.

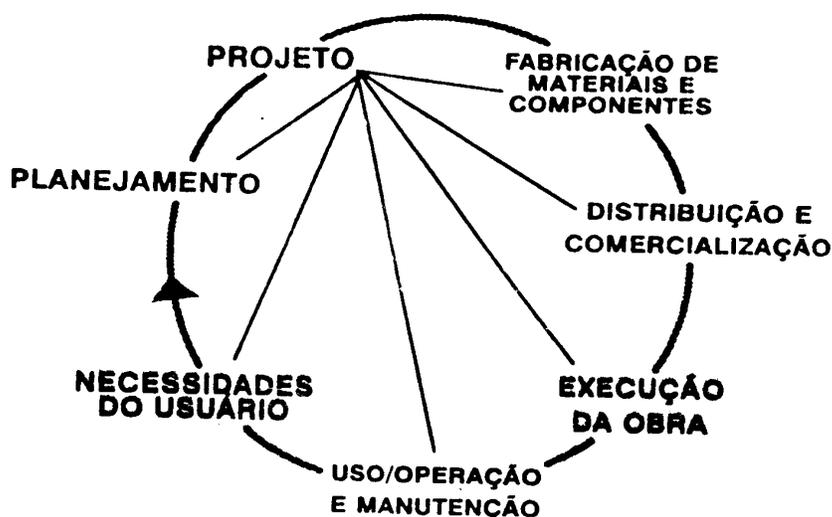


Figura 2.6 – O ciclo da qualidade na construção civil e as relações entre projeto e os demais participantes do ciclo (MELHADO, 1993).

Conclui-se assim pelo exposto que, devido à forte interação entre os vários agentes do processo no ciclo da qualidade, conforme ilustrado na figura 2.6, todos os participantes tem que apresentar uma qualidade garantida, resultando em um desempenho final que atenda às necessidades do usuário (SOUZA et al, 1994). Para se atingir esta qualidade garantida serão discutidas no próximo item as diretrizes para a elaboração do projeto.

2.3 - DIRETRIZES PARA A ELABORAÇÃO DO PROJETO

Conforme visto nos itens anteriores, a melhoria da qualidade do projeto é uma condição necessária para se obter um produto final que atenda às necessidades do usuário. Diversos autores [PICCHI (1993); FRANCO & AGOPYAN (1994); SILVA (1995); MELHADO (1994, 1998); NOVAES (1995, 1996, 1997, 1998); SOUZA & MELHADO (1998)], recomendam a adoção de diretrizes para a elaboração do projeto com fim de se obter a melhoria da qualidade dos mesmos. Com base nas recomendações dos autores citados foram

selecionadas as seguintes diretrizes: visão sistêmica; qualificação de profissionais de projeto; racionalização construtiva e construtibilidade; atendimento aos requisitos de desempenho; integração entre projeto e produção; sistematização de informações; qualidade da apresentação do projeto e coordenação dos projetos. Estas diretrizes serão discutidas a seguir.

2.3.1 – Visão Sistêmica

Para MAXIMIANO (1995, p.46), “um sistema é um conjunto de elementos ou componentes interdependentes que interagem e produzem um ou mais resultados” (figura 2.7). Para o mesmo autor, a visão sistêmica é uma forma de pensar e de enxergar a realidade que tem inúmeras aplicações, e quando aplicada às organizações, essa maneira de pensar tem dois pontos principais: a compreensão da totalidade e a compreensão dos resultados. Assim um projeto pode ser classificado como um sistema, pois é composto de partes inter-relacionadas, e interdependentes.



Figura 2.7 – Representação de um sistema (MAXIMIANO, 1995).

BRAGA (1998) considera que a abordagem sistêmica de organização apresenta uma diferença em relação aos métodos clássicos por buscar soluções globais, fazendo uma integração funcional entre as especialidades e procurando anular a tendência à compartimentalização dos micros sistemas que tendem a funcionar buscando preservar os objetivos setoriais em detrimento do propósito final.

Desta maneira, para que seja garantida a qualidade do projeto é necessário que durante o seu desenvolvimento se tenha uma visão sistêmica do processo do projeto e do processo de produção da construção de edificações.

Com a finalidade de mostrar a interdependência e a inter-relação do projeto com as diversas partes do sistema que interagem com ele, propõe-se uma configuração para a visão ampliada do projeto que está ilustrada na figura 2.8.

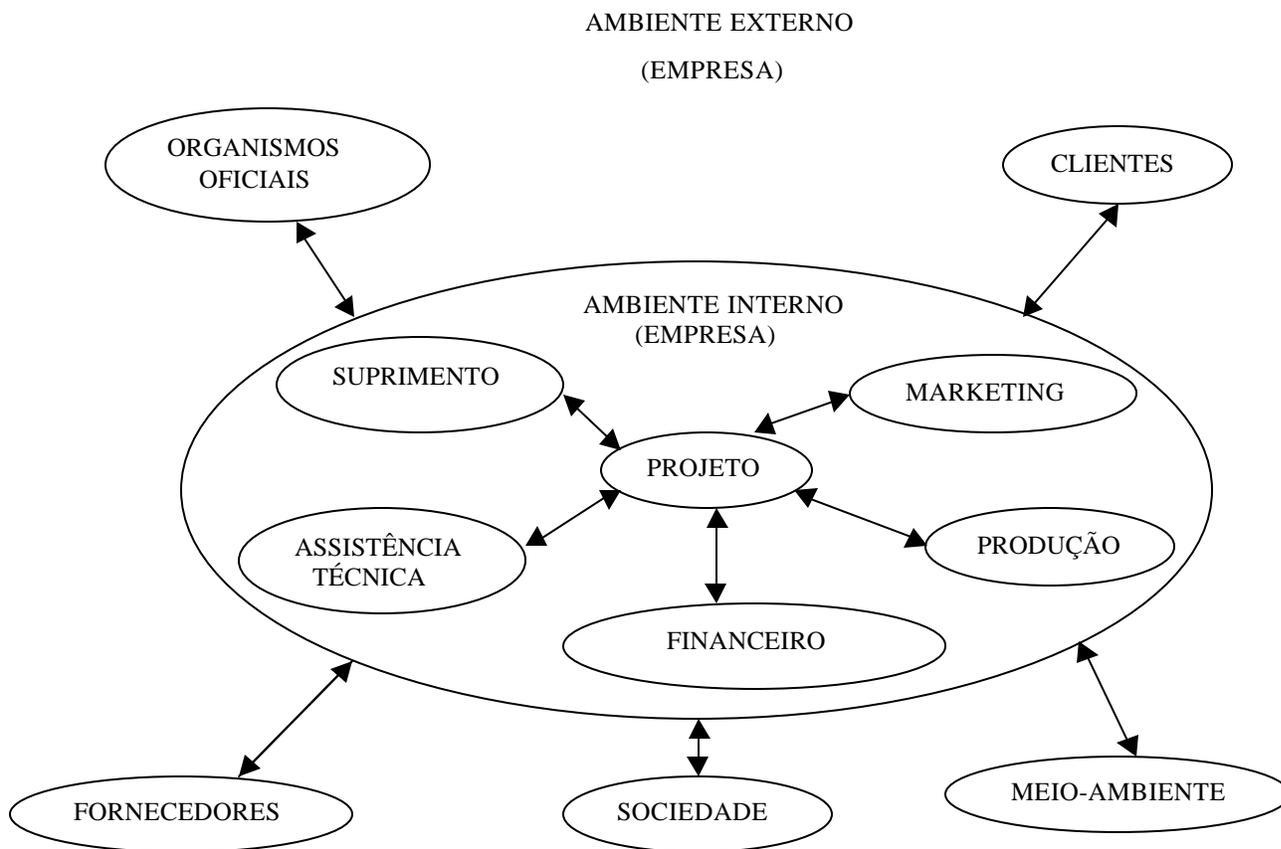


Figura 2.8 – Visão ampliada do projeto.

Nesta visão ampliada do projeto, considera-se o sistema dividido em dois ambientes: interno e externo à empresa. No ambiente interno deve haver uma forte interação entre as partes da empresa e o projeto de tal maneira que a solução deste projeto esteja em sintonia com todo o ambiente interno da empresa. Também a solução de projeto deverá atender aos elementos da parte externa à empresa, que de uma maneira simplificada foram considerados apenas: os clientes, os organismos oficiais, os fornecedores, a sociedade e o meio-ambiente.

Segundo TZORTZOPOULOS (1999), a visão ampliada do projeto favorece a gestão e a simplificação dos processos internos da empresa mais facilmente identificáveis e gerenciáveis, propiciando assim a melhoria contínua.

Na mesma linha de raciocínio, MELHADO (1994, p.164) sintetiza estas considerações na tradução de uma diretriz para a estruturação do processo do produto: “A atividade de projeto deve estar integrada, quanto aos objetivos e quanto aos procedimentos, com o conjunto das atividades vinculadas ao empreendimento e às relações externas da empresa, sendo considerada um subsistema desse conjunto”.

2.3.2 – Qualificação de Profissionais de Projeto

PICCHI (1993) salienta em seu trabalho que um dos instrumentos mais importantes para a garantia e controle da qualidade para projetos de edifícios é a qualificação de projetistas que deve ser feita através do estabelecimento de critérios para contratação de profissionais, que avaliem sua experiência, recursos humanos e materiais, etc., em relação ao tipo de empreendimento, porte, complexidade, etc.. Destaca também que esta avaliação deve ser anterior à contratação, e deve ser executado um cadastro de escritórios e profissionais qualificados.

MELHADO (1998) também recomenda que se estabeleçam critérios de avaliação, para que se possa selecionar projetistas especializados e com conhecimento técnico e experiência suficientes e contratá-los de acordo com as necessidades, evitando a contratação puramente por preço. Neste trabalho, também é enfatizado que os critérios técnicos para a qualificação desses profissionais devem conter itens como o cumprimento dos prazos em outros projetos realizados, as características de edificações projetadas anteriormente e também o interesse e a disponibilidade do projetista em realizar o acompanhamento da obra.

2.3.3 – Racionalização Construtiva e Construtibilidade

A racionalização construtiva é uma das diretrizes mais recomendadas, por diversos autores, para a melhoria e garantia da qualidade na construção de edifícios.

SABBATINI (1989) a definiu como sendo um processo que engloba todas as atividades que tenham como meta a otimização do uso dos recursos materiais, humanos, organizacionais, tecnológicos, energéticos, temporais e financeiros disponíveis na construção em todas as suas fases.

MELHADO (1994) destaca a importância da racionalização como um princípio que pode ser utilizado em qualquer processo construtivo, proporcionando considerável redução de custo, a partir da implantação de ações de padronização de componentes, simplificação de operações e aumento de produtividade. Porém, salienta que a maior parte destas medidas deve ser admitida ainda na etapa de projeto, devido às suas implicações quanto a dimensões, especificações e detalhes que são incorporados ao mesmo.

A aplicação da racionalização construtiva na fase de concepção também é defendida por FRANCO & AGOPYAN (1994) que afirmam que esta racionalização deve iniciar pelo desenvolvimento de um projeto, com alta qualificação, garantindo assim uma execução eficiente da obra, com diminuição de custos e aumento do desempenho da edificação.

No processo construtivo existem várias ferramentas que podem ser utilizadas para racionalizar esse processo. Dentre os princípios empregados para a elaboração dos projetos, aquele que fundamenta a grande parte das medidas de racionalização do processo construtivo é a construtibilidade (FRANCO & AGOPYAN, 1994, p.5). Estes autores citam a definição do *Construction Industry Institute* (CII, 1987) para a construtibilidade como: “o uso otimizado do conhecimento das técnicas construtivas e da experiência nas áreas de planejamento, projeto, contratação, e da operação em campo para se atingir os objetivos globais do empreendimento”.

Segundo GRIFFTH (1987) apud MELHADO (1994), através da aplicação efetiva da construtibilidade podem ser obtidos os seguintes resultados:

- simplificação do projeto levando à execução mais fácil em canteiro;
- comunicação mais precisa e eficaz das intenções contidas no projeto;
- gerenciamento da execução em canteiro mais eficaz;
- uso melhor dos recursos disponíveis para projetar e construir.

Assim, torna-se evidente que uma das diretrizes mais eficientes para obtenção da qualidade no projeto, qualidade essa tão requisitada pelo mercado na atualidade, é a implementação das medidas de racionalização construtiva na fase de projeto.

2.3.4 – Atendimento aos Requisitos de Desempenho

Devido a mudanças no comportamento do cliente da construção civil, subsetor edificações, tornando-se mais exigente, a qualidade converteu-se em prioridade criando assim o interesse pela aplicação do conceito de desempenho à edificação.

BONIN (1998) afirma que o conceito de desempenho tem uma utilidade muito grande para a avaliação de novos componentes e sistemas construtivos, além da produção de memoriais de requisitos de projeto de uma edificação ou de um componente a ser desenvolvido, a produção de listas de verificação do cumprimento da qualidade prevista para uma edificação ou componente, entre outros.

De acordo com SOUZA et al (1994), a palavra desempenho caracteriza o fato de que um produto deve apresentar certas propriedades que o capacitem a cumprir sua função, quando sujeito a certas ações atuantes ao longo de sua vida útil. Por outro lado, as edificações destinam-se a usuários específicos que tem determinadas necessidades a serem atendidas.

Assim, para o desenvolvimento de projetos de edifícios deverá ser focado o atendimento aos requisitos de desempenho da edificação com a finalidade de satisfazer as necessidades do usuário em termos de segurança, habitabilidade, durabilidade, economia, além de novos requisitos que estão sendo exigidos pelo mercado na atualidade quais sejam a sustentabilidade e manutenibilidade.

2.3.5 – Integração entre Projeto e Produção

A integração entre projeto e produção é defendida por muitos pesquisadores entre eles SABBATINI (1989) que fez a seguinte proposição para a racionalização dos processos construtivos: fazer a integração entre projeto e construção dentro de uma visão holística, assumir preferencialmente em todas as fases os dados procedentes das operações construtivas e admitir que a melhor solução é a de maior construtibilidade.

A falta de integração entre os profissionais de projeto e construção, segundo MOURA & OLIVEIRA (1998), é um fator clássico e determinante de diversos problemas vividos durante a fase de construção, assim como o comprometimento do orçamento previsto. Os mesmos autores comentam que somente nos últimos anos a I.C.C.S.E tem se preocupado em fazer a

integração entre o projeto e o processo construtivo, com a finalidade de agregar eficiência e produtividade à produção e qualidade ao produto final.

ZANFELICE (1996) afirma que a integração projeto - construção gera benefícios em economia de recursos devido aos seguintes fatores:

- melhor processo de tomada de decisões por se basear em informações precisas;
- adequação dos resultados dos estudos de engenharia para satisfazer as necessidades de construção;
- projetos que requerem métodos construtivos de menores custos;
- integração dos cronogramas.

Conclui-se assim que a integração entre o projeto e o processo construtivo é uma condição imprescindível para a obtenção de produtos com qualidade. Uma das ferramentas mais utilizadas para se fazer essa integração é o projeto para produção definido por MELHADO (1994, p.196) como o “conjunto de elementos de projeto elaborados de forma simultânea ao detalhamento do projeto executivo para utilização no âmbito das atividades de produção em obra, contendo as definições de: disposição e seqüência de atividades de obra e frentes de serviço; uso de equipamentos; arranjo e evolução do canteiro; dentre outros itens vinculados às características e recursos próprios da empresa construtora”.

A utilização do projeto para produção também é indicada por NOVAES (1997), para o qual a elaboração desse projeto tem por princípios básicos a organização do trabalho, o aumento da produtividade e o controle da qualidade, e dependem das características tecnológicas e produtivas do processo de produção, levando-se em consideração a heterogeneidade existente no setor da construção de edifícios.

2.3.6 – Sistematização de Informações

Um dos problemas cruciais no desenvolvimento de projetos é o controle de informações inerentes ao processo. SCHIMITT (1998), em sua tese de doutoramento, afirma que devido às peculiaridades dos projetos fica difícil o estabelecimento de rotinas de trabalho, acarretando a necessidade da coordenação das contribuições de cada participante, pela exigência de uma vasta quantidade de informações. A mesma autora, citando SMITH (1996), indica que uma melhor comunicação e integração na construção representa um potencial para reduzir custos, diminuir atrasos no cronograma e aumentar a qualidade do produto. No mesmo trabalho, a

autora defende o seguinte ponto de vista: um sistema de informações baseado em um modelo que faça a integração das fases de elaboração dos documentos complementares à parte gráfica de um projeto pode gerar benefícios à I.C.C.S.E, apresentando soluções adequadas, completas e coerentes.

O mesmo ponto de vista é defendido por MESEGUER (1991), que frisa tratar-se de uma boa prática da engenharia o controle de dados, que conduz a projetos mais seguros e econômicos, já que:

- é uma garantia para todos os membros da equipe de projeto, pois assegura que todos utilizaram os mesmos dados;
- elimina erros, ao estabelecer uma sistemática clara;
- facilita o estudo de soluções alternativas e, em particular, da repercussão que tem no projeto a mudança de um dos dados;
- permite um melhor controle do projeto e facilita sua revisão;
- ajuda na gestão do projeto, ao identificar aqueles dados que ainda se encontram na espera e que devem ser completados o mais que possível;
- em casos de falha ou desordem, o documento é de grande ajuda para a verificação de possíveis causas.

Segundo NOVAES (1998), a sistematização de informações não pode ficar restrita apenas ao atendimento das prescrições contidas em normas técnicas e demais documentos legais para orientação das diversas disciplinas de projeto, mas sim contemplar também tipologia de ambientes e de edifícios, como também soluções construtivas, que podem apresentar interesse para decisões de outros agentes participantes do processo de produção.

O controle de dados observado por MESEGUER (1991) também é defendido por NOVAES (1998, p.173) que faz a seguinte afirmação: “As empresas construtoras devem ser responsabilizadas pela geração e registro padronizado de procedimentos, soluções e tipologias empregados na produção, que, dependendo de sua função no processo construtivo, devem destinar-se a subsidiar a elaboração de projetos do produto e de projetos para a produção, sendo, assim, repassadas aos profissionais responsáveis por esses projetos, que, melhor detalhados, podem contemplar as compatibilizações exigidas entre componentes e subsistemas”.

Desta maneira, a correta sistematização de informações, aliada a recursos computacionais, possibilitará importantes ganhos ao processo de projeto, propiciando assim soluções mais rápidas, racionais e integradas.

2.3.7 – Qualidade da Apresentação do Projeto

Baseado em MARQUES (1979) e MESEGUER (1991), traçou-se uma configuração para a composição de um projeto para a I.C.C.S.E. que está ilustrada na figura 2.9.

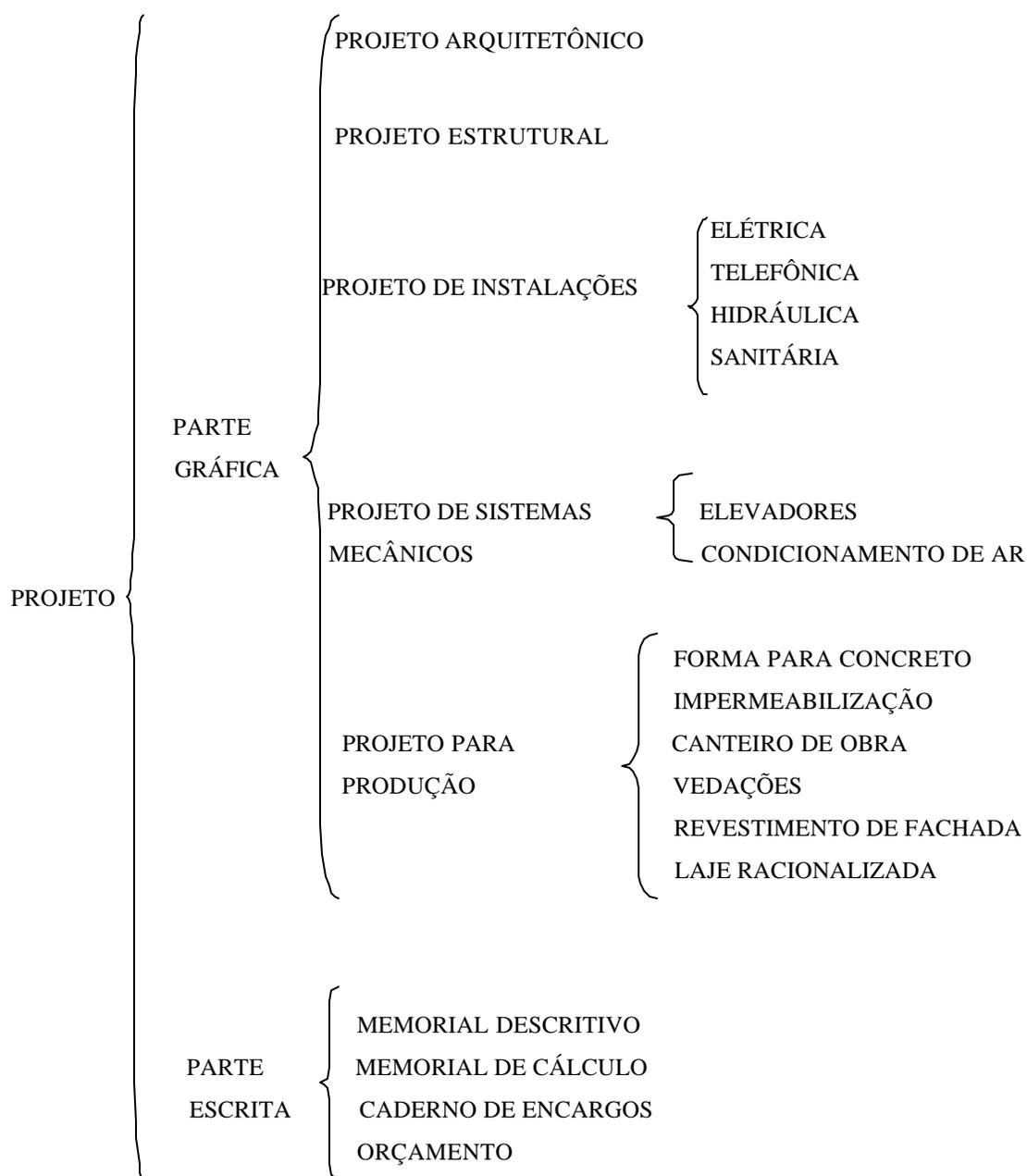


Figura 2.9 – Configuração para a composição de um projeto na I.C.C.S.E.

Esta configuração para o projeto propõe uma divisão em duas partes. Na parte gráfica colocaram-se as disciplinas básicas (Arquitetura, Estrutura e de Instalações) e as disciplinas complementares (Sistemas mecânicos e de Produção). Na parte escrita, consideraram-se os elementos que irão também complementar as disciplinas gráficas, tais como:

- Memorial Descritivo – é a descrição das soluções adotadas pelo projetista no seu trabalho;
- Memorial de Cálculo – é a justificativa matemática das soluções adotadas em projeto, sendo necessária em algumas disciplinas gráficas (Estrutura, Instalações Elétrica, Hidráulica, Sanitária e Sistemas Mecânicos);
- Caderno de Encargos – estabelece as condições indispensáveis para o processo construtivo especialmente quanto à qualidade dos materiais e à tecnologia construtiva empregada;
- Orçamento – é o elemento que relaciona o processo construtivo com a parte financeira, tornando-se assim um item muito importante para o projeto.

Então, a apresentação de todos esses documentos que compõem o projeto na I.C.C.S.E. tem que ser feita de uma forma bem detalhada que tornem claras todas as informações contidas nesses instrumentos, pois conforme SILVA (1995, p.59) “da qualidade da apresentação depende também a produtividade, pois a interpretação e as relações de interface de um projeto em relação aos demais definem a forma com que as atividades se desenvolvem no canteiro de obras e a possibilidade de ocorrência de perdas de materiais e erros de execução, bem como a qualidade final do serviço executado”.

Para se atingir a qualidade na apresentação a mesma autora recomenda que se deve definir:

- Padrões de apresentação gráfica de todos os documentos;
- Padrões de integração de sistemas informatizados;
- Padrões para apresentação dos documentos preliminares de projeto;
- Padrões de apresentação de detalhes construtivos;
- Padrões de apresentação de especificações técnicas;
- Padrões de apresentação dos memoriais técnicos.

2.3.8 – Coordenação dos Projetos

De acordo com SOUZA et al (1994, p.142), “a coordenação é uma função gerencial a ser desempenhada no processo de elaboração do projeto, com a finalidade de assegurar a qualidade do projeto como um todo durante o processo. Trata-se de garantir que as soluções adotadas tenham sido suficientemente abrangentes, integradas e detalhadas e que, após terminado o projeto, a execução ocorra de forma contínua, sem interrupções e imprevistos”.

Para essa atividade da coordenação de projetos, FRANCO & AGOPYAN (1994), descreveram os seguintes objetivos:

- garantir a perfeita comunicação entre os participantes do projeto;
- garantir a comunicação e integração entre as diversas etapas do empreendimento;
- coordenar o processo de forma a solucionar as interferências entre as partes do projeto elaboradas pelos distintos projetistas;
- garantir a coerência entre o produto projetado e o modo de produção, com especial atenção para a tecnologia do processo construtivo utilizado e para a “cultura construtiva” da empresa;
- conduzir as decisões a serem tomadas no desenvolvimento do projeto;
- controlar a qualidade das etapas de desenvolvimento do projeto.

Quanto ao perfil do profissional que ocupará o cargo de coordenador de projetos, o trabalho apresentado pelo SEBRAE / SINDUSCON – PR (1995) propõe que esse profissional centralize o processo, e tenha competência para fazer a integração das disciplinas do projeto, traduzir os anseios do empreendedor e coordenar a equipe de projetistas. Considera também que este profissional deve possuir as seguintes características:

- ser engenheiro civil ou arquiteto;
- ter conhecimento das técnicas de liderança;
- ter conhecimento sobre mercadologia;
- ter conhecimentos técnicos e experiência em áreas envolvidas (etapas de projetos, execução de obras, cronograma de obras, custos);
- ter conhecimento da normativa institucional.

Desta forma, cabe ao coordenador do projeto gerenciar toda a equipe multidisciplinar responsável pelo desenvolvimento do projeto e, segundo MELHADO (1994), seguir as diretrizes de projeto da empresa e estar atento às exigências constantes de legislações e

normas aplicáveis a cada caso. O mesmo autor propôs uma estruturação para a equipe multidisciplinar envolvida no desenvolvimento do projeto que está representada graficamente na figura 2.10.

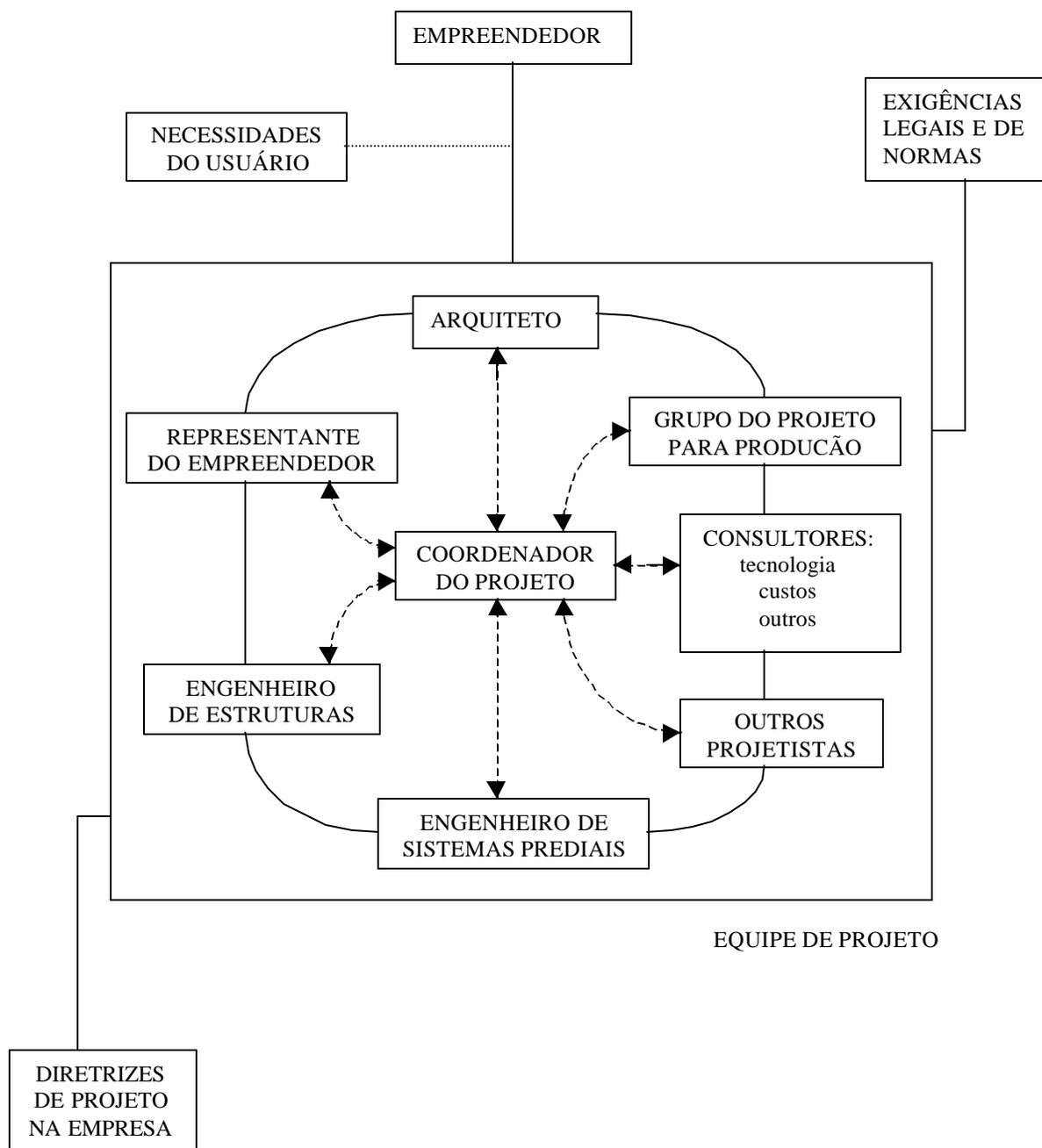


Figura 2.10 – Proposta de estruturação para equipe multidisciplinar envolvida no desenvolvimento do projeto (MELHADO, 1994).

Algumas mudanças poderiam ser sugeridas a esta proposta feita por MELHADO (1994) tais como:

- como entrada de dados para a equipe de projeto seria feita a substituição das necessidades do usuário pelo termo *Briefing* que segundo BRANDÃO & HEINECK (1996) é definido como um conjunto de informações preliminares, contendo não só as necessidades do usuário como também dados imobiliários e condicionantes de projeto;
- no lugar de Diretrizes de Projeto na Empresa seria sugerida a troca por um Banco de Tecnologia Construtiva elemento esse criado pelo próprio MELHADO (1994), que englobaria não só as Diretrizes de Projeto na Empresa como também dados sobre o desempenho de edificações construídas pela empresa, podendo ser obtidos por uma APO – Avaliação pós ocupação. Esses dados iriam retroalimentar o processo de projeto.

Na opinião de PICCHI (1993) a coordenação de projetos é fundamental para assegurar a qualidade do produto final, como também influenciar nos aspectos de facilitar a execução, melhorar a produtividade, diminuir retrabalhos, etc.. O citado autor afirma que o coordenador de projetos deve ser um profissional com bastante experiência, e dentre os vários instrumentos que poderá utilizar na sua função destaca-se:

- Planejamento de projetos – refere-se à elaboração de cronogramas, compatibilizando os prazos de realização de todos os projetos, bem como destes com as etapas de obra;
- Compatibilização de projetos – compreende o acompanhamento permanente da coordenação, sobrepondo os vários projetos e identificando interferências;
- Controle de dados de entrada – muitas decisões de projeto dependem de dados externos, tais como: custos de alternativas, dados geotécnicos, etc.. Estes dados devem ser relacionados, identificadas as fontes autorizadas, registradas e controladas quanto a alterações;
- Controle de revisões – controle das revisões dos documentos que sofreram alterações, cabendo à coordenação de projeto administrar a distribuição e substituição de cópias superadas, entre os diversos projetistas envolvidos, bem como para a obra;
- Controle de pendências – quando uma informação externa, ou de responsabilidade de outro projetista, não estiver disponível em momento necessário, a coordenação pode autorizar o prosseguimento dos trabalhos de projeto, baseados em informação preliminar, devendo entretanto registrar o evento e acompanhar os documentos afetados, controlando a atualização dos mesmos quando da obtenção da informação definitiva.

Desses instrumentos relacionados um merece destaque pela sua importância para a garantia da qualidade do processo que é a compatibilização de projetos, que segundo MESEGUER (1991, p.36) “em todo projeto, as interfaces entre uma e outra especialidade são zonas particularmente vulneráveis para a qualidade e nelas geralmente ocorrem os erros com maior frequência. Se o projeto é complexo, os problemas se multiplicam”. Desta maneira, esse assunto compatibilização de projetos será destacado no próximo item.

2.4 – COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

2.4.1 – Conceituação de Compatibilização de Projetos

O trabalho DIRETRIZES GERAIS PARA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS realizado pelo SEBRAE / SINDUSCON – PR (1995, p.17) define o seguinte conceito para compatibilização de projetos: “é a atividade de gerenciar e integrar projetos correlatos, visando ao perfeito ajuste entre os mesmos e conduzindo para a obtenção dos padrões de controle de qualidade total de determinada obra”.

A mesma visão de integração de projetos para a função de compatibilizar projetos foi apresentada por NOVAES (1998) afirmando que a compatibilização das disciplinas do projeto é uma ação empreendida no âmbito da coordenação das soluções adotadas nos projetos do produto e nos projetos para produção, assim como, nas especificações técnicas para a execução de cada subsistema.

2.4.2 – Melhoria da Qualidade do Projeto através da Compatibilização das suas diversas Disciplinas

Foi visto no item 2.1.4 que a incompatibilização de projetos é uma não-conformidade constante em todas as relações apresentadas por FRUET & FORMOSO (1993); HEINECK, TRISTÃO & NEVES (1995); NOVAES (1998); NASCIMENTO & FORMOSO (1998), gerando em consequência vários problemas para as edificações entre os quais desperdícios de materiais e de mão-de-obra, que foram tratados no item 2.2.2. Constata-se assim que a não compatibilização de projetos é um entrave para a obtenção da qualificação das edificações.

Desta maneira a compatibilização de projetos torna-se uma ferramenta necessária para a melhoria da qualidade do projeto pela eliminação das não-conformidades apresentadas pelos mesmos, e em consequência a solução dos problemas oriundos destas falhas.

Em acordo com o exposto o estudo do SEBRAE / SINDUSCON – PR (1995) afirma que a compatibilização de projetos elimina ou minimiza os conflitos entre os projetos inerentes à determinada obra, simplificando a execução e otimizando o uso dos recursos de materiais e mão-de-obra, bem como a subsequente manutenção.

NOVAES (1998, p.172) também afirma que “pelo seu caráter de ação projetual que permite conciliar, física, geométrica, tecnológica e produtivamente, os componentes que interagem nos elementos construtivos horizontais e verticais das edificações, a compatibilização de projetos pode constituir-se em importante fator de melhoria da construtibilidade e de racionalização construtiva”.

2.5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE O CAPÍTULO

Baseado no que foi descrito, pode-se concluir que o projeto tem importância fundamental no processo construtivo na I.C.C.S.E., importância essa destacada na influência sobre os custos do empreendimento, na possibilidade de interferência de reduzir os custos de falhas da edificação. Em contrapartida, projetos realizados sem qualidade apresentarão não-conformidades que irão gerar falhas na edificação, originando desperdícios e patologias. Assim, torna-se necessária a adoção de procedimentos para minimizar ou eliminar essas não-conformidades do projeto.

A junção da complexidade do processo de projeto com as características da I.C.C.S.E. produzirá dificuldades para a obtenção dos procedimentos que busquem melhorias na qualidade neste setor. Mas essas dificuldades não impossibilitam a busca por melhorias no processo de projeto que tornem esse elo da cadeia produtiva da I.C.C.S.E. tão forte como a sua função requer. Para tanto, a implementação de diretrizes para a elaboração de projetos torna-se uma alternativa para a aquisição destas melhorias.

Das diretrizes apresentadas, uma mereceu destaque: foi a compatibilização das diversas disciplinas do projeto, pela possibilidade que essa diretriz apresenta à redução das não-conformidades de projeto, e em consequência na solução dos problemas oriundos destas.

Para desenvolvimento de um método de compatibilização das interfaces entre especialidades do projeto, que é o assunto deste trabalho, serão apresentadas no Capítulo 3 as ferramentas teóricas a serem utilizadas: a Engenharia Simultânea e FMEA – Análise dos Modos e Efeitos das Falhas.

CAPITULO 3 – DESENVOLVIMENTO DO EMBASAMENTO TEÓRICO PARA UTILIZAÇÃO NO MÉTODO

Este capítulo tratará da Engenharia Simultânea e FMEA – Análise dos Modos e Efeitos de Falhas que servirão de base para a criação de ferramentas a serem utilizadas no desenvolvimento do método de compatibilização de projetos de edificações que é o foco deste trabalho.

Inicialmente será feita uma revisão bibliográfica da Engenharia Simultânea enfocando os aspectos da diferenciação entre a Engenharia Sequencial e a Engenharia Simultânea, as condições e as etapas para a implantação da Engenharia Simultânea e o desenvolvimento de ferramentas em ambiente de Engenharia Simultânea para serem utilizadas no modelo de compatibilização de projetos a ser desenvolvido no Capítulo 4.

Após a análise sobre a utilização da Engenharia Simultânea, ter-se-á uma revisão bibliográfica sobre o segundo embasamento teórico deste trabalho que é o FMEA – Análise dos Modos e Efeitos de Falhas, verificando a sua importância para utilização neste trabalho e concluindo com a aplicação deste embasamento ao processo de compatibilização de projetos.

3.1 – PRIMEIRO EMBASAMENTO: ENGENHARIA SIMULTÂNEA

No primeiro capítulo foi feita uma referência a CERQUEIRA (1994), na qual o mesmo aponta que para as empresas sobreviverem em um ambiente competitivo há uma necessidade de adequação de seus produtos e serviços às exigências dos mercados e, ainda, se anteciparem à concorrência.

Na mesma linha de raciocínio CASAROTTO FILHO et al (1999, p.15), citando STALK & HOUT (1992), afirmam que “superando a década de 80 ou a Década da Qualidade, a década de 90 iniciou como a Década da Responsabilidade, ou seja, a década da resposta rápida, especialmente na introdução de novos produtos. A execução seqüencial de tarefas já não mais satisfaz em alguns casos. É necessário começar todo o projeto de uma só vez, com equipes com grandes responsabilidades e alçadas decisórias, pois lançar um produto depois da concorrência pode significar o fim da empresa”.

Esta responsabilidade também é destacada por JUNQUEIRA (1994), o qual relata a existência de uma evolução dos fatores de competitividade em função da globalização. Antes, fatores como custo, qualidade e desempenho tornavam uma empresa competitiva no mercado, atualmente esses fatores passaram a ser apenas condições iniciais que dão direito de participação na disputa pelo mercado. Em contrapartida, o fator tempo revelou-se decisivo para as empresas que, tendo adquirido direito a participação, ao chegarem primeiro ao mercado terão uma probabilidade maior de sobreviverem.

Neste novo cenário, conforme KRUGLIANSKAS (1993), a engenharia tradicional seqüencial já não consegue dar respostas em tempo hábil. Assim, a Engenharia Simultânea apresentou-se como uma alternativa para o atendimento de competitividade neste novo ambiente.

Além do fator tempo, existiram outros fatores que motivaram a mudança do modelo de Engenharia Seqüencial para o modelo de Engenharia Simultânea. Esses fatores serão discutidos a seguir a partir da análise destes modelos.

3.1.1 – Modelo: Engenharia Seqüencial

A filosofia de produção da Engenharia Seqüencial é baseada no modelo de conversão que é conceitualizado por KOSKELA (1998) como uma conversão de entradas em saídas, cujos princípios e suas deficiências estão relatados na tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Princípios relacionados ao modelo de conversão e suas deficiências (KOSKELA, 1998).

PRINCÍPIOS	DEFICIÊNCIAS
a- O processo de conversão pode ser dividido em subprocessos, que também são processos de conversão.	Ocultas atividades de não-conversão (por vezes chamadas perdas), conduzem para pensamento que todas as atividades são similares.
b- O custo do processo total pode ser minimizado pela minimização do custo de cada subprocesso.	Ocultas a interdependência entre atividades; direciona a atenção para longe de possibilidades para redução de custos completos, coordenados e otimizados de atividades sucessivas.
c- O método é vantajoso para separar o processo de produção do ambiente externo completo físico ou suporte organizacional.	Sugere aumentar atividades de não-conversão por causa de coordenação.
d- O valor da saída de um processo é associado com custos (ou valor) de entradas para qualquer processo.	Ocultas a oportunidade de agregar valor para atender às necessidades do cliente.

Concordando com essa abordagem, TZORTZOPOULOS (1999) aponta que o projeto, bem como os outros processos de produção, são analisados e gerenciados como um conjunto de conversões, no qual a atividade de projetar é encarada como uma transformação de requisitos e necessidades dos clientes (internos e externos) em projetos satisfazendo essas requisições, conforme a figura 3.1.

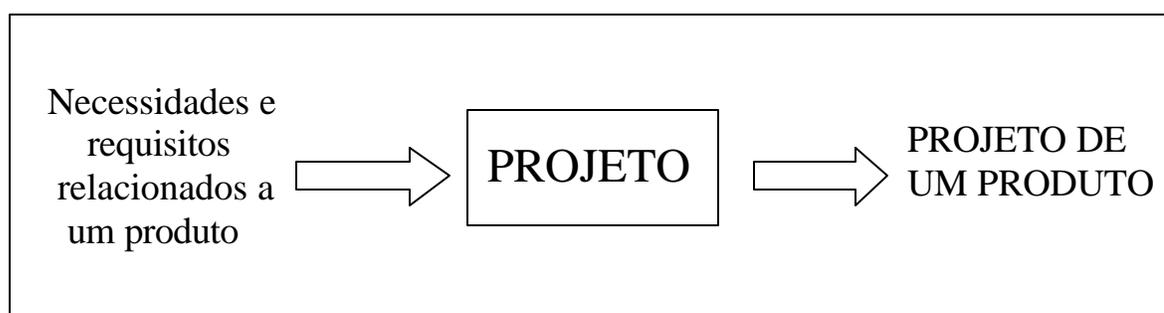


Figura 3.1 – O projeto como conversão (KOSKELA & HUOVILA, 1997 apud TZORTZOPOULOS, 1999).

Quanto à melhoria do processo, conforme este modelo, TZORTZOPOULOS (1999) comenta que o ganho em eficiência e eficácia das atividades tem como embasamento o uso de ferramentas de projeto como o CAD - *computer aided design*.

Em contramão à melhoria do processo, HUOVILA et al (1997), citados por TZORTZOPOULOS (1999), apontam duas deficiências importantes no modelo de conversão:

- neste modelo, na análise do processo de projeto não fica bem explicitada a existência de atividades que não agregam valor ao produto;
- o modelo não identifica claramente os clientes específicos de cada etapa do processo, que possuem requisitos diferenciados.

Devido à contribuição destas deficiências, os mesmos autores apontam alguns problemas que se mantêm no processo:

- a existência de muitos requisitos que não são definidos no início do processo;
- erros de projetos são detectados em fases avançadas, causando retrabalho;
- a existência de poucas interações entre os projetistas;
- esperas para aprovações, instruções ou informações tomam a maior parte do tempo dos projetistas;
- as atividades do processo são desenvolvidas de forma seqüencial, e muitas vezes ocorrem longos períodos de espera entre o desenvolvimento de ações subseqüentes;
- longa duração, alto custo e baixa qualidade dos projetos em geral.

A deficiência do modelo seqüencial também é destacada por LESSA et al (1999, p.3), que afirmam: “no modelo seqüencial de projeto, as atividades de planejamento do processo e de avaliação e testes são realizadas numa etapa avançada do desenvolvimento do produto. Assim, qualquer modificação no projeto causa: aumento dos custos devido ao retrabalho, atrasos no lançamento previsto dos produtos, alto custo de fabricação para os novos produtos devido ao baixo volume de fabricação, etc.”

Logo, em virtude das deficiências que este modelo de Engenharia Seqüencial apresenta, gerando em conseqüência vários problemas, e da evolução dos fatores de competitividade produzidos pela globalização dos mercados, este modelo de Engenharia Tradicional perdeu espaço para uma nova forma de organização, que é a Engenharia Simultânea. O próximo item analisará esse modelo de Engenharia Simultânea.

3.1.2 – Modelo: Engenharia Simultânea

3.1.2.1 – Conceituação

A conceituação de Engenharia Simultânea originada do inglês *concurrent engineering*, também conhecida como Engenharia Paralela foi feita por alguns autores, com variado enfoque. Neste trabalho foram selecionados alguns destes conceitos que serão apresentados a seguir.

CARDOSO (1997, p.119) considera Engenharia Simultânea como “uma forma de racionalização centrada nas relações entre empresa x projetistas, mas que supõe uma capacidade forte da primeira propor inovações em nível da concepção do produto – edifício”.

MUNIZ JUNIOR et al (1996, p.3) adotam para a definição de Engenharia Simultânea como sendo um “enfoque no qual grupos inter-funcionais trabalham interativamente e formalmente no projeto do ciclo de vida completo do produto / serviço para encontrar e realizar a melhor combinação entre as metas de qualidade, custo e prazo”.

Para JUNQUEIRA (1994, p.97), Engenharia Simultânea “é um conceito de desenvolvimento de produtos e serviços, que aborda o projeto do produto e projeto do processo simultaneamente, através da execução de atividades em paralelo e de forma integrada, com equipes multidisciplinares”.

TZORTZOPOULOS (1999, p.32) apresenta um conceito para Engenharia Simultânea, atribuído a CARTER & BAKER (1992) citados por HUOVILA et al (1997) que diz: “a engenharia simultânea é uma abordagem sistemática para o desenvolvimento simultâneo e integrado do projeto do produto e de seu processo de produção. Esta abordagem objetiva que sejam levados em consideração todos os elementos do ciclo de vida útil do produto desde o conceito inicial do projeto, tendo em vista qualidade, tempo e os requisitos dos clientes finais”.

Analisando os conceitos citados, constatam-se alguns pontos de concordância entre os mesmos, tais como: o trabalho de equipes multidisciplinares de forma integrada; o desenvolvimento simultâneo e integrado do projeto do produto e projeto do processo; a racionalização da produção.

Devido a estes e outros fatores, a Engenharia Simultânea conseguiu uma evolução maior que a Engenharia Sequencial. O próximo item destacará algumas comparações entre Engenharia Simultânea x Engenharia Sequencial.

3.1.2.2 – Engenharia Simultânea x Engenharia Sequencial

Para comparação da Engenharia Simultânea com a Engenharia Sequencial o primeiro aspecto a ser analisado será o processo de desenvolvimento do produto. Para representação dos modelos sequencial e simultâneo de projeto, foram elaboradas as figuras 3.2 e 3.3 respectivamente.

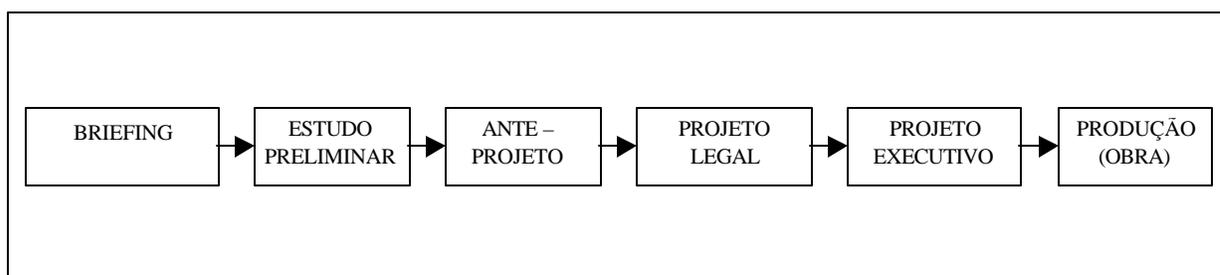


Figura 3.2 – Desenvolvimento do projeto na visão da engenharia sequencial.

A característica mais relevante do desenvolvimento de projetos pela engenharia tradicional é justamente o sequenciamento das etapas constituintes do projeto (figura 3.2). Esta execução ordenada das etapas contribuirá para a geração de deficiências tais como: falta de integração entre as diversas etapas; deficiência na troca sistemática de informações e acréscimo de retrabalhos (TZORTZOPOULOS, 1999; MELHADO, 1994). Além das deficiências citadas anteriormente, há outros agravantes, que são: o levantamento das necessidades do cliente para concepção do produto é feito de uma maneira precária (BAIA & MELHADO, 1998); ausência da coordenação de projetos, que é prática comum nesse modelo sequencial (FABRÍCIO & MELHADO, 1998).

Quanto ao modelo simultâneo aplicado à execução do projeto, que está representado na figura 3.3, nota-se que a execução das diversas etapas do projeto é realizada quase que simultaneamente. Verifica-se também que o desenvolvimento do projeto do processo de produção (definição do processo tecnológico, planejamento da produção, projeto para

produção) é feito em paralelo com o projeto do produto (*briefing*, estudo preliminar, ante-projeto, projeto legal e projeto executivo).

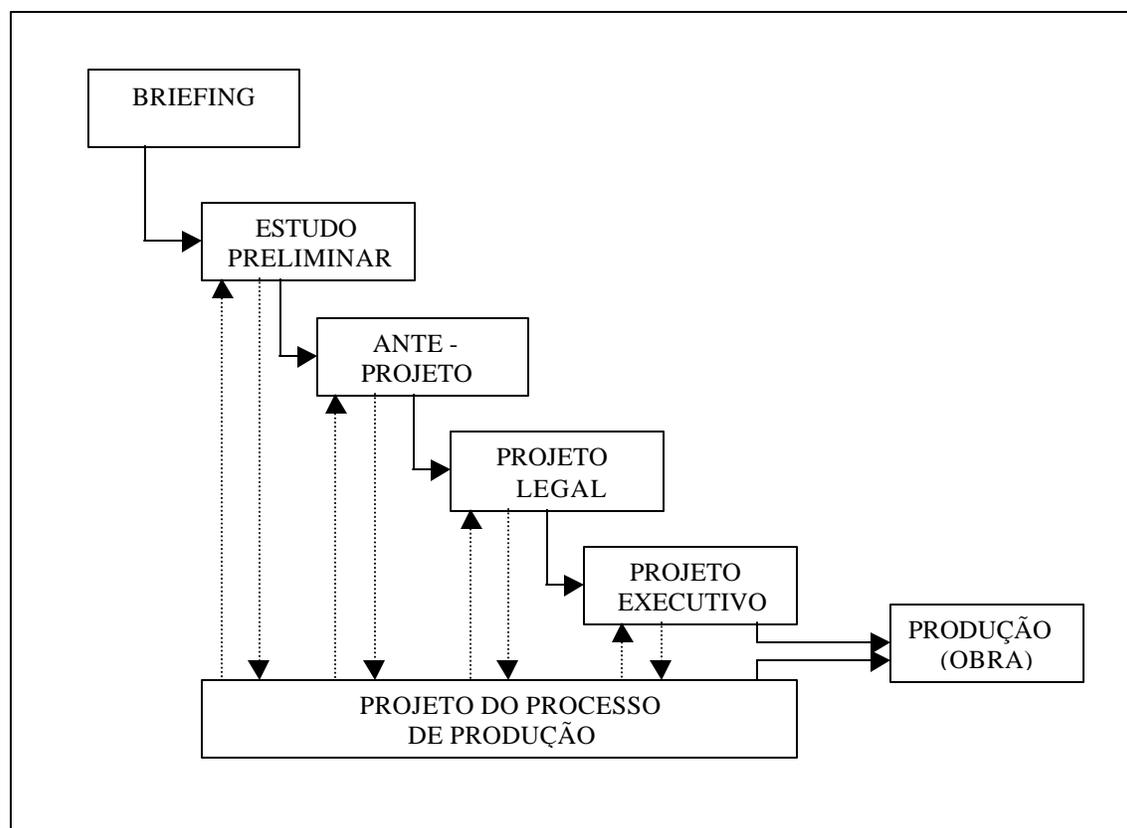


Figura 3.3 – Desenvolvimento do projeto na visão da engenharia simultânea.

Com esse novo arranjo, propiciam-se melhores condições para uma maior integração entre as etapas de projeto, melhorias na sistemática de informações e conseqüente diminuição de retrabalhos, que são justamente os fatores em que o modelo tradicional apresenta deficiência.

No tocante ao levantamento das necessidades do cliente para a concepção do produto, o modelo simultâneo utiliza uma ferramenta muito racional que é o QFD – *Quality Function Deployment* (JUNQUEIRA, 1994). Apesar da relevância deste instrumento, o mesmo não será utilizado neste trabalho, pois a ênfase será na compatibilização de projetos e não na concepção do produto. Já no aspecto de coordenação de projetos, esta é uma prática obrigatória no modelo simultâneo (FABRICIO & MELHADO, 1998).

Uma outra comparação a ser feita entre os modelos Seqüencial e Simultâneo é quanto ao ciclo de vida de um projeto de desenvolvimento de produto. Para isso traçaram-se os gráficos apresentados na figura 3.4.

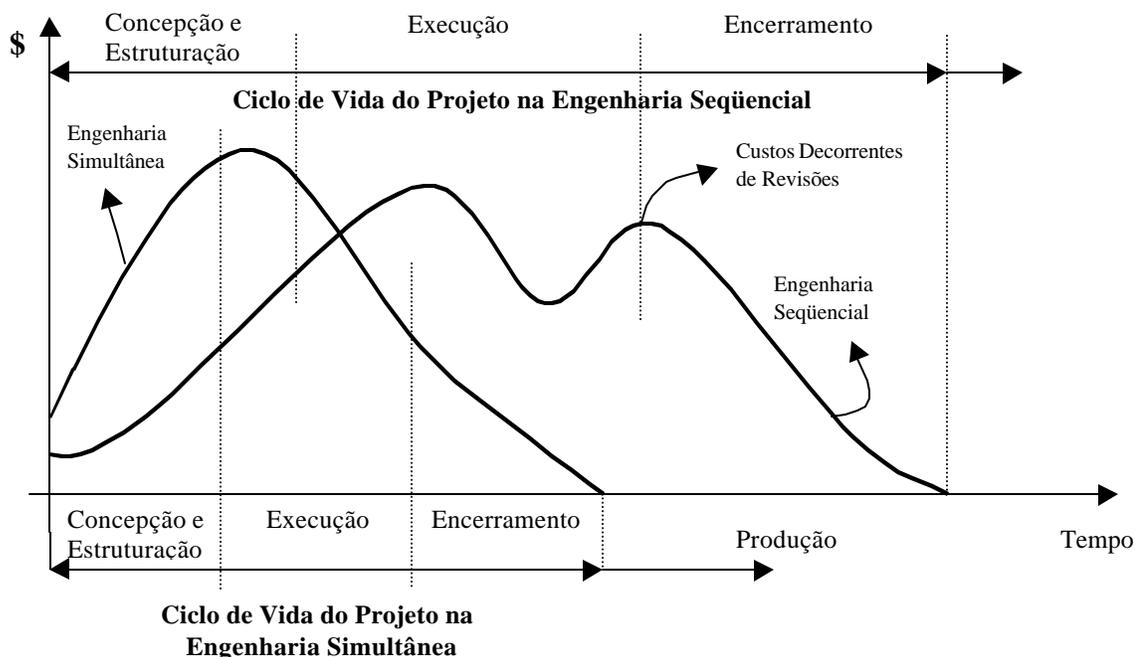


Figura 3.4 – Ciclo de Vida de um Projeto de Desenvolvimento do Produto (KRUGLIANSKAS, 1993).

Analisando os gráficos da figura 3.4, nota-se que o ciclo de vida do projeto pelo modelo simultâneo é menor; além disso, o ciclo do projeto que utiliza o modelo seqüencial provoca um pico de acúmulo de esforços na fase de implantação que é consequência das revisões no projeto e dos custos decorrentes de reformulações e retrabalhos em equipamentos e ferramental (KRUGLIANSKAS, 1993). Verifica-se, também, que no início do desenvolvimento do projeto o modelo simultâneo exige um maior investimento de recursos.

Finalizando as comparações entre os modelos simultâneo e seqüencial será feita uma comparação de lucros / perdas ao longo do tempo entre estes modelos, conforme figura 3.5.

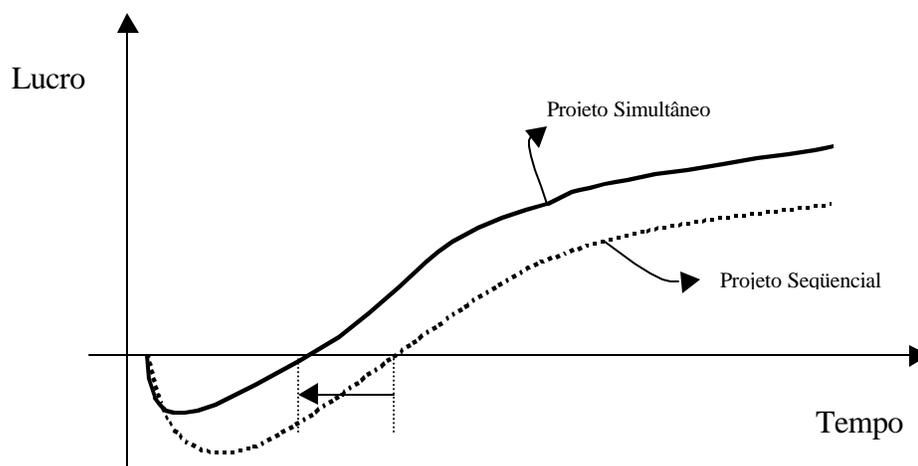


Figura 3.5 – Comparação de perdas / lucros ao longo do tempo entre projetos simultâneos e seriais (LESSA et al, 1999).

Percebe-se através deste gráfico que o projeto realizado pelo modelo simultâneo permite a antecipação do ponto de equilíbrio, minimizando as perdas e maximizando os lucros (LESSA et al , 1999).

Feitas estas considerações, constata-se que o modelo simultâneo apresenta várias vantagens em relação ao modelo seqüencial tradicional, tornando assim vantajosa a implantação da Engenharia Simultânea.

Preliminarmente à fase de implantação do modelo simultâneo, será discutido no próximo item o conceito de Força – Tarefa.

3.1.2.3 – Força – Tarefa

A força-tarefa é caracterizada por CASAROTTO FILHO et al (1999, p.114) como sendo “uma auto-organização específica para o projeto”. Nesta força-tarefa estariam todos os elementos envolvidos no desenvolvimento do produto, visando a uma maior integração e solução mais rápida de problemas.

Para JUNQUEIRA (1994), a força-tarefa que ele denominou de equipe de projeto é o cerne na Engenharia Simultânea, sendo responsável pelo desenvolvimento do projeto, desde a fase de concepção até a fase de produção na obra. Para a formação destas equipes de projeto, deverão ser escolhidos técnicos das diversas áreas, tais como: comercial, suprimentos, desenvolvimento de produtos, industrial, qualidade e processos industriais.

MELHADO (1994, p.188) descreve a força-tarefa como sendo uma equipe multidisciplinar que “deve seguir a orientação do coordenador do projeto – o qual, ligado ao empreendedor, seguirá as diretrizes de projeto da empresa e estará atento às exigências constantes de legislações e normas aplicáveis a cada caso”. O mesmo autor apresentou uma proposta para estruturação desta equipe multidisciplinar de projeto, a qual está expressa na figura 2.10, no item 2.3.8 deste trabalho.

Feita esta descrição sobre força-tarefa, o passo seguinte para implantação da Engenharia Simultânea será o conhecimento dos seus elementos básicos, que será realizado no próximo item.

3.1.2.4 – Elementos Básicos da Engenharia Simultânea

Embora não haja um consenso sobre a fundamentação da Engenharia Simultânea, será discutido a seguir o ponto de vista de alguns autores.

FABRICIO (1997) elaborou uma síntese dos elementos básicos da Engenharia Simultânea, segundo vários autores, com base na revisão bibliográfica elaborada por JUNQUEIRA (1994). Esta síntese está ilustrada na tabela 3.2.

MUNIZ JUNIOR et al (1996) entendem que quatro elementos são fundamentais para a implantação da Engenharia Simultânea, quais sejam:

- Processo de Desenvolvimento: deve existir um processo formalizado no qual todos os envolvidos devem se comunicar, planejar e programar, propiciando assim condições para a eliminação de barreiras entre departamentos;
- Estrutura Organizacional: estruturas de administração de programas são interpretadas como um elemento chave do balanço organizacional e este balanço tem de ser alcançado ao se comprometer com a Engenharia Simultânea;
- Time / Equipe: tem um papel marcante na promoção da Engenharia Simultânea, pois ocorre uma complementação de habilidades dos membros proporcionando melhorias ao processo;
- Ferramentas: o uso de ferramentas analíticas colaboram para solucionar problemas de manufaturabilidade.

Tabela 3.2 – Elementos básicos da Engenharia Simultânea segundo vários autores (FABRICIO, 1997, adaptado de JUNQUEIRA, 1994).

AUTOR	ELEMENTOS DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA
EVANS (1988), ALLEN (1989), FOREMAN (1989), GARRET (1990)	- projeto simultâneo do produto e do processo
DIERDONCK (1990)	<ul style="list-style-type: none"> - sobreposição de atividades durante o projeto como um catalisador da solução de problemas de processo; - substituição da comunicação em blocos pela comunicação em diálogos interativos mais eficaz e poupadora de tempo na troca de informações; - criação de estrutura de projetos multidisciplinares; - quebra de barreiras departamentais – visão interdepartamental para o projeto; - conscientização das pessoas na empresa sobre o papel do desenvolvimento do produto sobre a competitividade.
HARTLEY (1990)	<ul style="list-style-type: none"> - equipes multidisciplinares de projeto; - definição dos produtos focando os consumidores; - desenvolvimento simultâneo do produto e do processo de manufatura, controles da qualidade e marketing.
COFFMAN (1987)	<ul style="list-style-type: none"> - projeto para manufatura e montagem ainda na fase de projeto do produto; - formação de equipes multidisciplinares; - definição de um responsável pela coordenação de todo o processo de desenvolvimento do produto.
McHUGH; WILSON (1989)	<ul style="list-style-type: none"> - foco no atendimento às necessidades dos clientes internos e externos; - realização de projetos para o processo DFM; - organização voltada para realização de atividades em paralelo.
CHAMBERLAIN (1991)	<ul style="list-style-type: none"> - definição das metas de projeto; - trabalho em equipe; - desenvolvimento em paralelo de atividades; - padronização de projetos; - gerenciamento do processo de projeto.

Para JUNQUEIRA (1994), os elementos básicos da Engenharia Simultânea são:

- Desenvolvimento Simultâneo e Fluxo Paralelo: ocorre o desenvolvimento simultâneo do projeto do produto e do projeto do processo de produção acarretando melhoria na qualidade do processo, simplificação do fluxo do processo de desenvolvimento e redução do tempo de ciclo e do custo total;
- Equipe Multidisciplinar de Projeto: como já foi dito, é o cerne da Engenharia Simultânea, pois é o meio onde se viabilizarão os elementos envolvidos;
- Gerente de Projeto: é um elemento muito importante, pois proporcionará a integração das funções, gerenciando toda a equipe multidisciplinar e assegurando a qualidade do projeto durante o processo;
- Utilização das Ferramentas da Engenharia Simultânea no momento certo: deve-se utilizar as ferramentas mais apropriadas à Engenharia Simultânea e no momento indicado, para evitar não-conformidades.

Observa-se nas considerações apresentadas que os elementos: processamento paralelo, equipe multidisciplinar e coordenação de projetos são os mais citados, caracterizando assim a importância desses elementos para a Engenharia Simultânea.

Concluída essa discussão sobre os elementos básicos da Engenharia Simultânea, pode-se agora discorrer sobre as condições para a implantação da Engenharia Simultânea, o que será feito no item seguinte.

3.1.2.5 – Aspectos para Implantação da Engenharia Simultânea

Diversos aspectos devem ser levados em consideração para a implantação da Engenharia Simultânea em um processo organizacional. Alguns desses aspectos serão discutidos a seguir.

JUNQUEIRA (1994) a partir da revisão bibliográfica do seu trabalho, relacionou os seguintes aspectos para a implantação da Engenharia Simultânea:

- Comprometimento da alta – administração: é necessário o envolvimento total da alta administração e de seu comprometimento com o processo e os resultados;
- Estrutura organizacional: considera de uma forma genérica que a estrutura organizacional mais indicada para a Engenharia Simultânea é a estrutura matricial, com os projetos em uma dimensão e os departamentos funcionais na outra;

- Sistemática de informações: a solução de projeto depende da interação entre vários departamentos, assim é necessário extinguir as barreiras departamentais e melhorar a comunicação na organização;
- Capacitação dos envolvidos para a nova prática: deve ser realizado um treinamento nos conceitos e ferramentas em um primeiro momento para os principais envolvidos, e a seguir estender este treinamento a toda a organização.

Para FABRICIO & MELHADO (1998, p.457), “na configuração de um ambiente de Engenharia Simultânea, três aspectos se destacam como preponderantes”:

- Estrutura organizacional: esta estrutura deve ser pouco burocratizada, possuir uma sistemática de informações racionalizada, e privilegiar a formação de uma “rede” de projetistas associados à empresa, selecionados pela qualidade dos seus serviços e a disponibilidade em participar de trabalhos de longo prazo em equipe, permitindo assim a integração entre os participantes e a melhoria contínua dos processos;
- Sistemas de gestão da qualidade: a qualidade é hoje um elemento básico para a competitividade da empresa. Assim devem ser realizados programas comuns de melhoria de qualidade entre projetistas e construtora para melhoria dos projetos e empreendimentos;
- Tecnologia de informação: neste aspecto a informática se torna uma ferramenta imprescindível, pois facilita e agiliza a integração entre os participantes, possibilita a simulação das soluções propostas, permitindo assim a melhoria global do projeto.

Verifica-se uma concordância entre os aspectos apresentados por JUNQUEIRA (1994) e FABRICIO & MELHADO (1998) no que se refere a estrutura organizacional e sistemática de informações, realçando desta maneira estes aspectos.

Visualizados os aspectos para implantação da Engenharia Simultânea o próximo item discutirá as resistências que se apresentam à implantação deste modelo organizacional.

3.1.2.6 – Resistências apresentadas à implantação da Engenharia Simultânea

Em face da implantação da Engenharia Simultânea, mudanças estruturais e comportamentais deverão ocorrer na organização. Devido a essas mudanças, deverão surgir resistências à implantação da Engenharia Simultânea.

Segundo KRUGLIANSKAS (1993), a alteração organizacional devido à implantação da Engenharia Simultânea promove o aparecimento de resistências, mas que não chegam a comprometer o processo. Este autor, no seu trabalho de pesquisa, relacionou alguns fatores que ele considera primordiais como causadores das resistências à introdução da Engenharia Simultânea:

- perda de poder por parte dos chefes de unidades organizacionais, pela necessidade de dar maior autonomia ao grupo do projeto;
- insegurança dos técnicos que tiveram de mudar sua metodologia de trabalho;
- desconfiança, por parte das pessoas envolvidas, acerca das oportunidades de ascensão profissional ou, de forma oposta, das ameaças da perda de emprego;
- resistências decorrentes das alterações de atribuições funcionais que acarretam mudanças de *status*.

Para HARTLEY (1990), apud JUNQUEIRA (1994), o fator que opõe maior dificuldade à implantação da Engenharia Simultânea na organização é a mudança cultural relacionada a dois aspectos:

- alteração no comportamento dos envolvidos no tocante à qualidade e prioridades do negócio;
- transferência de poder suficiente para as equipes de projeto, diminuindo o poder dos departamentos funcionais.

Complementando os fatores apontados por KRUGLIANSKAS (1993) e por HARTLEY (1990) apud JUNQUEIRA (1994) particularmente nas micro e pequenas empresas da I.C.C.S.E., a introdução da Engenharia Simultânea na etapa de projetos poderá se deparar com um obstáculo que é a cultura tradicional no desenvolvimento de projetos, no qual cada profissional na sua especialidade desenvolve o seu trabalho isoladamente, não havendo uma coordenação e integração entre as diversas áreas. Conforme foi visto no item 3.1.2.4, dois elementos básicos para a implantação da Engenharia Simultânea é a formação de equipes multidisciplinares e a devida coordenação de projetos. Assim, poderão surgir resistências ao trabalho do coordenador, encarado como uma indevida intromissão, e dificuldades no trabalho em equipe devido à individualidade tradicional dos envolvidos.

Nota-se pelo exposto que deverão ser tomadas medidas preventivas para solucionar os problemas gerados pela implantação da Engenharia Simultânea. Algumas dessas medidas podem ser as que KRUGLIANSKAS (1993) indicou no seu trabalho:

- sensibilizar os agentes para a importância da implantação da Engenharia Simultânea na organização;
- esclarecer o alcance e conteúdo das inovações;
- fazer a capacitação dos participantes;
- ter o apoio e o envolvimento da alta – administração.

Feitas estas considerações sobre as resistências que se apresentam à implantação da Engenharia Simultânea e a adoção de medidas preventivas para solução desse problema, pode-se agora discorrer sobre as etapas para implantação da Engenharia Simultânea, o que será feito no próximo item.

3.1.2.7 – Etapas para Implantação da Engenharia Simultânea

Diversos pesquisadores fizeram sugestões para planos de implantação da Engenharia Simultânea em uma organização. Algumas dessas sugestões serão apresentadas a seguir.

CASAROTTO FILHO et al (1999) sugerem a implantação gradual da Engenharia Simultânea em três etapas:

- PRIMEIRA ETAPA – adoção das técnicas de gerência de projetos com a utilização de seus elementos básicos que são: a coordenação de projetos e o planejamento e controle integrados. É fundamental nessa etapa o uso de uma matriz tarefa x responsabilidade, na qual é feito o cruzamento do organograma do projeto com os departamentos e / ou empresas participantes, informando para cada agente envolvido a sua relação com o projeto. Os autores recomendam também a formação de um grupo *full-time* para assessorar o gerente de projeto nesta etapa;
- SEGUNDA ETAPA – fazer a ampliação do grupo *full-time* para o conceito de força-tarefa ou equipe multidisciplinar, contando com elementos de vários departamentos ou empresas envolvidas, obtendo assim uma maior integração e redução do prazo para tomada de decisões no processo de projeto;

- TERCEIRA ETAPA – utilizar o desenvolvimento simultâneo de tarefas. Para realização dessa etapa, os autores salientam que a equipe multidisciplinar tem que estar bem sintonizada entre si e com os departamentos funcionais ou empresas. Também é exigido o uso de ferramentas tipo o QFD para a concepção de produtos.

JUNQUEIRA (1994) em seu trabalho faz referência a vários autores que propuseram planos para implantação da Engenharia Simultânea, entre eles será destacado o de HARTLEY (1990) que propõe um plano composto do seqüenciamento de etapas que está representado na figura 3.6.

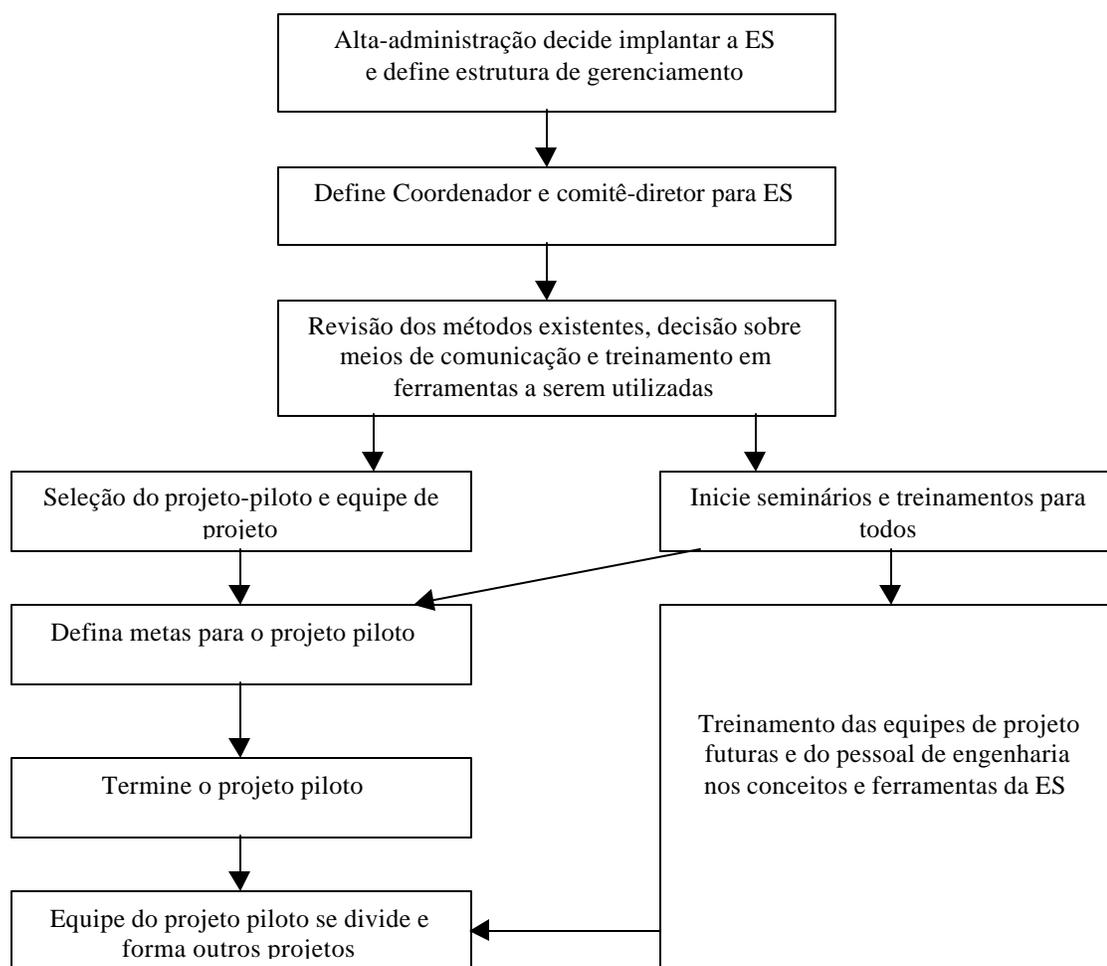


Figura 3.6 – Passos para implantação da Engenharia Simultânea (HARTLEY, 1990 apud JUNQUEIRA, 1994).

Além dos planos propostos por CASAROTTO FILHO et al (1999) e HARTLEY (1990) apud JUNQUEIRA (1994) vale salientar uma adaptação que MELHADO (1994) realizou em um plano, elaborado por FERREIRA (1993), para implantação de uma nova metodologia de projeto na indústria automobilística. O plano adaptado é composto dos seguintes passos:

- elaboração de um diagnóstico da empresa;
- definição de um cronograma e estabelecimento de objetivos para a fase inicial de implantação;
- seleção de participantes para a formação da equipe de projeto, bem como de seu coordenador;
- avaliação pela própria equipe e pelos seus clientes dos resultados obtidos e proposição de adaptações e mudanças em procedimentos de elaboração e de controle;
- consolidação dos procedimentos e critérios através da adoção de um manual da qualidade do projeto, definindo as características do processo, tanto para os setores internos quanto externamente à empresa.

Com base nos três planos apresentados será feita uma adaptação de um plano para implantação da Engenharia Simultânea que será utilizado na modelagem da compatibilização de projetos neste trabalho, levando em consideração as características da I.C.C.S.E.

A implantação da Engenharia Simultânea proposta por este trabalho será feita através da execução das seguintes etapas:

- a- definição da alta-administração em implantar o modelo simultâneo;
- b- elaboração de um diagnóstico do processo de projeto utilizado pela empresa;
- c- adoção das técnicas de gerência de projetos;
- d- definição dos participantes para a formação da equipe multidisciplinar de projeto, bem como o coordenador desta equipe;
- e- capacitação da equipe multidisciplinar de projeto nos conceitos e ferramentas da ES;
- f- utilização do desenvolvimento simultâneo de tarefas;
- g- avaliação dos resultados obtidos;
- h- consolidação dos procedimentos e critérios adotados.

Idealizado o plano para implantação da Engenharia Simultânea na fase de projeto, será feito no próximo item o desenvolvimento de ferramentas que serão utilizadas na modelagem da compatibilização de projeto.

3.1.2.8 – Desenvolvimento das ferramentas em ambiente de Engenharia Simultânea para serem utilizadas no processo de compatibilização de projetos

Considerando o plano para implantação do modelo simultâneo à fase de projeto idealizado no item anterior, serão desenvolvidas neste item as ferramentas com posterior utilização durante a implantação deste modelo. As ferramentas a serem trabalhadas serão: Organograma da Empresa, Estrutura Analítica de Projeto, Estrutura da Equipe Multidisciplinar, Matriz Tarefa x Responsabilidade, Registro de Informações de Projeto. Estas ferramentas serão analisadas a seguir.

-Organograma da Empresa: este instrumento será necessário para se conhecer a estrutura organizacional da empresa, com sua hierarquização, definição de departamentos, funções, conhecimentos esses necessários para implantação da Engenharia Simultânea. A figura 3.7 ilustra o organograma de uma empresa adaptado de MAXIMIANO (1995).

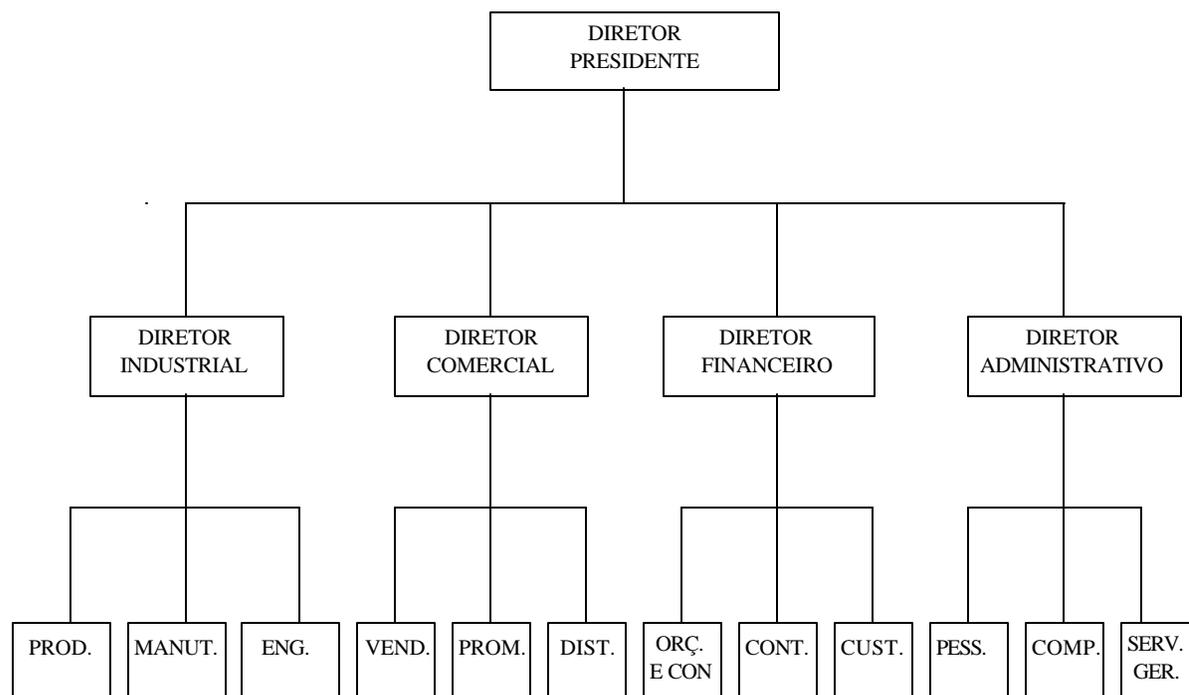


Figura 3.7 – Organograma de uma empresa, adaptado de MAXIMIANO (1995).

- Estrutura Analítica de Projeto: é uma ferramenta básica para a gerência de projetos, é também conhecida por Estrutura de Divisão do Trabalho, expressão originada do inglês *Work Breakdown Structure–WBS*. CASAROTTO FILHO et al (1999, p.54) a definem como “uma descrição gráfica do projeto, explodida em níveis até o grau de detalhamento necessário para permitir o planejamento e controle eficaz, considerando-se seus produtos finais (máquinas e equipamentos, serviços manuais, relatórios etc.) e também as atividades funcionais que devem ser executadas para a obtenção desses produtos”. Os mesmos autores indicam que a vantagem do uso deste instrumento está em reduzir a possibilidade de omissões e permitir a identificação e a eliminação de problemas potenciais em virtude da visualização de todos os elementos constituintes do projeto. A figura 3.8 apresenta um exemplo de EAP, adaptado de CASAROTTO FILHO et al (1999);

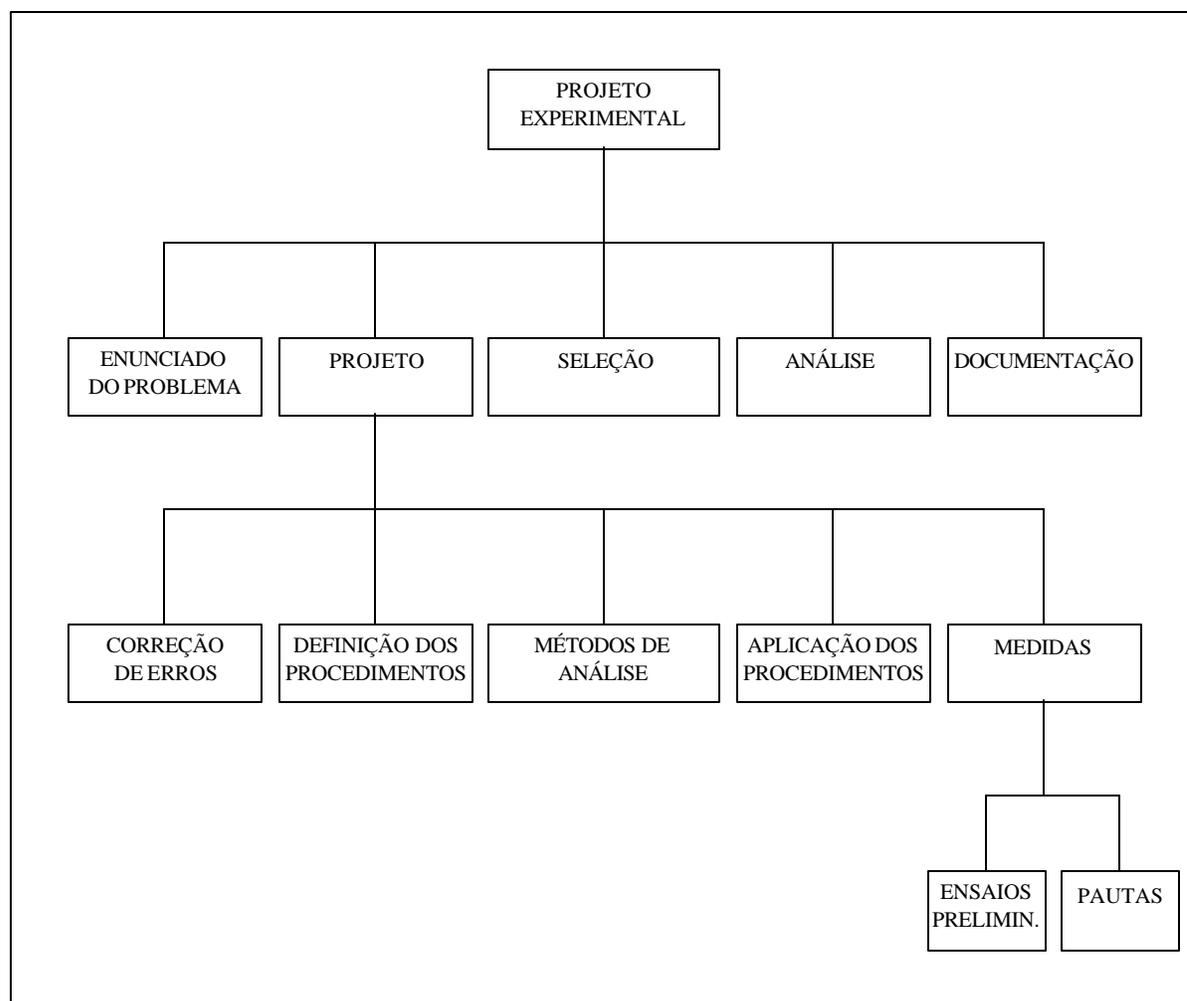


Figura 3.8 – Exemplo de EAP, adaptado de CASAROTTO FILHO et al (1999).

- Estrutura da Equipe Multidisciplinar: a estruturação da equipe de projeto terá como embasamento a visão sistêmica do projeto, proporcionando assim uma equipe formada por todos os agentes envolvidos no desenvolvimento de um projeto de edificações. Baseado na proposta de estruturação para equipe multidisciplinar feita por MELHADO (1994) que está ilustrada na figura 2.10, e das recomendações para mudança desta proposta feitas no item 2.3.8 deste trabalho, será feita uma adaptação desta proposta como recomendação para estruturação da equipe de projeto com vista para a implantação da Engenharia Simultânea. Esta adaptação da proposta de MELHADO (1994) está representada na figura 3.9.

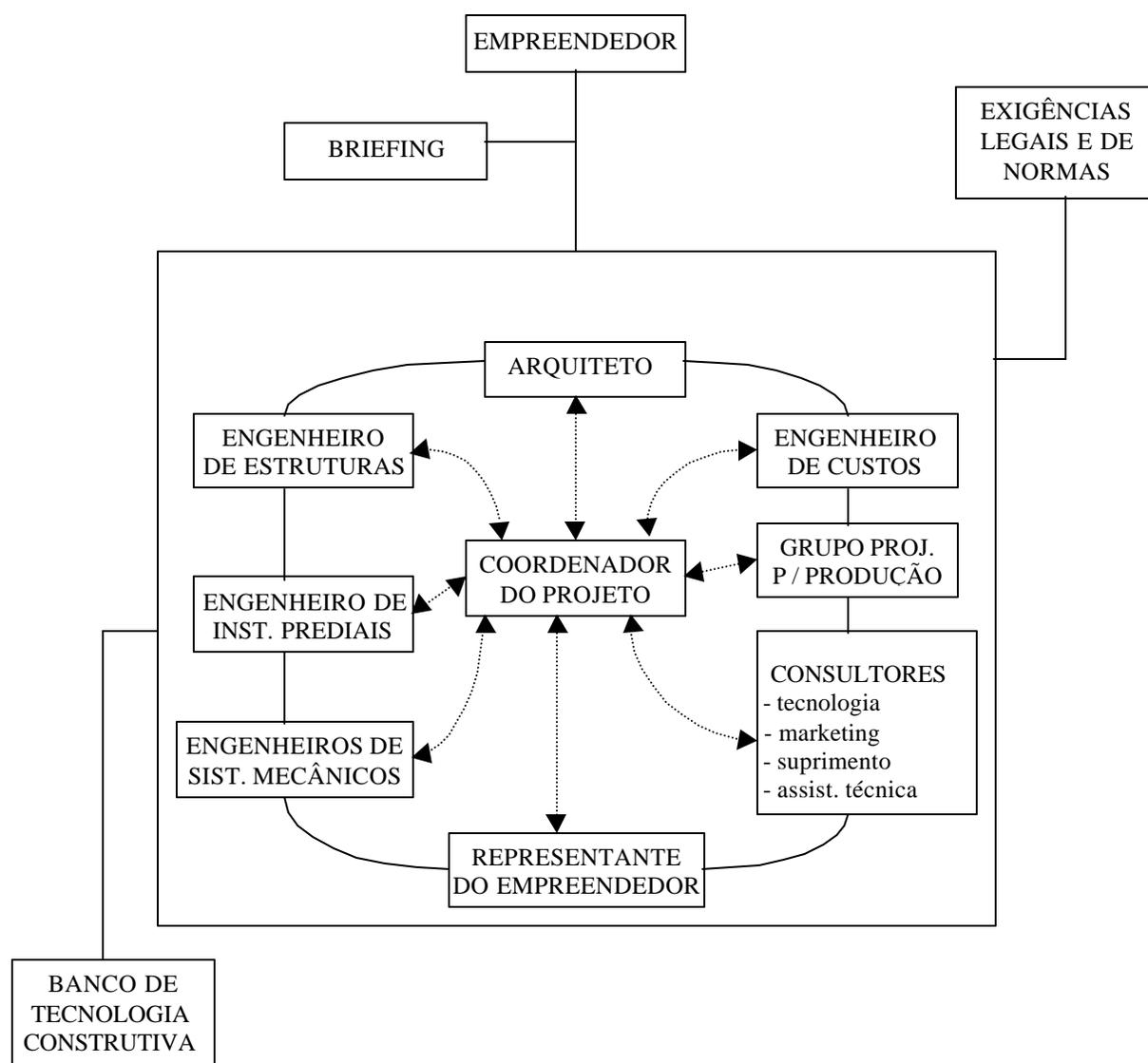


Figura 3.9 – Proposta para estruturação da equipe multidisciplinar de projeto, adaptada de MELHADO (1994).

Além das mudanças da proposta de MELHADO (1994), feitas no item 2.3.8, foi salientada nesta adaptação a presença de consultores das áreas de marketing, suprimentos e assistência técnica para propiciar uma maior participação dos agentes envolvidos com o projeto;

- Matriz Tarefa x Responsabilidade: de posse do organograma da empresa definido, da estrutura analítica de projeto detalhada e da equipe multidisciplinar estruturada pode-se agora determinar a Matriz Tarefa x Responsabilidade com base nestes três instrumentos anteriormente descritos. Esta matriz permite a visualização da relação entre os agentes envolvidos no desenvolvimento do projeto e as partes constituintes deste projeto. A figura 3.10 ilustra um exemplo de uma Matriz Tarefa x Responsabilidade fornecido por CASAROTTO FILHO et al (1999).

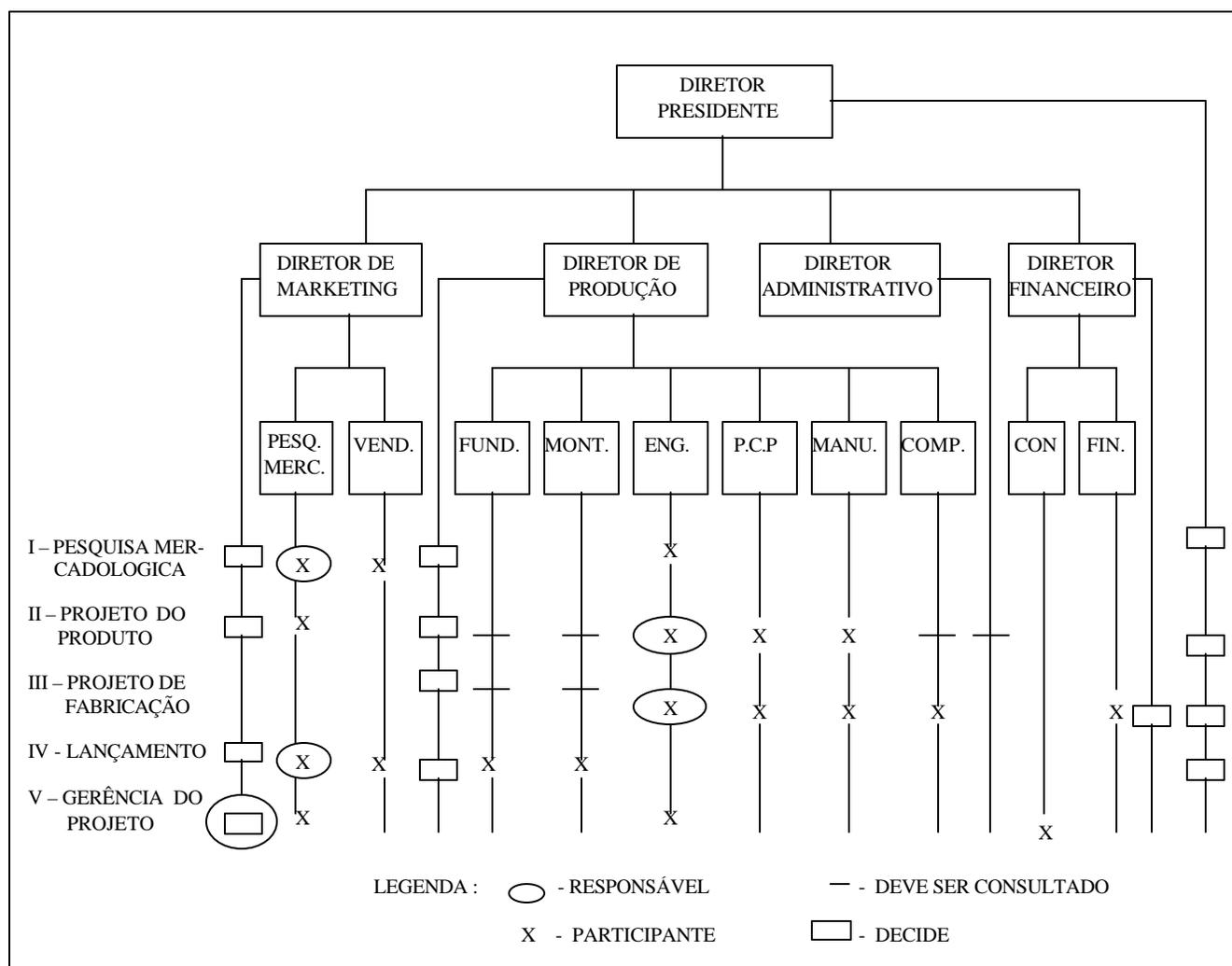


Figura 3.10 – Uma possível solução para a matriz tarefa x responsabilidade (CASAROTTO FILHO et al, 1999).

Conforme se observa, a relação entre cada agente envolvido e a parte do projeto é indicada através de uma legenda existente na Matriz Tarefa x Responsabilidade. Desta maneira fica bem definido pela Matriz quem é o responsável, quem participa, quem deve ser consultado e quem decide em cada parte do projeto. Então, com a utilização desta ferramenta fica bem caracterizada a função de cada membro da equipe multidisciplinar no desenvolvimento do projeto, evitando com isso conflitos que poderiam surgir;

- Registro de Envio e Recebimento de Informações de Projeto: este instrumento permitirá o controle e registro da grande quantidade de informações geradas durante o desenvolvimento do projeto, proporcionando uma maior facilidade para a compatibilização destes projetos. A figura 3.11 ilustra um modelo de formulário para registro de informação de projeto desenvolvido por JOBIM et al (1999), o qual será utilizado neste trabalho.

REGISTRO DE ENVIO E RECEBIMENTO DE INFORMAÇÕES DE PROJETO	
Descrição :	
Enviado por :	Data :
Forma de envio : Fax Correo Correo eletrônico Em mãos	
Recebido por :	Data :
Deve ser retornado ao remetente devidamente preenchido – Fax n ^o : Acuso o recebimento da documentação acima descrita.	

Assinatura	

Figura 3.11 – Formulário de Registro de Informações de Projeto (JOBIM et al, 1999).

O desenvolvimento destas cinco ferramentas: Organograma da Empresa, Estrutura Analítica de Projeto, Estrutura da Equipe Multidisciplinar, Matriz Tarefa x Responsabilidade e Registro de Informações de Projeto, todas desenvolvidas em ambiente de Engenharia Simultânea, deverá proporcionar melhorias ao processo de compatibilização de projetos. O uso dessas cinco ferramentas será feito no quarto capítulo, durante o desenvolvimento do modelo de compatibilização de projetos que será proposto neste trabalho.

Feita a análise do primeiro embasamento deste trabalho que é a Engenharia Simultânea, o próximo item destacará o segundo embasamento que é o FMEA – Análise dos Modos e Efeitos de Falhas.

3.2 – SEGUNDO EMBASAMENTO: FMEA – ANÁLISE DOS MODOS E EFEITOS DE FALHAS

Com o processo da globalização dos mercados, dois fatores apresentaram uma evolução bem acentuada, tornando-se estratégicos para as empresas, quais sejam: a Responsabilidade e a Confiabilidade (JUNQUEIRA, 1994; FREITAS & COLOSIMO, 1997).

A Responsabilidade caracterizada como a resposta rápida apresentada pela empresa aos anseios do cliente, especialmente na introdução de novos produtos, foi tratada no item 3.1 deste trabalho.

Já a Confiabilidade decorre do aumento da competitividade no mercado, ocasionando a geração de maiores exigências quanto à qualidade, obrigando assim as empresas para sobreviverem buscarem uma melhoria contínua. Segundo HELMAN & ANDERY (1995, p.6) esta “busca da melhoria contínua na empresa requer ir além da garantia de conformidade, atingir a denominada Garantia da Qualidade em sentido amplo, ou seja, entendida como um conjunto de ações planejadas e sistemáticas visando a gerar no cliente a confiança de que um determinado produto ou serviço poderá satisfazer suas exigências de qualidade”.

Esta busca da melhoria contínua também é destacada pela Norma NBR ISO 9001 (ABNT,1994, p.2), que “especifica requisitos de sistema da qualidade para uso onde há necessidade de demonstrar a capacidade do fornecedor para projetar e fornecer produtos conformes.

Os requisitos especificados destinam-se primordialmente à obtenção da satisfação do cliente pela prevenção de não-conformidades em todos os estágios desde o projeto até os serviços associados.”

Com base nestes objetivos, um dos itens especificados por esta Norma é a realização de análises críticas sistemáticas de projeto, identificando problemas e propondo ações de acompanhamento.

Verifica-se assim que no processo de projeto deverá existir um mecanismo para detecção de possíveis problemas e tratamento destes problemas, com o objetivo de assegurar a confiabilidade dos resultados. Esta confiabilidade será discutida no próximo item.

3.2.1 – Confiabilidade

Segundo JURAN & GRYNA (1991b, p.26), “confiabilidade é a probabilidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições estipuladas durante um determinado período de tempo”.

Para HELMAN & ANDERY (1995, p.14), “denomina-se confiabilidade a probabilidade de um determinado sistema (máquina, componente, aparelho, circuito, etc.) desempenhar sem falhas uma missão (função) durante um período determinado”.

Nota-se pelas definições citadas, a importância da confiabilidade para a empresa, já que está relacionada com a satisfação do cliente, pois os produtos são idealizados para atender requisitos que procuram traduzir os seus anseios.

PICCHI (1993) observa que a confiabilidade é definida como uma probabilidade, que depende do tempo, destacando a caracterização de três períodos para variação da taxa de falhas no tempo. Esta variação da taxa de falhas no tempo é ilustrada na figura 3.12.

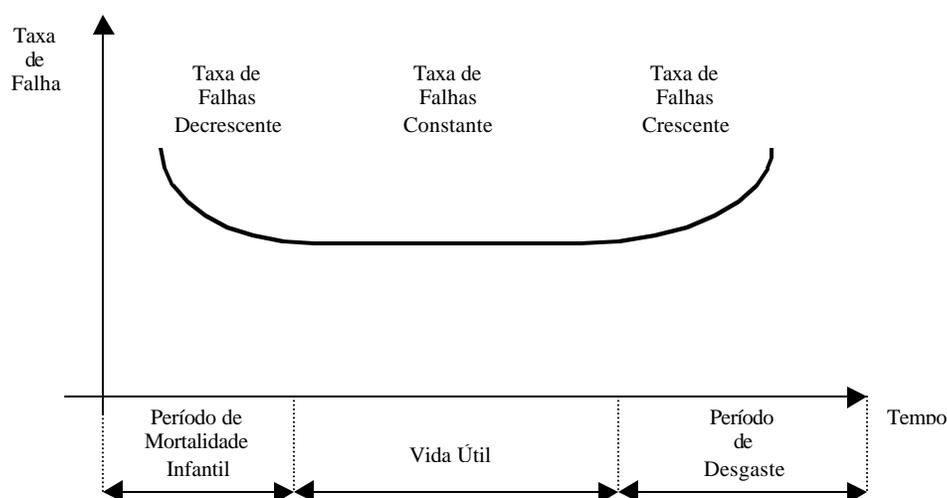


Figura 3.12 – Variação da taxa de falhas com o tempo – “Curva da banheira” (SINHA & WILLBORN, 1985, apud PICCHI, 1993).

Observando o gráfico notam-se os três períodos característicos da variação da taxa de falhas, no tempo, destacados por PICCHI (1993):

- período de mortalidade infantil – neste período inicial de utilização, normalmente ocorrem falhas precoces oriundas de deficiências de materiais, processos e montagem;
- período da vida útil – no decorrer da vida útil do sistema, há uma ocorrência aleatória de falhas, conhecidas como falhas casuais. Este é o período de maior interesse dos estudos de confiabilidade;
- período de desgaste – neste período a taxa de falhas cresce, diminuindo consideravelmente a probabilidade de um sistema sobreviver, mantendo seu desempenho.

Assim dada a importância da confiabilidade para a empresa, deverão ser criados mecanismos para previsão de falhas e adoção de medidas preventivas para as mesmas, desde a etapa de projeto até a fase de execução do empreendimento (HELMAN & ANDERY, 1995). O próximo item analisará estes mecanismos de análise de falhas.

3.2.2 – Mecanismos de Análise de Falhas

FREITAS & COLOSIMO (1997) apresentam quatro ferramentas para a análise de falhas, quais sejam: FMEA - *Failure Mode and Effect Analysis* ou Análise do Modo e Efeito de Falhas, FTA - *Fault Tree Analysis* ou Análise da Árvore de Falhas, Análise de Tempo de Falha e Testes de Vida Acelerados.

Neste trabalho serão analisadas apenas duas destas ferramentas: FMEA e FTA.

Segundo HELMAN & ANDERY (1995) estes métodos FMEA e FTA possibilitam melhorias nos sistemas, mediante a detecção de pontos problemáticos, relacionando as falhas nos elementos do sub-sistema com suas conseqüências no sistema como um todo, e são aplicáveis nas seguintes situações:

- na melhoria de um produto já existente ou processo já em operação, a partir da identificação das causas das falhas ocorridas e seu posterior bloqueio;
- na detecção e bloqueio de causas de falhas potenciais (antes que aconteçam) em produtos ou processos já em operação;
- na detecção e bloqueio das causas de falhas potenciais (antes que aconteçam) em produtos ou processos, ainda na fase de projeto.

A comparação entre estes dois métodos em termos de objetivo, procedimento e característica básica foi feita por HELMAN & ANDERY (1995) e está ilustrada na figura 3.13.

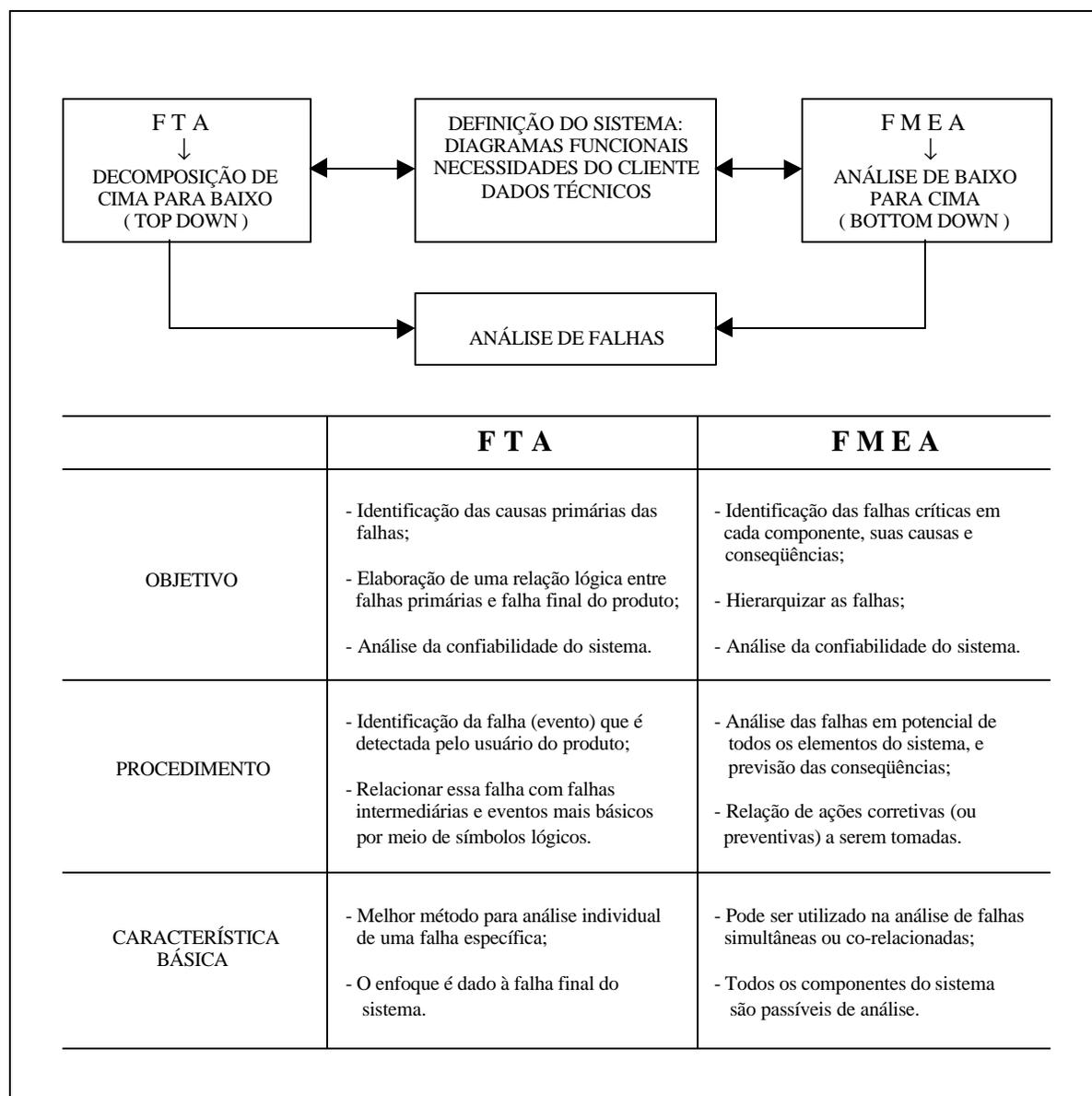


Figura 3.13 – Comparação entre FTA e FMEA (HELMAN & ANDERY, 1995).

Pelo quadro comparativo ilustrado na figura 3.13, percebe-se que o FMEA apresenta vantagens em relação ao FTA, tais como análise das falhas em potencial, e análise de falhas co-relacionadas. Assim, para a utilização como ferramenta auxiliar na compatibilização das disciplinas do projeto o método FMEA é o mais indicado, pois possibilitará ações preventivas a estas falhas em potencial e co-relacionadas, proporcionando assim melhorias ao processo de projeto. Desta maneira, a partir do próximo item será discutido apenas o método FMEA.

3.2.3 – Método FMEA – Análise dos Modos e Efeitos de Falhas

De acordo com VANNI et al (1999, p.7), “FMEA é um método de análise estruturada, formalmente documentada para servir também como uma auditoria ao projeto do produto ou processo. Seu objetivo básico é identificar todos os possíveis modos potenciais de falha (problemas que ainda não aconteceram mas, como mencionado anteriormente, estão embutidos nos distintos projetos) suas causas básicas, seus efeitos, e qual o impacto desses efeitos no produto final, mediante um raciocínio basicamente dedutivo”.

O desenvolvimento do método FMEA, segundo HELMAN & ANDERY (1998) citados por VANNI et al (1999), permite:

- identificar o potencial de falha de cada etapa e avaliar a sua repercussão no processo, encarado de maneira global e sistêmica;
- hierarquizar as falhas, pela determinação de um índice de risco atribuído a cada uma destas falhas;
- documentar o trabalho de garantia de qualidade em projetos.

Desta maneira, a inserção deste mecanismo FMEA no processo de projeto possibilitará um crescimento na confiabilidade deste processo. Será analisada no item seguinte a introdução do FMEA no processo de projeto.

3.2.3.1 – Procedimentos para utilização do Método FMEA

Entre vários autores que descreveram os procedimentos para utilização do método FMEA, neste trabalho será destacada a sistematização da técnica FMEA feita por CARVALHO JUNIOR & ANDERY (1998), cuja transcrição é a seguinte:

- a) identificar as relações entre as falhas, suas causas e seus efeitos, para cada tarefa do processo de execução;
- b) estabelecer índices que avaliem a probabilidade de ocorrência da falha, a gravidade de seus efeitos e a capacidade de detectá-los e bloqueá-los antes de serem percebidos pelos clientes;
- c) determinar o produto desses três índices para obter o “índice de risco” das falhas;
- d) estabelecer ações preventivas, como contramedidas a essas falhas potenciais.

Este seqüenciamento é sistematizado com a utilização de formulários apropriados. Existem diversas alternativas para estes formulários, neste trabalho foi destacado o modelo proposto

por CYMBALISTA (1992) apud FREITAS & COLOSIMO (1997) que está representado na figura 3.14 a seguir.

		FMEA – ANÁLISE DO MODO E EFEITO DE FALHAS						DIVISÃO											
		<input type="checkbox"/> PROJETO		<input type="checkbox"/> PROCESSO		FOLHA													
CLIENTE		APLICAÇÃO		AREAS ENVOLVIDAS		DATA DA ELABORAÇÃO													
DATA ULT .VER. PROJ		PRODUTO/PROCESSO		FORNECEDOR		DATA DA PRÓX. REVISÃO													
ITEM	NOME COMPONENTE/PROCESS	FUNÇÃO COMPONENTE/PROCESS	FALHAS POSSÍVEIS			ATUAL				AÇÃO		RESULTADO							
						MODO	EFEITO	CAUSA	CONTR. ATUAIS	INDICES				RECOM	TOM.	IND. REVISTO			
			O	G	D					R	O	G	D			R			
PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA			GRAVIDADE			DETECÇÃO				RÍSCO									
IMPROVÁVEL-----=1 MUITO PEQUENA-----=2 a 3 MODERADA-----=4 a 6 ALTA-----=7 a 8 ALARMANTE-----=9 a 10			APENAS PERCEPTIVEL-----=1 POUCA IMPORTÂNCIA----- =2 a 3 MODERADAMENTE GRAVE--= 4 a 6 GRAVE-----= 7 a 8 EXTRAMAMENTE GRAVE---= 9 a 10			ALTA-----=1 MODERADA----=2 a 3 PEQUENA-----=4 a 6 MUITO PEQUENA = 9 IMPROVÁVEL-----=10				BAIXO-----= 1 a 135 MODERADO= 135 a 500 ALTO-----= 501 a 1000									

Figura 3.14 – Forma Geral de um Formulário utilizado para a FMEA (CYMBALISTA, 1992 apud FREITAS & COLOSIMO, 1997).

Baseado no sequenciamento da técnica FMEA apresentada anteriormente, serão desenvolvidos no próximo item, formulários para serem utilizados no método FMEA a ser implantado no processo de compatibilização de projetos a ser proposto por este trabalho.

3.2.3.2 – Desenvolvimento de Instrumentos para utilização na Análise de Falhas no Processo de Compatibilização de Projetos

O primeiro instrumento a ser desenvolvido será uma matriz de correlação entre as disciplinas do projeto, conforme ilustrado na figura 3.15.

PARTES DO PROJETO	PARTES DO PROJETO															
	PA	PE	PIE	PIT	PIH	PIS	PSE	PCA	PPF	PPI	PPC	PPV	PPR	CE	ORÇ	
PROJ. ARQUITETÔNICO (PA)																
PROJ. ESTRUTURAL (PE)																
PROJ. INST. ELET. (PIE)																
PROJ. INST. TELEF. (PIT)																
PROJ. INST. HID. (PIH)																
PROJ. INST. SANIT. (PIS)																
PROJ. SIST. ELEV. (PSE)																
PROJ. SIST. COND. AR (PCA)																
PROJ. PROD. FORMA (PPF)																
PROJ. PROD. IMPERM. (PPI)																
PROJ. PROD. CANT. (PPC)																
PROJ. PROD. VED. (PPV)																
PROJ. PROD. REV. FAC. (PPR)																
CADERN. DE ENCARG (CE)																
ORÇAMENTO (ORÇ)																

Figura 3.15 – Matriz de correlação entre as disciplinas de projeto.

Através desta matriz de correlação entre as disciplinas do projeto, podem ser feitas correlações entre pares de disciplinas tipo Projeto de Arquitetura x Projeto Estrutural, Projeto de Instalação Elétrica x Projeto de Sistemas Mecânicos de Elevadores, etc..

Nestas correlações serão levantados problemas potenciais para serem tratados, e também se fará uma hierarquização dos pares de correlações, onde as correlações mais fortes serão as primeiras analisadas.

O levantamento destes possíveis problemas será feito através de listas de verificação, cujo modelo está ilustrado na figura 3.16.

LISTA DE VERIFICAÇÃO DOS MODOS DE FALHAS POTENCIAIS	
EMPREENDIMENTO :	
ENDEREÇO :	
DISCIPLINAS CORRELACIONADAS :	_____ X _____
MODOS DE FALHAS POTENCIAIS :	1 - 2 - 3 - 4 - 5 -
PROFISSIONAIS PARTICIPANTES :	1 - 2 - 3 - 4 -
DATA DA REALIZAÇÃO :	___/___/___

Figura 3.16 – Lista de Verificação dos Modos de Falhas Potenciais.

Definida a planilha para o levantamento dos Modos de Falhas Potenciais, o passo seguinte é desenvolver uma planilha para a análise de cada Modo de Falha Potencial. Esta planilha será desenvolvida através de uma adaptação de CYMBALISTA (1992) apud FREITAS & COLOSIMO (1997), e CARVALHO JR & ANDERY (1998), e está ilustrada na figura 3.17.

FMEA – ANÁLISE DOS MODOS E EFEITOS DE FALHAS												
			<input type="checkbox"/> PROJETO DO PRODUTO		<input type="checkbox"/> PROJETO DO PROCESSO							
EMPREENDIMENTO :			DISCIPLINAS CORRELACIONADAS :				FOLHA :					
ENDEREÇO :			_____ X _____				DATA :					
ITEM	ETAPA	FALHAS POSSÍVEIS			INDICES				CONTROLE	AÇÃO CORRETIVA		
		MODO	CAUSA	EFEITO	O	G	D	R				

Figura 3.17 – Formulário FMEA adaptado de CYMBALISTA (1992) apud FREITAS & COLOSIMO (1997) e CARVALHO JR & ANDERY (1998).

Para implantação das medidas recomendadas no Formulário FMEA definido anteriormente se utilizará um quadro 5W-1H, cujo modelo está apresentado na figura 3.18.

QUADRO 5W – 1H					
PROJETO DO PRODUTO			PROJETO DO PROCESSO		
EMPREENHIMENTO:		DISCIPLINAS CORRELACIONADAS:		FOLHA :	
ENDERECO:		_____ X _____		DATA :	
WHAT (O QUE)	WHO (QUEM)	WHEN (PRAZO)	WHERE (LOCAL)	WHY (POR QUE)	HOW (COMO)

Figura 3.18 – Quadro 5W – 1H.

Através deste quadro (figura 3.18) será determinado o plano de ação para implantação das medidas recomendadas pelo Formulário FMEA, esperando-se com esses procedimentos melhorias no processo de projeto de edificações.

3.3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE O CAPÍTULO

Com a evolução do processo de globalização dos mercados, houve a inserção de fatores de competitividade que antes não existiam, tais como a Responsabilidade e a Confiabilidade. Fatores esses que se tornaram estratégicos para a sobrevivência das empresas.

Neste capítulo foram desenvolvidas duas técnicas: a Engenharia Simultânea como resposta ao fator de Responsabilidade e a FMEA – Análise dos Modos e Efeitos de Falhas para atender ao fator de Confiabilidade.

Espera-se que a implementação destas técnicas ao processo de compatibilização de projetos produza melhorias de qualidade no processo de projeto na I.C.C.S.E.

O próximo capítulo tratará do desenvolvimento do modelo de compatibilização de projeto, que utilizará as técnicas desenvolvidas neste capítulo.

CAPÍTULO 4 – DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE COMPATIBILIZAÇÃO DAS INTERFACES ENTRE DISCIPLINAS DO PROJETO

Neste capítulo será desenvolvido o modelo de compatibilização das interfaces entre disciplinas do projeto, na I.C.C.S.E para pequenas construtoras, fundamentado nos embasamentos teóricos Engenharia Simultânea e FMEA, que foram analisados no Capítulo 3.

No início será feita a definição dos fluxos do processo de projeto que serão utilizados no presente trabalho. Definidos os fluxos do processo de projeto, se fará então a modelagem do processo de compatibilização das interfaces entre especialidades do projeto de edificações.

4.1 - DESENVOLVIMENTO DO PROCESSO DE PROJETO DE EDIFICAÇÕES

Com o objetivo de detalhar o desenvolvimento do processo de projeto na I.C.C.S.E. para pequenas construtoras, serão definidos a seguir os fluxos deste processo.

Para o detalhamento do desenvolvimento do processo de projeto, optou-se neste trabalho pela divisão do fluxo do processo em duas partes: um macrofluxo do processo de projeto para se ter uma visão sistêmica de todo o processo e um fluxograma do processo enfocando especificamente as etapas básicas do processo do projeto.

4.1.1 – Macrofluxo do Processo de Projeto

Baseado em MELHADO (1994), SEBRAE / SINDUSCON-PR (1995), NOVAES (1996), JOBIM et al (1999) e DIAS & SILVA (2000), será detalhado a seguir um macrofluxo do desenvolvimento do processo de projeto de edificações com a finalidade de fornecer uma visão sistêmica de todo o processo.

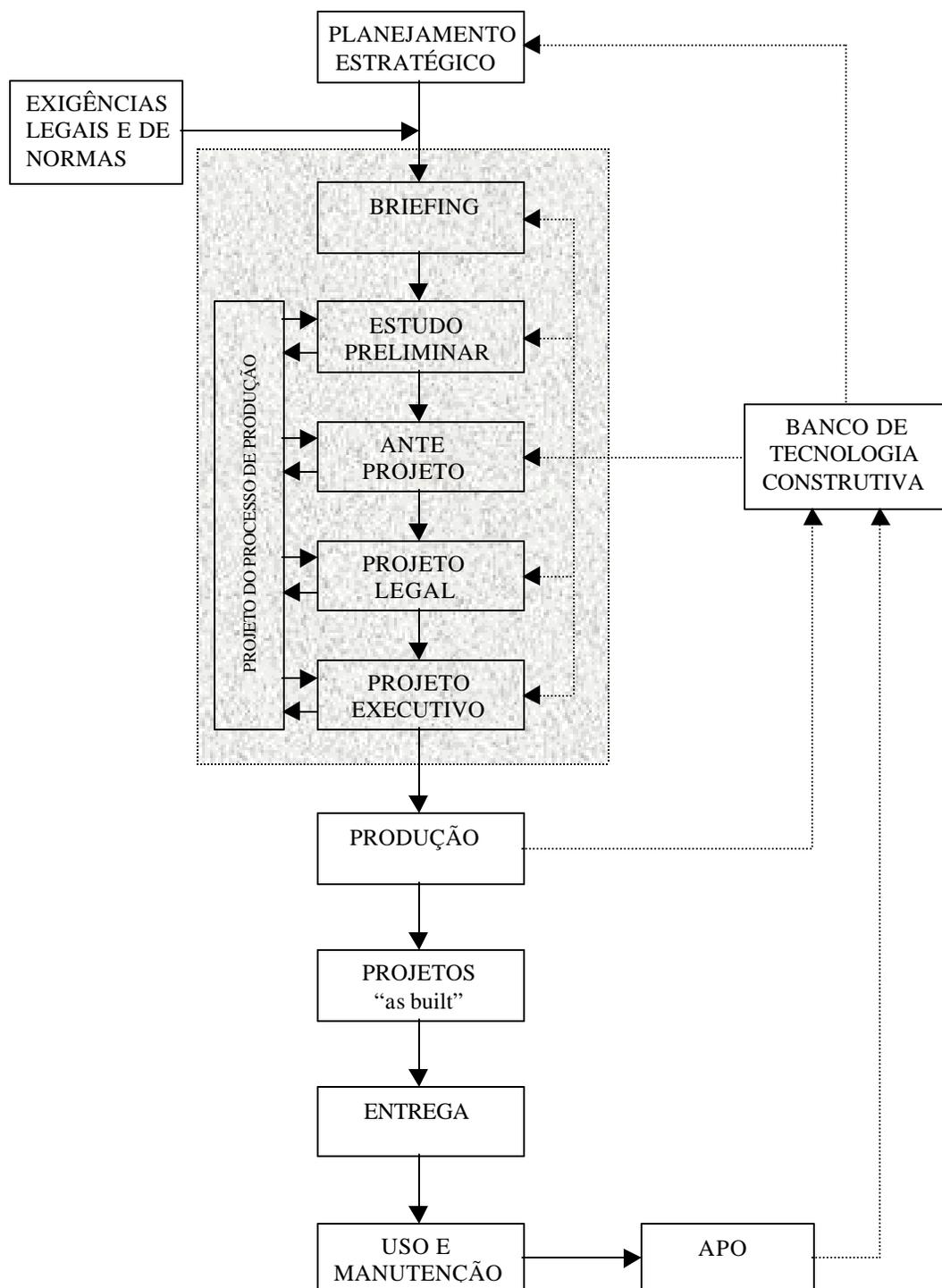


Figura 4.1 – Macrofluxo do Processo de Projeto.

No detalhamento deste macrofluxo do processo de projeto (figura 4.1) considerou-se que do planejamento estratégico do empreendimento é feita a idealização do produto e juntamente com as exigências legais e de normas e do conjunto de informações do *Briefing* (necessidades do cliente, dados imobiliários, condicionantes do projeto) irão condicionar o desenvolvimento dos projetos do produto (estudo preliminar, anteprojeto, projeto legal, projeto executivo) e projeto do processo da produção (seleção da tecnologia construtiva, projeto para produção e planejamento da produção).

Com os projetos do produto e do processo concluídos, deve-se iniciar a etapa da produção da edificação. Nesta fase geralmente são detectadas não-conformidades oriundas dos projetos, devendo estas não-conformidades serem solucionadas e registradas em um Banco de Tecnologia Construtiva, com a devida atualização dos projetos e confecção dos projetos *as built*. Estes projetos *as built* juntamente com o manual do usuário devem ser fornecidos ao usuário no ato da entrega da edificação.

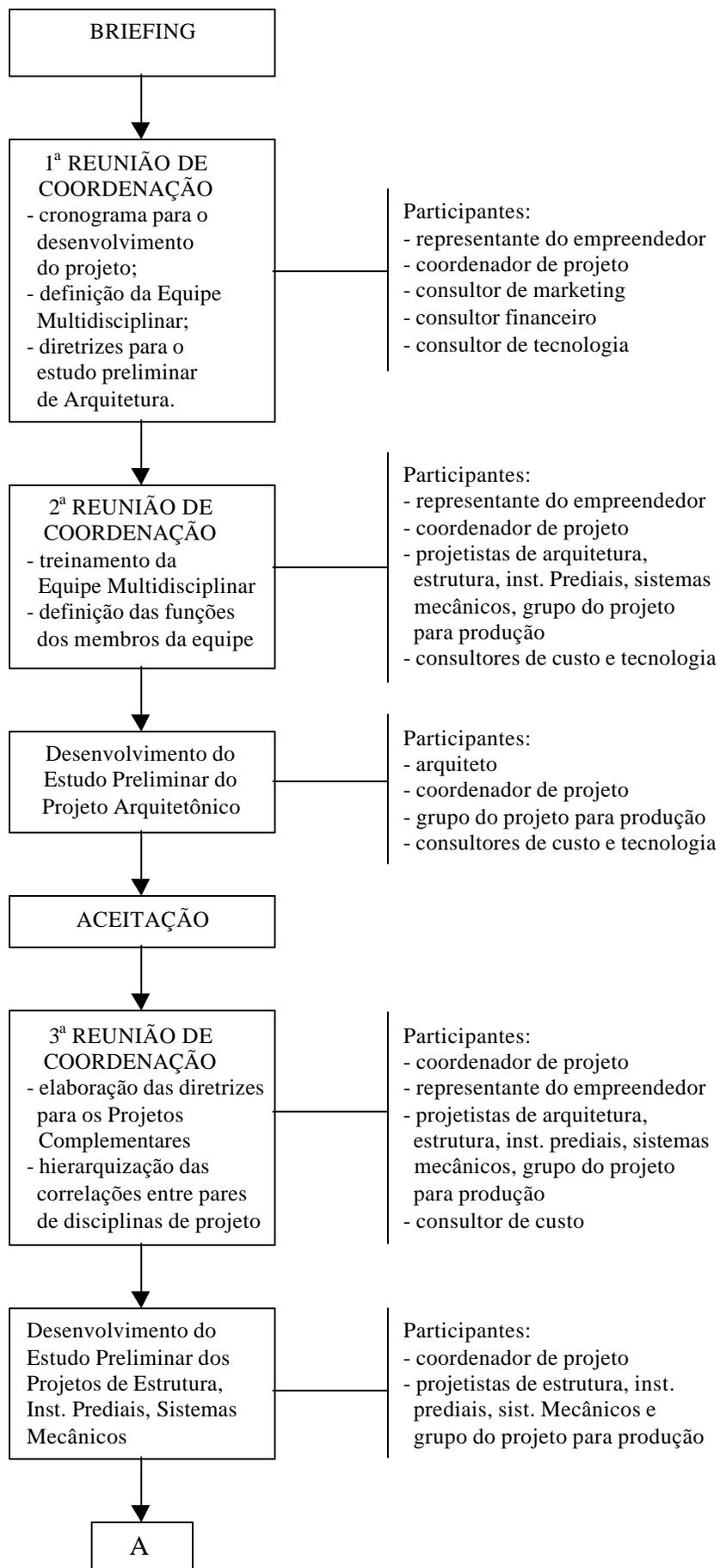
Durante o período de uso e manutenção deve-se realizar uma APO-Avaliação Pós-Ocupação para obtenção de dados (satisfação do cliente, desempenho dos elementos da edificação em termos de durabilidade, funcionalidade, habitabilidade etc.). Esses dados também irão ser registrados no Banco de Tecnologia Construtiva.

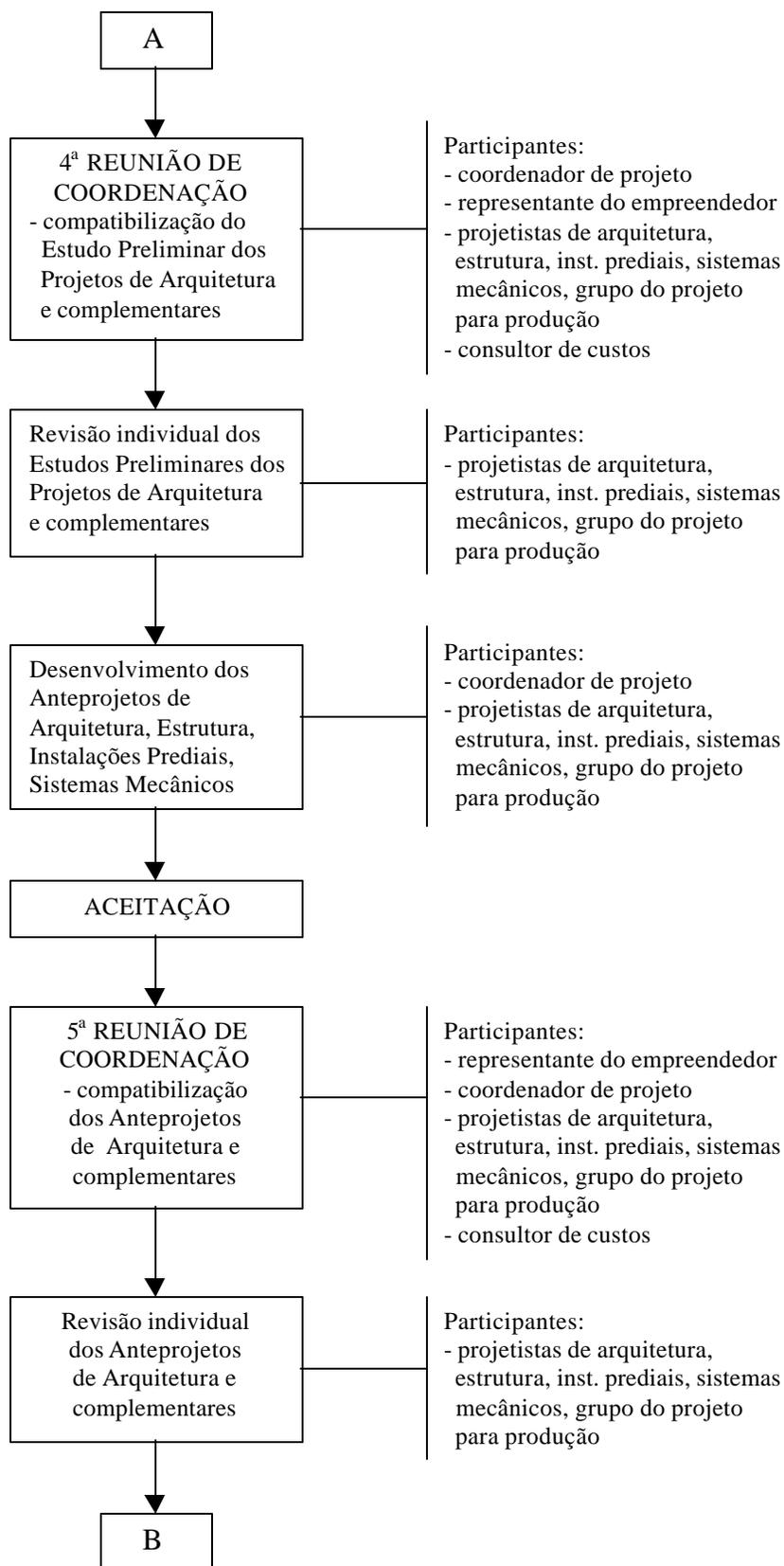
Os dados armazenados no Banco de Tecnologia Construtiva irão subsidiar as decisões a serem tomadas no Planejamento Estratégico e nas etapas do projeto do produto e do processo de produção de novos projetos.

Com a visão sistêmica do processo de projeto de edificações formada, pode-se agora desenvolver o fluxograma das etapas básicas (área hachureada da figura 4.1) do processo de projeto, o que será feito no próximo item.

4.1.2 – Fluxograma do Desenvolvimento do Processo de Projeto

Com base nos autores MELHADO (1994), SEBRAE / SINDUSCON - PR (1995), NOVAES (1996), JOBIM et al (1999) e DIAS & SILVA (2000), se fará a seguir um detalhamento do fluxograma do desenvolvimento do processo de projeto de edificação, no qual será inserido o processo de compatibilização das interfaces das disciplinas do projeto.





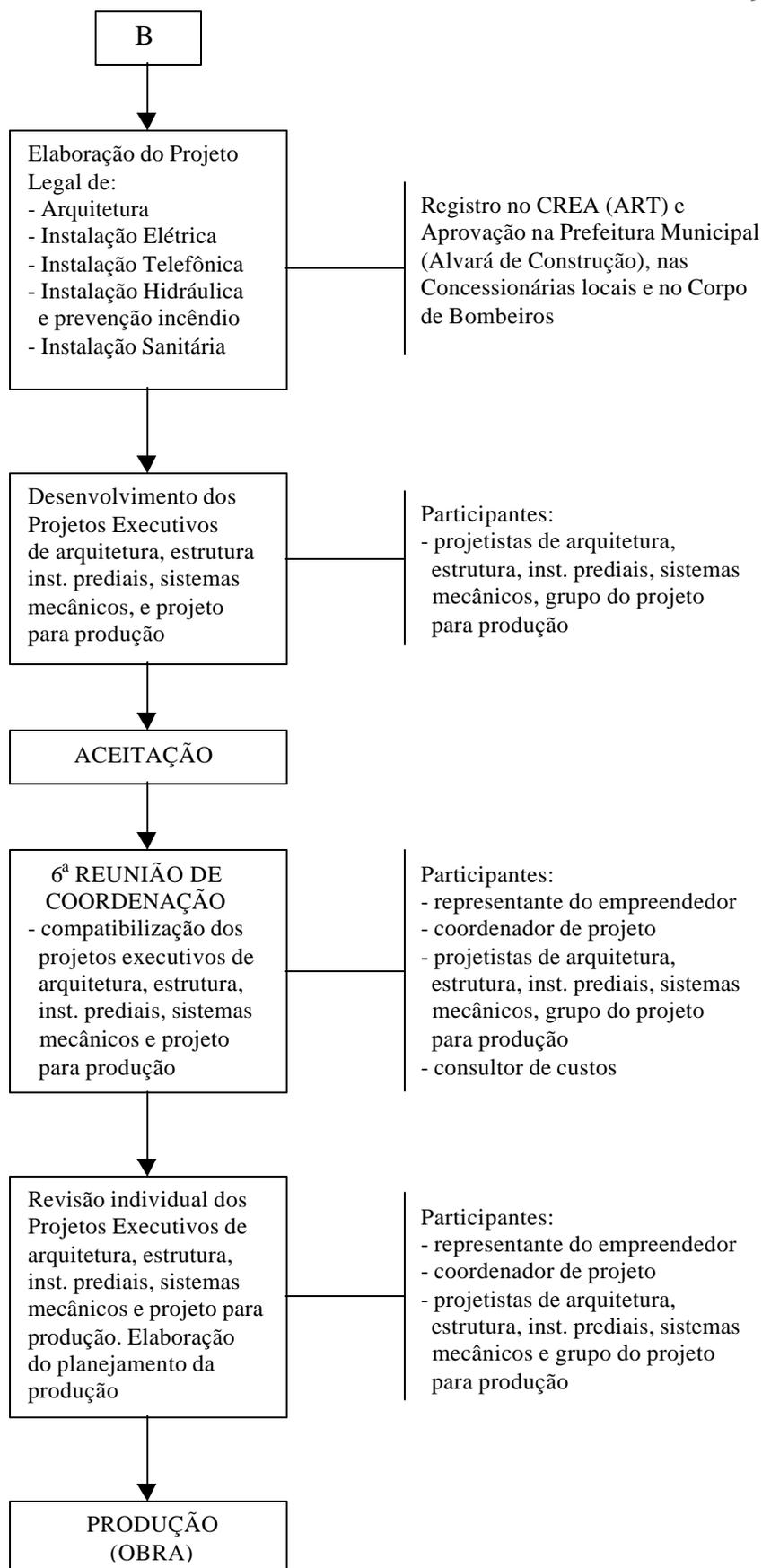


Figura 4.2 – Fluxograma do desenvolvimento do processo de projeto.

Para a concepção do fluxograma do desenvolvimento do processo de projeto (figura 4.2), neste trabalho, foram consideradas as seguintes etapas básicas: *Briefing*, Estudo Preliminar, Anteprojeto, Projeto Legal e Projeto Executivo. Para a função de cada uma destas etapas considerou-se o seguinte:

- *Briefing*: é o conjunto de informações preliminares, contendo não só as necessidades do usuário como também dados imobiliários e condicionantes de projeto;
- Estudo Preliminar: é a representação gráfica da concepção dos projetos integrantes do empreendimento, em escala adequada e de forma simplificada;
- Anteprojeto: é a solução geral, com definição do partido adotado, possibilitando clara compreensão do empreendimento, em desenhos elaborados e em escala conveniente;
- Projeto Legal: é o projeto elaborado das disciplinas (Arquitetura, Elétrico, Sanitário, Hidráulico / Incêndio, Telefônico) necessárias para obtenção das aprovações em órgãos públicos e concessionárias;
- Projeto Executivo: é a solução definitiva do anteprojeto, já contemplada com a compatibilização, em acordo com as exigências dos órgãos públicos e concessionárias a que serão submetidos.

Dada a importância das etapas de estudo preliminar, anteprojeto e projeto executivo estimou-se a realização de uma compatibilização de projetos em cada destas etapas, considerando assim suficiente três compatibilizações de projeto durante o processo.

Concluída a definição dos fluxos do processo de projeto, será realizada no próximo item a modelagem do processo de compatibilização das disciplinas do projeto.

4.2 – MODELAGEM DO PROCESSO DE COMPATIBILIZAÇÃO DAS INTERFACES ENTRE DISCIPLINAS DO PROJETO DE EDIFICAÇÕES

Com a visão sistêmica formada do processo de projeto na I.C.C.S.E., para pequenas construtoras, e do ferramental desenvolvido no Capítulo 3, pode-se agora neste item realizar o desenvolvimento do modelo do processo de compatibilização das interfaces entre especialidades do projeto de edificações.

O desenvolvimento deste modelo será feito em sete fases em consonância com as etapas para implantação da engenharia simultânea discutidas no item 3.1.2.7. O fluxograma do desenvolvimento do modelo proposto está ilustrado na figura 4.3.

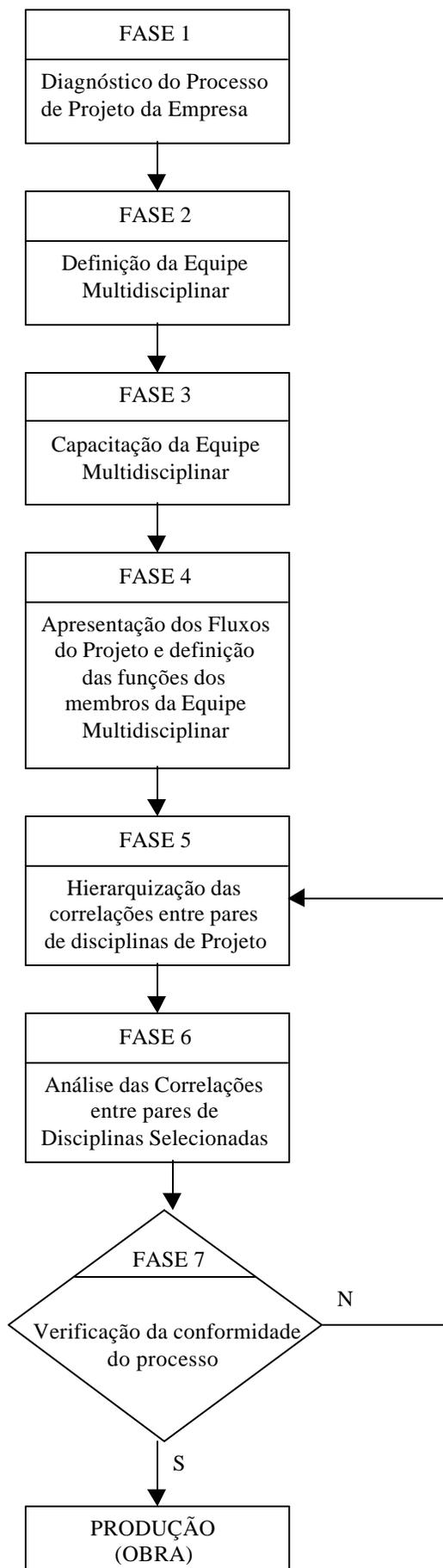


Figura 4.3 – Fluxograma do desenvolvimento do modelo de compatibilização de projetos.

A descrição de cada fase do modelo proposto será feita no próximo item.

4.2.1 – Descrição das Fases do Modelo

A seguir serão descritas as sete fases que compõem o modelo, conforme o fluxograma do desenvolvimento do modelo ilustrado na figura 4.3.

FASE 1 – Diagnóstico do Processo de Projeto da Empresa: nesta fase será realizado um diagnóstico do processo de projeto utilizado pela empresa. Serão elaborados nesta fase o Organograma da Empresa e a Estrutura Analítica de Projeto – EAP utilizada pela empresa. O Organograma servirá para se conhecer a estrutura organizacional da empresa, com sua hierarquização, funções, departamentos etc.. A figura 4.4 ilustra o organograma desenvolvido para uma construtora de pequeno porte.

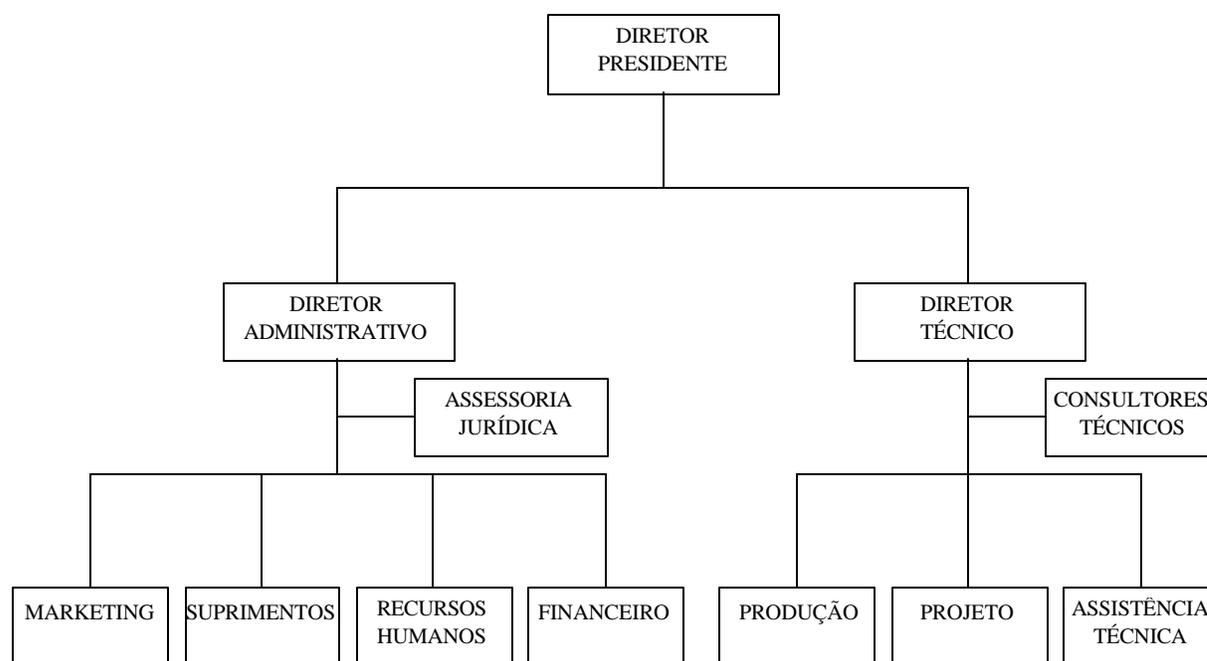
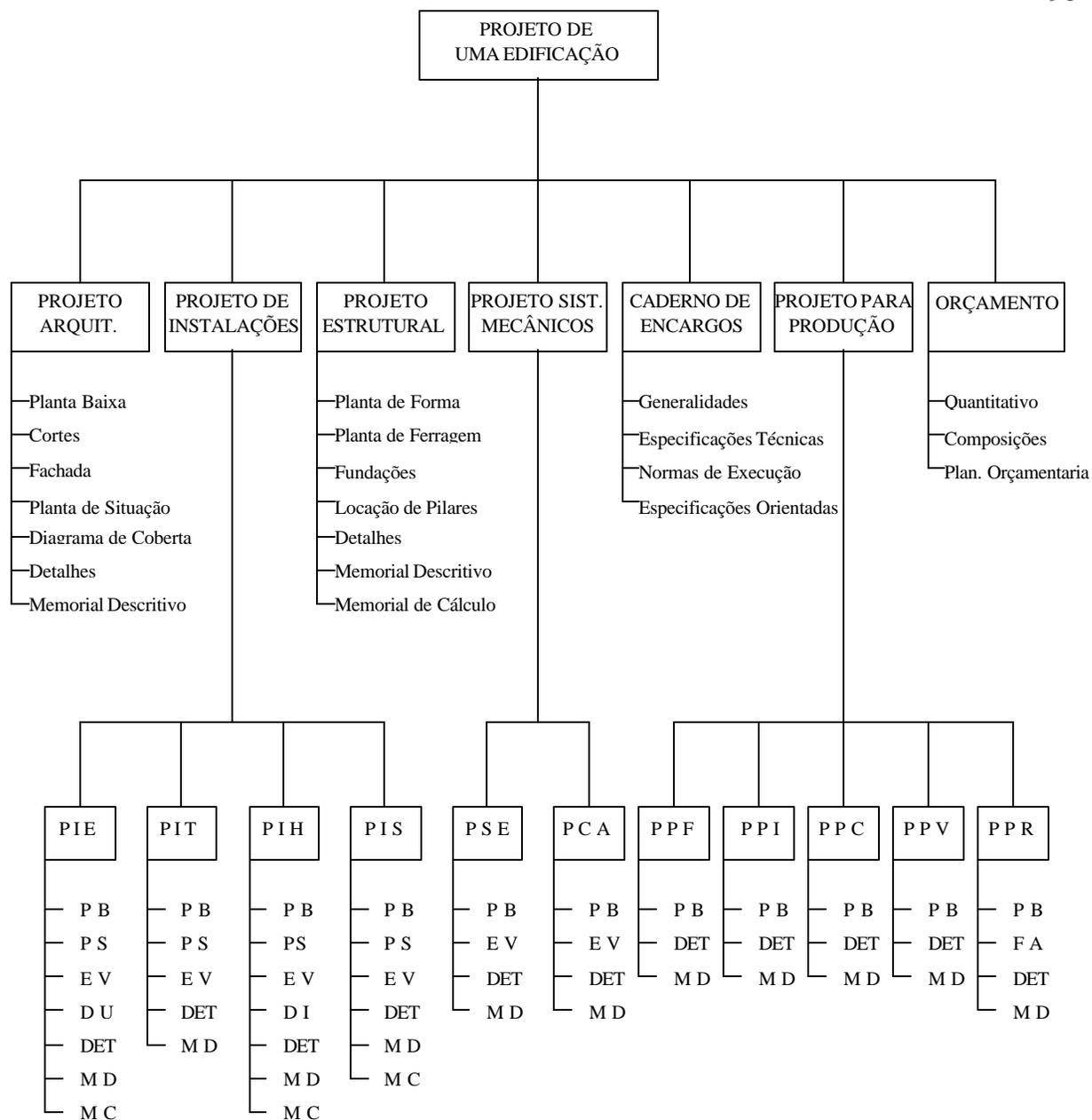


Figura 4.4 – Organograma de uma construtora de pequeno porte.

Quanto à Estrutura Analítica de Projeto – EAP será útil para a visualização de todos os elementos constituintes do tipo de projeto utilizado pela empresa. Caso a empresa não possua uma padronização em termos de EAP, poderia ser sugerido o modelo de Estrutura Analítica de Projeto para a construção de uma edificação convencional de pequeno porte que está representado na figura 4.5.



Legenda:

PIE - Proj. Inst. Elétrica	PPV - Proj. Prod. Vedações	MC - Memorial de Cálculo
PIT - Proj. Inst. Telefônica	PPR - Proj. Prod. Revestimento de Fachadas	DI - Diagrama Isométrico
PIH - Proj. Inst. Hidráulica		FA - Fachada
PIS - Proj. Inst. Sanitária	PB - Planta Baixa	
PSE - Proj. Sist. de Elevadores	PS - Planta de Situação	
PCA - Proj. Sist. Cond. de Ar	EV - Esquema Vertical	
PPF - Proj. Prod. de Forma	DU - Diagrama Unifilar	
PPI - Proj. Prod. de Impermeabilização	DET - Detalhes	
PPC - Proj. Prod. Cant. Obra	MD - Memorial Descritivo	

Figura 4.5 – Estrutura Analítica de Projeto de uma edificação convencional de pequeno porte.

Esta Estrutura Analítica de Projeto foi idealizada com base na configuração para a composição de um projeto na I.C.C.S.E. ilustrada na figura 2.9 no item 2.3.7. Esta E.A.P proposta foi detalhada em três níveis. No primeiro nível foi considerado o projeto completo para uma edificação de pequeno porte. No segundo nível foram consideradas as diversas disciplinas que compõem o projeto e no terceiro nível foram colocadas as partes específicas das disciplinas. Também estão detalhados nesta E.A.P os diversos elementos constituintes das disciplinas. Com esta E.A.P proposta espera-se proporcionar uma visão de todos os elementos que constituem um projeto de edificação, obtendo-se assim a vantagem apresentada por CASAROTTO FILHO et al (1999) de melhorias do processo de projeto.

FASE 2 – Definição da Equipe Multidisciplinar: a seleção dos membros desta equipe será feita com base nos critérios de competência técnica, interesse em trabalhos de equipe e disponibilidade para acompanhamento de obra. A estruturação da equipe multidisciplinar se embasará na visão sistêmica do projeto, para conter em sua formação todos os agentes envolvidos no desenvolvimento de um projeto de edificações. Com base na proposta para estruturação da equipe multidisciplinar de projeto, adaptada de MELHADO (1994), ilustrada na figura 3.9 do item 3.1.2.8, determinou-se o organograma representado na figura 4.6.

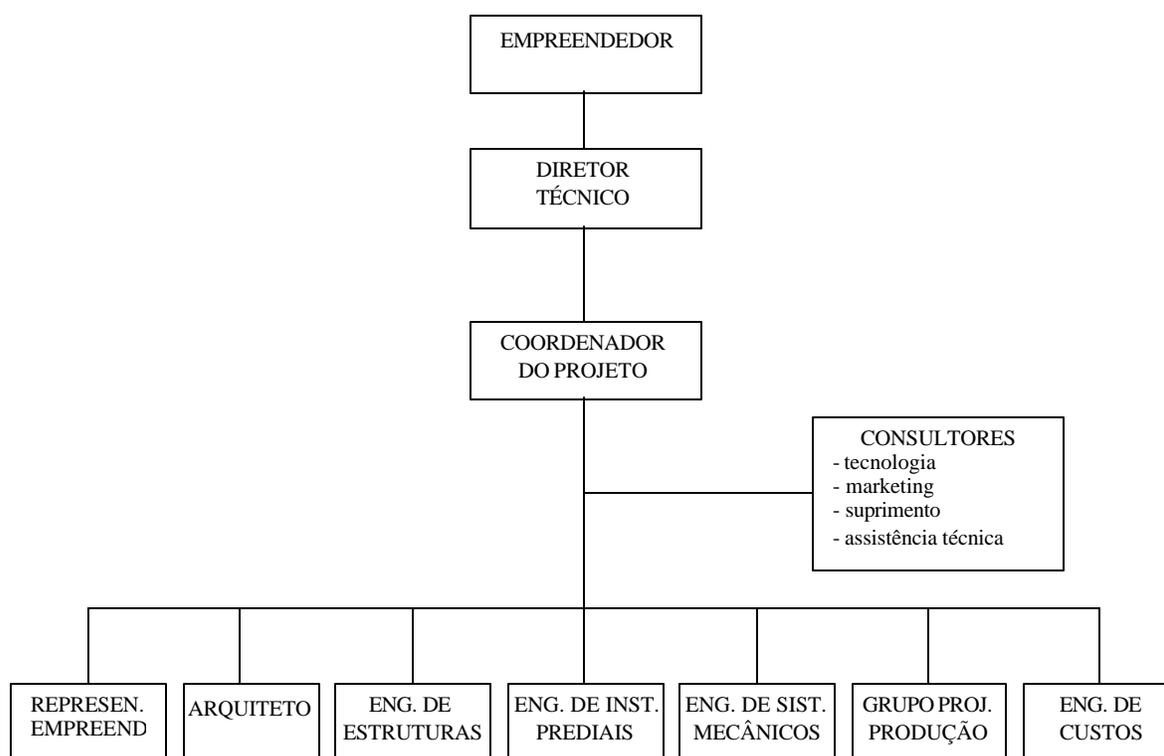


Figura 4.6 – Organograma da Equipe Multidisciplinar.

Estruturada a equipe, deve ser feito o registro dos dados dos membros desta equipe em formulários como o ilustrado na figura 4.7. Estes formulários serão utilizados para cadastramento dos projetistas e servirão de apoio para a sistematização de informações.

PROJETO :	
Nome do Projetista :	
Endereço Comercial :	
Telefone :	Fax :
E - mail :	

Figura 4.7 – Formulário para registro dos dados dos membros da equipe multidisciplinar de projeto.

FASE 3 – Capacitação da Equipe Multidisciplinar nos conceitos de Engenharia Simultânea e FMEA: nesta fase será feito um treinamento da equipe de projeto nos conceitos e ferramentas da Engenharia Simultânea e FMEA. Esse treinamento, com duração de 16 horas aula, pode ser feito na própria empresa com a contratação de um facilitador especialista nestes assuntos.

Os tópicos a serem abordados serão:

- capacitação da equipe no uso de técnicas de gerência de projeto como: organograma, estrutura analítica de projeto e *brainstorming*;
- explanação sobre o funcionamento de equipes multidisciplinares de projeto, destacando as vantagens no uso destas equipes;
- treinamento da equipe na utilização de ferramentas de engenharia simultânea como: matriz tarefa x responsabilidade e matriz de correlação entre disciplinas de projeto;
- treinamento da equipe para utilização do FMEA, com explicação sobre o preenchimento dos formulários FMEA, listas de verificação e quadro 5W-1H;
- apresentação do modelo de compatibilização das disciplinas de projeto.

FASE 4 – Apresentação dos Fluxos do Projeto e definição das Funções dos membros da Equipe Multidisciplinar: serão apresentados, aos membros da equipe de projeto, o macrofluxo do processo de projeto e o fluxograma do desenvolvimento do processo de projeto. Realizada esta apresentação será feita em seguida a definição da função de cada membro da equipe de projeto, utilizando para isso uma Matriz Tarefa x Responsabilidade. A figura 4.8 ilustra uma

proposta de uma Matriz Tarefa x Responsabilidade para uso no desenvolvimento de projeto em ambiente de Engenharia Simultânea.

PARTES DO PROJETO	AGENTES ENVOLVIDOS NO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO									
	COORD PROJ.	ARQ	ENG. ESTR	ENG. INST	ENG. ELEV	ENG. CON .AR	ENG. PROD	ENG. CUST	CONS. MARK	CONS. SUPR.
PROJETO ARQUITETÔNICO	X	O	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
PROJETO ESTRUTURAL										
PROJETO INST. ELÉTRICA										
PROJETO INST. TELEFÔNICA										
PROJETO INST. HIDRÁULICA										
PROJETO INST. SANITÁRIA										
PROJETO SIST. ELEVADORES										
PROJETO SIST. COND. AR										
PROJETO PROD. FORMA										
PROJETO PROD. IMPERM.										
PROJETO PROD. CANT. OBRA										
PROJETO PROD. VEDAÇÕES										
PROJETO PROD. REV. FACH										
CADERNO DE ENCARGOS										
ORÇAMENTO										

LEGENDA : O - Responsável

ÿ - Participa

X - Decide

Δ - Deve ser consultado

Figura 4.8 – Matriz Tarefa x Responsabilidade.

Esta proposta de Matriz Tarefa x Responsabilidade foi desenvolvida com base no Organograma da Equipe Multidisciplinar ilustrado na figura 4.6 e na Estrutura Analítica de Projeto apresentada na figura 4.5.

Conforme se observa na Matriz Tarefa x Responsabilidade proposta (figura 4.8), existe a presença de profissionais que tradicionalmente não participam de decisões na fase de projeto, como engenheiros de produção, engenheiro de custos, consultores de marketing, suprimentos.

A presença destes profissionais na tomada de decisões, na fase de projeto, possibilitará a antecipação de soluções, a racionalização e a integração destas soluções, caracterizando assim o modelo simultâneo.

Então, com o preenchimento desta Matriz ficam definidas as tarefas e as responsabilidades de cada membro da equipe de projeto.

FASE 5 – Hierarquização das Correlações entre Pares de Disciplinas de Projeto: nesta fase inicia-se propriamente dito a compatibilização de projetos com a realização da hierarquização das correlações entre pares de disciplinas, utilizando para isso a Matriz de Correlação entre Disciplinas do Projeto.

No item 3.2.3.2 foi desenvolvida uma Matriz de Correlação entre Disciplinas do Projeto que está ilustrada na figura 3.15. O preenchimento desta Matriz de Correlação está representado na figura 4.9.

PARTES DO PROJETO	PARTES DO PROJETO														
	PA	PE	PIE	PIT	PIH	PIS	PSE	PCA	PPF	PPI	PPC	PPV	PPR	CE	ORÇ
PROJ. ARQUITETÔNICO (PA)		3	2	2	2	2	2	2	0	2	2	3	3	3	3
PROJ. ESTRUTURAL (PE)			2	2	2	2	2	1	3	2	2	2	2	3	3
PROJ. INST. ELÉTRICA (PIE)				3	2	2	3	3	2	1	1	2	0	3	3
PROJ. INST. TELEFÔNICA (PIT)					1	1	0	0	2	1	1	2	0	3	3
PROJ. INST. HIDRÁULICA (PIH)						3	0	1	2	1	1	2	0	3	3
PROJ. INST. SANITÁRIA (PIS)							0	2	2	1	1	2	0	3	3
PROJ. SIST. ELEVADORES (PSE)								0	1	0	0	1	0	3	3
PROJ. SIST. COND. AR (PCA)									1	1	0	1	0	3	3
PROJ. PROD. FORMA (PPF)										0	2	1	0	3	3
PROJ. PROD. IMPERM. (PPI)											1	2	3	3	3
PROJ. PROD. CANT. OBRA (PPC)												2	2	3	3
PROJ. PROD. VEDAÇÕES (PPV)													3	3	3
PROJ. PROD. REV. FACH. (PPR)														3	3
CADERNO DE ENCARGOS (CE)															3
ORÇAMENTO (ORÇ)															

Figura 4.9 – Preenchimento da Matriz de Correlação entre as Disciplinas de Projeto.

Para cada correlação entre par de disciplina é atribuído um peso caracterizando a intensidade desta correlação. Neste trabalho será utilizada uma escala de pesos baseada em VANNI et al (1999), que tem a seguinte constituição: Peso 0 – correlação inexistente; Peso 1 – correlação fraca; Peso 2 – correlação média; Peso 3 – correlação forte. Os pares de correlação que apresentarem intensidade com peso igual ou superior a 1 devem ser analisados.

FASE 6 – Análise das Correlações entre Pares de Disciplinas Seleccionadas: para cada par de correlação entre disciplinas de projeto, que for seleccionado na Fase 5, será feita uma lista de verificação para poder levantar os modos de falhas potenciais, definidos a partir de um *brainstorming* entre os profissionais participantes da correlação analisada.

O modelo de lista de verificação a ser usado será o desenvolvido no item 3.2.3.2 que está ilustrado na figura 3.16. O preenchimento desta lista de verificação está realizado na figura 4.10.

LISTA DE VERIFICAÇÃO DOS MODOS DE FALHAS POTENCIAIS
<p>EMPREENDIMENTO : Residencial Itapoã</p> <p>LOCAL : Rua Vinicius de Moraes, nº 2000.</p> <p>DISCIPLINAS CORRELACIONADAS: <u>Projeto Estrutural</u> X <u>Proj. Prod. de Vedações</u></p> <p>MODOS DE FALHAS POTENCIAIS : 1- Não-conformidades das espessuras, entre paredes e vigas. 2- Falhas nas junções entre paredes e pilares. 3- Escolha do tipo de vedação não condizente com a estrutura.</p> <p>PROFISSIONAIS PARTICIPANTES : 1- Eng^o Lucius Silva (Projeto Estrutural) 2- Eng^o Antonio Lucas (Proj. Prod. de Vedações) 3- Eng^o Armando Pontes (Coordenador de Projeto)</p> <p>DATA DA REALIZAÇÃO : <u>10</u> / <u>10</u> / <u>00</u></p>

Figura 4.10 – Preenchimento da lista de verificação dos modos de falhas potenciais.

De posse do levantamento dos Modos de Falhas Potenciais será feita a análise de cada modo de falha potencial, usando para isso um formulário de FMEA-Análise dos Modos e Efeitos de Falhas, desenvolvido no item 3.2.3.2 e ilustrado na figura 3.17. O preenchimento deste formulário esta apresentado na figura 4.11.

FMEA – ANÁLISE DOS MODOS E EFEITOS DE FALHAS										
x PROJETO DO PRODUTO					PROJETO DO PROCESSO					
EMPREENDIMENTO: Residencial Itapoã			DISCIPLINAS CORRELACIONADAS Proj. Estrutural Proj. prod. Vedações				FOLHA : 01 / 03			
LOCAL : Rua vinicius de Morais Nº 2000			_____ X _____				DATA : 10 / 10 / 00			
ITEM	ETAPA	FALHAS POSSÍVEIS			INDICES				CONTROLE	AÇÃO CORRETIVA
		MODO	CAUSA	EFEITO	O	G	D	R		
01	Estudo Preliminar	Não-conformidades das espessuras entre paredes e vigas.	-Não existência de projeto de vedações; - Desconsideração pelo projetista de estruturas das espessuras das vedações.	- Visão estética de vigas salientes em relação às vedações; - Acréscimo no custo do serviço de revestimento.	8	5	2	80	Nenhum	De posse dos projetos estrutural e de vedações fazer a compatibilização das espessuras das vigas e paredes.

Figura 4.11 – Preenchimento do Formulário FMEA.

Através do Índice de Risco (R) determinado por esta planilha pode ser feita uma hierarquização das falhas com a finalidade de analisar prioritariamente as falhas com maior Índice de Risco. Também fica definida a ação corretiva para prevenção da falha potencial, permitindo assim se estabelecer um plano de ação para definir as contramedidas a serem adotadas. Este plano de ação será feito com a utilização de um quadro 5W-1H que foi desenvolvido no item 3.2.3.2 e está documentado na figura 3.18. O preenchimento deste formulário será feito na figura 4.12.

QUADRO 5W – 1H					
X PROJETO DO PRODUTO			PROJETO DO PROCESSO		
EMPREENHIMENTO: Residencial Itapuã		DISCIPLINAS CORRELACIONADAS		FOLHA: 01 / 03	
ENDEREÇO: Rua Vinicius de Moraes Nº 2000		PROJ. ESTRUTURAL X PROJ. VEDAÇÕES		DATA: 10 / 10 / 00	
WHAT (O QUE)	WHO (QUEM)	WHEN (QUANDO)	WHERE (ONDE)	WHY (POR QUE)	HOW (COMO)
Compatibilizar as espessuras das vigas à das paredes (vedações).	Engº Lúcius Silva (Estrutura) e o Engº Antonio Lucas (Vedações).	10/10/00 a 20/10/00.	Escritório do Engº Lucius Silva	Solucionar as não-conformidades (espessuras) entre as peças estruturais (vigas) e vedações (paredes).	Revisar os projetos Estrutural e de Vedações redimensionando as espessuras das vigas em conformidade com às espessuras das paredes.

Figura 4.12 – Preenchimento do quadro 5W-1H.

De posse do plano de ação apresentado pelo quadro 5W-1H, devem ser feitas as correções devidas nas disciplinas analisadas.

FASE 7 – Verificação da Conformidade do Processo: nesta fase é feita uma análise crítica do processo, verificando se o projeto ainda apresenta não-conformidades. Para detecção destas não-conformidades pode ser feita uma superposição dos projetos com o uso de um *software* tipo Autocad. Caso o projeto esteja conforme ele será enviado para a etapa de produção (obra), no caso contrário, ou seja, o produto ainda apresenta não-conformidades, ele retornará à Fase 5 do processo.

Durante a realização destas fases todas as informações de projeto trocadas entre os projetistas deverão ser registradas no formulário de registro de envio e recebimento de informações de projeto, o qual está ilustrado na figura 3.11 no item 3.1.2.8.

Quanto à inserção do modelo de compatibilização das disciplinas do projeto no fluxograma do desenvolvimento do processo de projeto, detalhado na figura 4.2, será feita conforme tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Inserção das Fases do Modelo de Compatibilização de Projeto nas Reuniões de Coordenação.

FASES	CONCLUSÃO E APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS
Fase 1	Durante a 1ª Reunião de Coordenação
Fase 2	
Fase 3	Durante a 2ª Reunião de Coordenação
Fase 4	
Fase 5	Durante a 3ª Reunião de Coordenação
Fase 6 - Estudo Preliminar	Durante a 4ª Reunião de Coordenação
Fase 7 - Anteprojeto	Durante a 5ª Reunião de Coordenação
Fase 7 - Projeto Executivo	Durante a 6ª Reunião de Coordenação

Conforme nota-se pela tabela 4.1 a conclusão das fases F1 – Diagnóstico do processo de projeto na Empresa e da F2 – Definição da Equipe Multidisciplinar será realizada durante a 1ª reunião de coordenação. Já a conclusão das fases F3 – Capacitação dos membros da Equipe Multidisciplinar e F4 – Apresentação dos fluxos de projeto e definição das funções dos membros da Equipe Multidisciplinar será feita na 2ª reunião de coordenação.

Com as fases F5 – Hierarquização das correlações entre pares de disciplinas de projeto e F6 – Análise das correlações entre pares de disciplinas selecionadas, inicia-se propriamente a compatibilização de projetos proposta, que será aplicada na etapa de Estudos Preliminares. A fase F5 terá a sua conclusão na 3ª reunião de coordenação e a fase F6 durante a 4ª reunião de coordenação.

Durante a 5ª e 6ª reuniões de coordenação serão concluídas as compatibilizações dos Anteprojeto e Projeto Executivo respectivamente, que é justamente a Fase 7 da metodologia.

4.3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE O CAPÍTULO

No início do capítulo foram feitas as definições dos fluxos do processo de projeto. O detalhamento do macrofluxo foi feito com o propósito de fornecer a visualização sistêmica de todo o processo. Já a definição do fluxograma do desenvolvimento do processo de projeto é para permitir que se faça a integração do processo de compatibilização das interfaces entre especialidades do projeto de edificações às etapas básicas (*Briefing*, Estudo Preliminar, Anteprojeto, Projeto Legal e Projeto Executivo) do processo de projeto.

Com os fluxos do processo de projeto definidos pôde-se então desenvolver a modelagem do processo de compatibilização de projetos, fundamentada nos embasamentos teóricos (Engenharia Simultânea e FMEA) que foram discutidos no Capítulo 3.

A modelagem do processo foi realizada em sete fases, procurando fazer uma integração entre o modelo proposto e o método tradicional de compatibilização de projetos que é justamente a FASE 7 do modelo proposto.

Concluído este modelo, far-se-á no Capítulo 5 uma avaliação e validação deste modelo, através de um estudo de caso.

CAPÍTULO 5 – ESTUDO DE CASO

O presente capítulo apresenta o estudo de caso para validação do modelo proposto, apresentando resultados provenientes da aplicação deste modelo.

O método de pesquisa utilizado neste trabalho teve o caráter exploratório, pois trata-se do aprimoramento de um modelo proposto de compatibilização de projetos, considerando os mais variados aspectos relativos ao fato estudado que segundo GIL (1996) são as características principais da pesquisa exploratória.

A pesquisa teve como embasamento empírico a realização de um estudo de caso desenvolvido em uma empresa construtora de pequeno porte sediada em Fortaleza, estado do Ceará. No desenvolvimento deste trabalho a empresa construtora pesquisada será sempre referida por EMPRESA.

Em paralelo ao estudo de caso desenvolvido na EMPRESA foram feitas entrevistas com especialistas em compatibilização e gestão de projetos de edificações, objetivando a obtenção de subsídios para a melhoria da metodologia proposta. Estas entrevistas com especialistas da área de projetos serão discutidas no próximo item.

5.1 – ENTREVISTAS COM ESPECIALISTAS EM COMPATIBILIZAÇÃO E GESTÃO DE PROJETOS

Conforme o delineamento da pesquisa ilustrado na figura 1.1, em paralelo ao desenvolvimento do estudo de caso, foram realizadas entrevistas com profissionais ligados à gestão e compatibilização de projetos.

As entrevistas tiveram como objetivo principal a obtenção de novos conhecimentos, com a finalidade de subsidiar o aprimoramento da metodologia proposta, que foi obtida a partir da própria experiência profissional do pesquisador e da revisão bibliográfica sobre este assunto.

Para a realização destas entrevistas foram selecionados oito profissionais para serem entrevistados: dois diretores técnicos, dois gerentes de projetos, um consultor, um projetista de arquitetura, um projetista de estrutura e um projetista de instalações, todos eles atuando na área de projetos para pequenas empresas de construção de edificações.

Estas entrevistas foram feitas pelo próprio pesquisador e tiveram uma duração média de uma hora cada. Para obtenção das informações desejadas foi idealizado um questionário, constituído de 20 questões objetivas, com espaço para anotação de comentários, que foram respondidas no momento da entrevista. O modelo deste questionário encontra-se no anexo A.

As principais informações obtidas a partir destas entrevistas foram referentes aos seguintes tópicos:

- as técnicas gerenciais utilizadas no processo de projeto;
- principais problemas relacionados à compatibilização de projetos;
- a sistematização de informações adotada no desenvolvimento de projetos;
- dificuldades e soluções para implantação de equipes multidisciplinares;
- nível de conhecimento sobre as técnicas de Engenharia Simultânea e FMEA.

Com a obtenção destas informações e ao longo do estudo de caso foram feitos ajustes na metodologia inicialmente proposta, com a finalidade de se obter uma metodologia de compatibilização de projetos que atenda às reais necessidades das pequenas empresas de construção de edificações.

Analisado o aspecto das entrevistas, o próximo item destacará a caracterização da EMPRESA pesquisada no estudo de caso.

5.2 – CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA PESQUISADA

A metodologia proposta para compatibilização das interfaces entre especialidades do projeto de edificações foi utilizada em uma construtora de pequeno porte, com sede em Fortaleza.

A escolha desta construtora deveu-se aos seguintes fatores: ser uma construtora de pequeno porte, ter uma cultura organizacional propícia à aplicação da metodologia e apresentar interesse na utilização da metodologia proposta. O interesse da construtora na utilização da metodologia de compatibilização de projetos proposta deu-se em função desta EMPRESA ter tido vários problemas oriundos da falta de compatibilização de projetos e estar iniciando o processo tradicional de compatibilização de projetos. Devido a estes fatores favoráveis ficou então definido o uso da metodologia nesta EMPRESA.

Esta EMPRESA foi fundada em 1994, com foco de trabalho na execução de pequenas obras, obtidas através de licitações públicas e privadas. Com a capitalização a EMPRESA passou a atuar também no segmento imobiliário, na incorporação e construção de edificações. Neste ramo imobiliário, o início foi com a construção de casas residenciais e evoluiu para a execução de prédios residenciais na faixa de mercado para a classe média, totalizando atualmente 4800m² de área construída.

Todos os empreendimentos desta EMPRESA estão localizados no estado do Ceará, tornando-se assim a região geográfica de atuação no momento atual.

A caracterização da EMPRESA como de pequeno porte foi fundamentada na classificação utilizada pelo SEBRAE / CE (2000) que é baseada no número de empregados registrados, conforme tabela 5.1 a seguir.

Tabela 5.1 – Classificação de Porte de Empresas (SEBRAE / CE, 2000).

ATIVIDADE \ PORTE	MICRO	PEQUENA	MÉDIA	GRANDE
INDÚSTRIA	1 a 19	20 a 99	100 a 499	Acima de 500
COMÉRCIO	1 a 09	10 a 49	50 a 99	Acima de 100
SERVIÇO	1 a 09	10 a 49	50 a 99	Acima de 100

Desta maneira, como a EMPRESA pesquisada conta com 46 funcionários registrados, fica então caracterizada a sua condição de pequeno porte.

Analizadas as características da EMPRESA pesquisada, o próximo item destacará a implantação da metodologia proposta nesta EMPRESA.

5.3 – IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA NA EMPRESA

O processo de implementação seguiu o roteiro proposto pela metodologia descrita no Capítulo 4, e foi iniciado após a montagem de um plano de trabalho junto à EMPRESA e aprovado pela sua diretoria. Este plano de trabalho junto à EMPRESA será descrito a seguir.

5.3.1 – Montagem do Plano de Trabalho Junto à Empresa

O plano de trabalho junto à EMPRESA para viabilizar a implantação da metodologia proposta, foi montado com base na realização de um conjunto de atividades, dentre as quais podemos destacar:

- Escolha de um empreendimento para servir como projeto piloto;
- Definição de um local físico para realização das reuniões da equipe multidisciplinar;
- Detalhamento do mobiliário e equipamentos necessários para as reuniões de coordenação;
- Estabelecimento da rotina das reuniões na EMPRESA;
- Definição de um cronograma das atividades, o qual está detalhado na figura 5.1.

FASES DA METODOLOGIA DE COMPATIBILIZAÇÃO	TEMPO		
	OUT / 2000	NOV / 2000	DEZ / 2000
FASE 1			
FASE 2			
FASE 3			
FASE 4			
FASE 5 - ESTUDO PRELIMINAR			
FASE 6 - ESTUDO PRELIMINAR			
FASE 7 - ANTEPROJETO			
FASE 7 - PROJETO EXECUTIVO			

Figura 5.1 - Cronograma de implantação da metodologia proposta na EMPRESA.

Apresentado o plano de trabalho para implantação da metodologia, no próximo item será detalhado o projeto piloto utilizado.

5.3.2 – Descrição do Projeto Piloto

Ficou definido através do plano de trabalho que a implantação da metodologia seria feita através de um projeto piloto.

O projeto piloto selecionado é um empreendimento destinado à faixa de mercado para a

classe média. As características físicas deste projeto serão descritas a seguir:

- número de blocos: 02
- número de pavimentos por bloco: 03
- número de apartamentos por pavimento: 04
- número total de apartamentos: 24
- área apartamento tipo: 77,10 m²
- área total construída: 2007,95 m²

O local que será implantado este projeto piloto, apresenta uma valorização comercial crescente devido a presença de alguns empreendimentos como *shopping centers*, *fast-foods*, escolas e outros.

Para uma melhor compreensão do projeto piloto foram apresentadas a planta baixa do pavimento tipo (figura 5.2), a fachada principal de um bloco (figura 5.3) e a planta de situação (figura 5.4), todas na fase de projeto executivo. Estas figuras serão ilustradas a seguir.

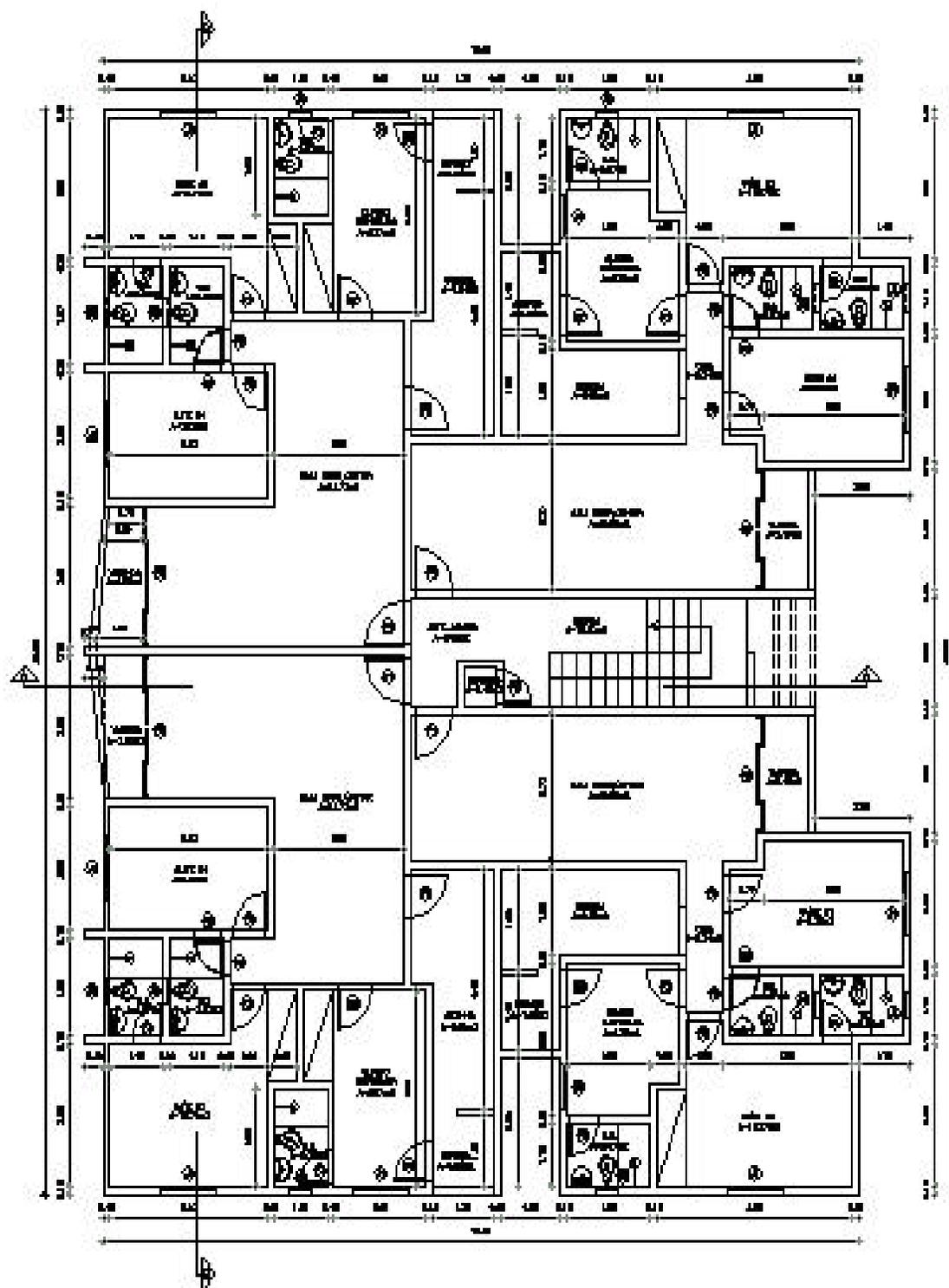


Figura 5.2 – Planta Baixa do Pavimento Tipo.

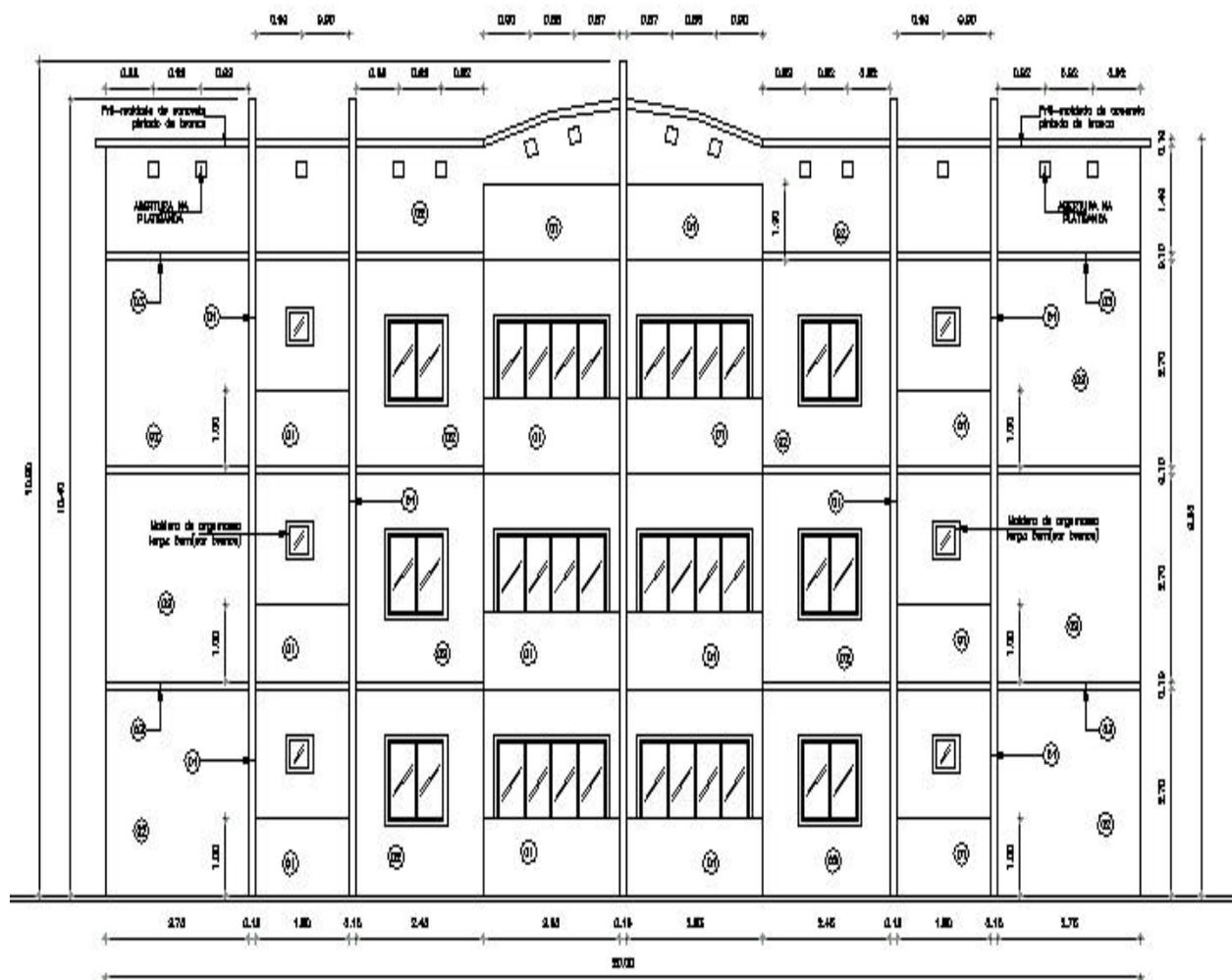


Figura 5.3 – Fachada Principal de um Bloco.

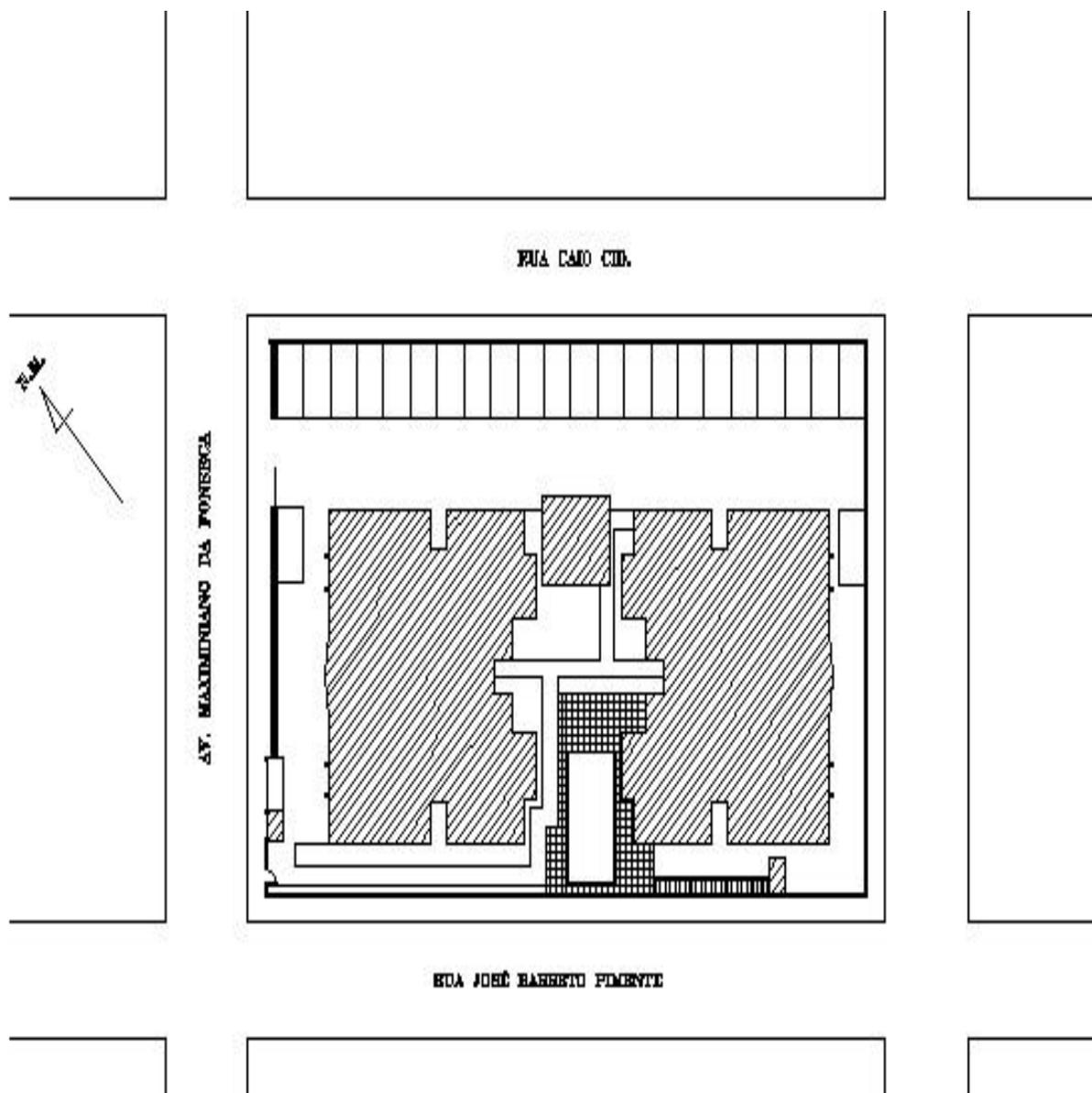


Figura 5.4 – Planta de Situação.

Feita a descrição do projeto piloto o próximo item tratará da aplicação da metodologia a este projeto.

5.3.3 – Aplicação da Metodologia de Compatibilização de Projetos ao Projeto Piloto

Esta aplicação foi realizada de acordo com o cronograma (figura 5.1) aprovado pela diretoria da EMPRESA para implantação da metodologia proposta.

A descrição da aplicação da metodologia de compatibilização de projetos ao projeto piloto será feita, a seguir, obedecendo o roteiro proposto pela metodologia no Capítulo 4.

FASE 1 – Diagnóstico do Processo de Projeto na Empresa.

Nesta fase foi realizado o levantamento do processo de projeto utilizado pela EMPRESA, no qual ficou constatado o seguinte:

- todos os projetos são terceirizados;
- a coordenação de projeto fica sob a responsabilidade do diretor técnico;
- não existem regras formais para o processo de projeto;
- as reuniões de coordenação são marcadas aleatoriamente;
- não existe uma sistematização para coleta e registro das não-conformidades oriundas da falta de compatibilização de projetos;
- a compatibilização de projetos pelo método tradicional, com o uso do Autocad estava sendo implantada;
- existe um setor de assistência técnica, para dar apoio ao cliente, que coleta de uma maneira informal, dados sobre problemas surgidos na fase pós-ocupação.

Apesar de algumas deficiências constatadas pelo levantamento, verificou-se um ambiente propício para implantação da metodologia e uma boa receptividade por parte da diretoria da EMPRESA.

Complementando o diagnóstico do processo de projeto na EMPRESA, também foram analisados o organograma funcional da EMPRESA e a EAP – Estrutura Analítica de Projeto, idealizada para o projeto piloto, que estão ilustrados nas figuras 5.5 e 5.6 respectivamente.

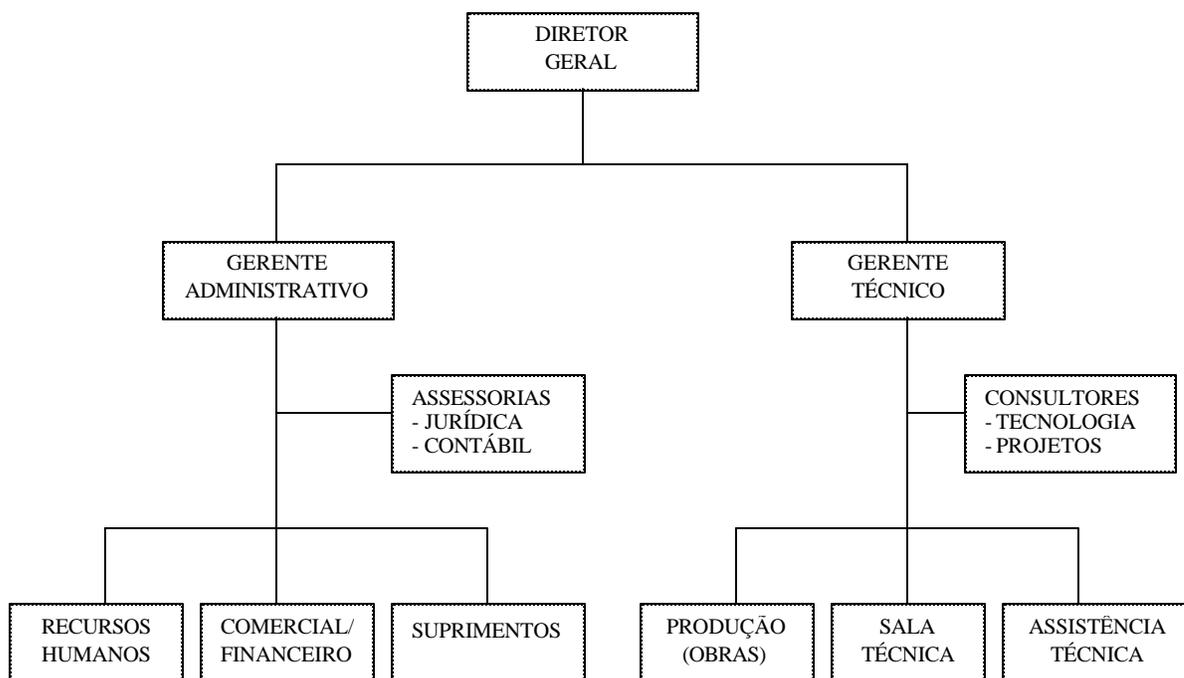


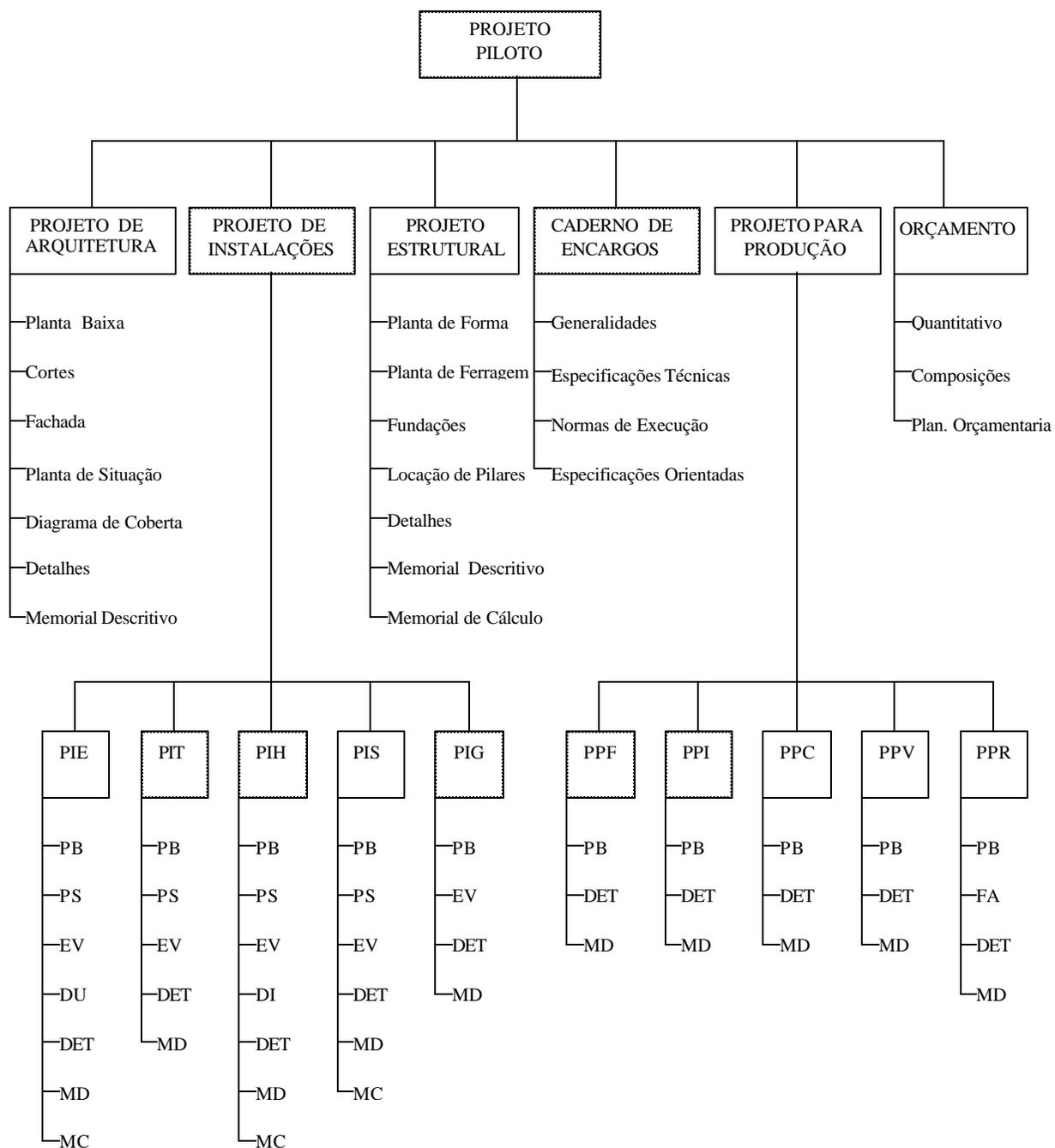
Figura 5.5 – Organograma da Empresa Pesquisada.

Conforme já foi discutido no item 5.2 esta EMPRESA é caracterizada de pequeno porte daí o seu organograma (figura 5.5) ser bastante simplificado, no qual existe uma diretoria geral ocupada pelo próprio empreendedor e duas gerências: uma administrativa e uma técnica.

Na gerência administrativa, exercida por um administrador de empresas, os serviços jurídicos e contábil são terceirizados, já as áreas de recursos humanos, comercial / financeiro e suprimentos, estão implantadas na EMPRESA.

Na gerência técnica, exercida por um engenheiro civil, com exceção do orçamento, todas as demais disciplinas do projeto são terceirizadas e existe uma consultoria para dar apoio nas áreas de tecnologia e qualidade. As áreas de produção (obras), sala técnica (coordenação de projetos) e assistência técnica, já estão implantadas na EMPRESA.

A seguir será apresentada a EAP – Estrutura Analítica de Projeto, idealizada para o projeto piloto.



Legenda:

PIE – Proj. Inst. Elétrica

PIT – Proj. Inst. Telefônica

PIH – Proj. Inst. Hidráulica

PIS – Proj. Inst. Sanitária

PIG – Proj. Inst. de Gás

PPF – Proj. Prod. de Forma

PPI – Proj. Prod. de Impermeabilização

PPC – Proj. Prod. Cant. Obra

PPV – Proj. Prod. Vedações

PPR – Proj. Prod. Revestimento
de Fachadas

PB – Planta Baixa

PS – Planta de Situação

EV – Esquema Vertical

DU – Diagrama Unifilar

DET – Detalhes

MD – Memorial Descritivo

MC – Memorial de Cálculo

DI – Diagrama Isométrico

FA - Fachada

Figura 5.6 – Estrutura Analítica de Projeto para o Projeto Piloto.

Verifica-se pela EAP do projeto piloto (figura 5.6) que não vão ser executados os projetos de condicionamento de ar e elevadores, devido não existirem na obra piloto estes respectivos serviços.

Com a elaboração do organograma e da EAP – Estrutura Analítica de Projeto fica concluída a Fase 1 - Diagnóstico do Processo de Projeto na Empresa. Esta conclusão juntamente com a apresentação dos resultados efetivou-se na 1ª reunião de coordenação, em acordo com o fluxograma do desenvolvimento do processo de projeto (figura 4.2). A seguir iniciou-se a etapa de definição dos membros da equipe multidisciplinar o que constitui a 2ª fase da metodologia.

FASE 2 – Definição da Equipe Multidisciplinar

Na EMPRESA pesquisada utilizava-se anteriormente para a definição da equipe de projetos os critérios de competência técnica e prioritariamente preço. A partir desta constatação houve necessidade de uma fase para sensibilização da diretoria da EMPRESA com a finalidade de se alterar os critérios de contratação dos profissionais de projeto, diminuindo a predominância do critério preço e reforçando a participação de outros critérios.

A diretoria da EMPRESA então determinou que a contratação dos projetistas seria em forma de uma parceria, na qual os profissionais contratados, com base nos critérios de competência técnica, preço (com uma menor influência que anteriormente), interesse em trabalhos de equipe e disponibilidade para participação nas reuniões de coordenação e acompanhamento de obra, seriam privilegiados na contratação de futuros projetos.

Definido então a forma de contratação dos membros da equipe multidisciplinar, o contrato foi realizado e o organograma desta equipe foi estruturado conforme ilustra a figura 5.7.

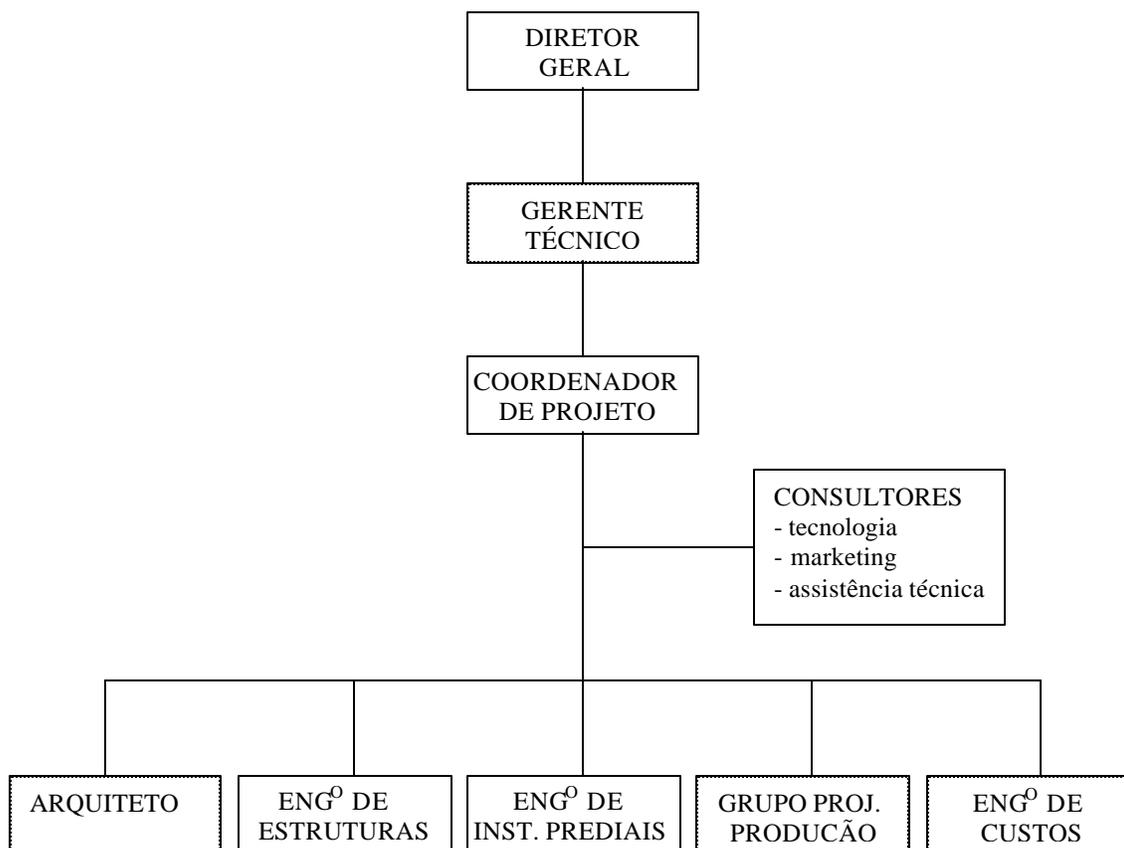


Figura 5.7 – Organograma da Equipe Multidisciplinar do Projeto Piloto.

Conforme nota-se pelo organograma da Equipe Multidisciplinar do projeto piloto (figura 5.7), que não existem as presenças do representante do empreendedor e do consultor de suprimentos, visto que estas funções vão ser exercidas pelo próprio coordenador de projeto segundo orientação da diretoria da EMPRESA.

Estruturada a equipe de projeto, foi feito um registro cadastral dos membros desta equipe, em formulários como o ilustrado na figura 5.8.

REGISTRO CADASTRAL DE PROFISSIONAIS DE PROJETO		
Empreendimento : Projeto Piloto	ESPECIALIDADE DE PROJETO:	Ficha :
Local : Fortaleza - Ce		Data :
DADOS CADASTRAIS :		
Nome do Projetista :		
Endereço Comercial :		
Telefone :	Fax :	
E – mail :		

Figura 5.8 – Formulário para registro dos dados dos membros da equipe multidisciplinar.

Igualmente como a Fase 1 esta Fase 2 também teve a sua conclusão e apresentação de resultados durante a 1ª reunião de coordenação.

Após a estruturação e cadastro da equipe de projeto foi realizada em seguida a capacitação dos membros desta equipe nos conceitos de Engenharia Simultânea e FMEA. Esta capacitação da equipe multidisciplinar será descrita na próxima fase.

FASE 3 – Capacitação da Equipe Multidisciplinar nos conceitos de Engenharia Simultânea e Análise dos Modos e Efeitos de Falhas - FMEA.

Para a aplicação da metodologia no projeto piloto houve necessidade de uma fase para habilitação da equipe de projeto nos conceitos e ferramentas da Engenharia Simultânea e FMEA.

O treinamento foi realizado na própria sede da EMPRESA, no local (sala) designado para funcionar as reuniões de coordenação de projeto, e foi dividido em duas partes: a primeira consistiu em uma apresentação da metodologia proposta de compatibilização das disciplinas de projeto para pequenas construtoras; a segunda etapa se constituiu de um minicurso. Tanto a apresentação da metodologia proposta quanto o minicurso foram ministrados pelo pesquisador, durante dois dias, totalizando 16 horas aulas.

No minicurso foram abordados os seguintes assuntos:

- técnicas de gerência de projeto com apresentação do organograma da EMPRESA e da Estrutura Analítica de Projeto do Projeto Piloto, que estão ilustrados nas figuras 5.5 e 5.6 respectivamente;
- gerência e funcionamento de equipes multidisciplinares de projeto, enfatizando sempre as vantagens no uso destas equipes;
- utilização de ferramentas da Engenharia Simultânea, com prioridade para a Matriz Tarefa x Responsabilidade e Matriz de Correlação entre Disciplinas de Projeto;
- uso da técnica de Análise dos Modos e Efeitos de Falhas – FMEA, explicitando o preenchimento dos seguintes documentos: Formulário FMEA, Listas de Verificação dos Modos de Falhas e Quadro 5W – 1H.

Após a conclusão desta habilitação ficou constatado que as técnicas de gerência de projeto já eram de conhecimento de todos os membros da equipe de projeto, entretanto as técnicas e ferramentas da Engenharia Simultânea e FMEA não eram conhecidas por alguns profissionais

da equipe multidisciplinar. Verificou-se também que mesmo tendo conhecimento das técnicas de gerência de projeto, os profissionais não as utilizavam de uma maneira sistêmica na construção civil, devido a questões culturais relacionadas com a grande inércia às alterações de processos que este ramo industrial apresenta.

A apresentação dos resultados provenientes da conclusão da Fase 3 foi promovida durante a 2ª reunião de coordenação.

Realizada a habilitação dos participantes da equipe de projeto nas técnicas e utilização de ferramentas da Engenharia Simultânea e FMEA, foi feita a definição das funções dos membros da equipe multidisciplinar e apresentados os fluxos do projeto, compondo assim a Fase 4, que será discriminada a seguir.

FASE 4 – Apresentação dos Fluxos do Projeto e definição das Funções dos Membros da Equipe Multidisciplinar.

O início desta fase consistiu na apresentação para os membros da equipe de projeto do macrofluxo (figura 4.1) e do fluxograma do desenvolvimento do processo de projeto (figura 4.2) a serem utilizados no projeto piloto.

Concluída a apresentação dos fluxos de projeto, foi realizada em seguida a definição da função de cada membro da equipe, utilizando para isso uma Matriz Tarefa x Responsabilidade. Esta matriz na qual ficou definida a função de cada membro da equipe multidisciplinar do projeto piloto está ilustrada na figura 5.9.

MATRIZ TAREFA X RESPONSABILIDADE									
EMPREENDIMENTO: PROJETO PILOTO		PROJETO DO PRODUTO					FOLHA :		
LOCAL: Fortaleza - Ce							DATA :		
DISCIPLINAS DO PROJETO	EQUIPE MULTIDISCIPLINAR								
	COORD PROJ	ARQ.	ENG. ESTRU	ENG. INST.	ENG. PROD.	ENG. CUSTOS	CONS. TECN.	CONS. MARK.	CONS. ASS. TEC
PROJ. ARQUITETÔNICO	X	O	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
PROJ. ESTRUTURAL	X	Δ	O	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
PROJ. INST. ELÉTRICA	X	Δ	Δ	O	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
PROJ. INST. TELEFÔNICA	X	Δ	Δ	O	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
PROJ. INST. HIDRÁULICA	X	Δ	Δ	O	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
PROJ. INST. SANITÁRIA	X	Δ	Δ	O	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
PROJ. INST. GÁS	X	Δ	Δ	O	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
PROJ. PROD. FORMA	X	Δ	Δ	Δ	O	Δ	Δ	Δ	Δ
PROJ. PROD. IMPERMEAB.	X	Δ	Δ	Δ	O	Δ	Δ	Δ	Δ
PROJ. PROD. CANT. DE OBRA	X	Δ	Δ	Δ	O	Δ	Δ	Δ	Δ
PROJ. PROD. VEDAÇÕES	X	Δ	Δ	Δ	O	Δ	Δ	Δ	Δ
PROJ. PROD. REV. FACHADAS	X	Δ	Δ	Δ	O	Δ	Δ	Δ	Δ
CADERNO DE ENCARGOS	X				O		Δ	Δ	Δ
ORÇAMENTO	X	Δ	Δ	Δ	Δ	O	Δ	Δ	Δ

LEGENDA: O - Responsável
 - Participa
 X - Decide
 Δ - Deve ser consultado

Figura 5.9 - Matriz Tarefa x Responsabilidade para a Equipe Multidisciplinar do Projeto Piloto.

Conforme se constata esta matriz ilustrada na figura 5.9, foi montada com base no organograma da equipe de projeto (figura 5.7) e na estrutura analítica de projeto (figura 5.8) desenvolvidos para o projeto piloto.

Após a definição da Matriz Tarefa x Responsabilidade foi apresentado aos membros da equipe multidisciplinar o modelo de formulário (figura 5.10) a ser utilizado no projeto piloto para registro das informações oriundas do seu desenvolvimento. Conforme descrito no item 3.1.2.8 este formulário foi baseado em JOBIM et al (1999).

REGISTRO DE ENVIO E RECEBIMENTO DE INFORMAÇÕES DE PROJETO			
EMPREENDIMENTO : Projeto Piloto	PROJETO DO PRODUTO		FOLHA :
LOCAL: Fortaleza - Ce			DATA :
DESCRIÇÃO :			
ENVIADO POR :			DATA :
FORMA DE ENVIO :			
FAX	CORREIO	CORREIO ELETRÔNICO	EM MÃOS
RECEBIDO POR :			DATA :
Deve ser retornado ao remetente devidamente preenchido – Fax nº : Acuso o recebimento da documentação acima descrita.			
			_____ Assinatura

Figura 5.10 – Formulário de Registro das Informações de Projeto (Adaptado de JOBIM et al, 1999).

Esta Fase 4 ficou concluída com a apresentação dos resultados durante a 2ª reunião de coordenação.

Definidas então as tarefas e as responsabilidades de cada participante da equipe de projeto e a padronização do registro de informações geradas durante o desenvolvimento do produto, iniciou-se a compatibilização das disciplinas de projeto propriamente dito através da execução da Fase 5 da metodologia, que será relatada a seguir.

FASE 5 – Hierarquização das Correlações entre Pares de Disciplinas de Projeto.

Durante a 3ª reunião de coordenação ficou definida a matriz de correlação entre disciplinas do projeto piloto, estabelecendo desta maneira a hierarquização entre pares de disciplinas de projeto. Esta matriz de correlação entre disciplinas de projeto está representada na figura 5.11.

MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE DISCIPLINAS DE PROJETO														
EMPREENDIMENTO: Projeto Piloto			PROJETO DO PRODUTO									FOLHA:		
LOCAL: Fortaleza - Ce												DATA:		
DISCIPLINAS DO PROJETO	DISCIPLINAS DO PROJETO													
	PA	PE	PIE	PIT	PIH	PIS	PIG	PPF	PPI	PPC	PPV	PPR	CE	ORÇ
PROJ. ARQUITETÔNICO (PA)		3	3	2	3	3	2	0	2	2	3	3	3	3
PROJ. ESTRUTURAL (PE)			3	3	2	2	2	3	2	2	3	2	3	3
PROJ. INST. ELÉTRICA (PIE)				3	2	2	3	1	1	1	2	0	3	3
PROJ. INST. TELEFÔNICA (PIT)					2	2	2	1	1	1	2	0	3	3
PROJ. INST. HIDRÁULICA (PIH)						3	2	1	1	1	2	0	3	3
PROJ. INST. SANITÁRIA (PIS)							2	1	2	1	2	0	3	3
PROJ. INST. DE GÁS (PIG)								1	1	1	2	0	3	3
PROJ. PROD. DE FORMA (PPF)									0	2	1	0	3	3
PROJ. PROD. DE IMPERM. (PPI)										1	2	3	3	3
PROJ. PROD. CANT. OBRA (PPC)											2	2	3	3
PROJ. PROD. VEDAÇÕES (PPV)												3	3	3
PROJ. PROD. REVEST. FAC. (PPR)													3	3
CADERNO DE ENCARGOS (CE)														3
ORÇAMENTO (ORÇ)														

LEGENDA: PESO 0 - Correlação inexistente.

PESO 1 - Correlação fraca.

PESO 2 - Correlação média

PESO 3 - Correlação forte.

Figura 5.11 – Matriz de Correlação entre as Disciplinas do Projeto Piloto.

Nesta fase um elemento da equipe multidisciplinar não compareceu a esta 3ª reunião de coordenação, havendo então necessidade de uma reunião extra entre o coordenador de projeto, o pesquisador e este profissional que faltou a reunião, para a conclusão desta Fase 5.

Definida então, pela equipe de projeto, a matriz de correlação entre as disciplinas do projeto piloto, conforme figura 5.11, todos os pares de correlação que apresentaram intensidade com peso igual ou superior a 1 serão analisados.

Feita a hierarquização dos pares de correlação entre as disciplinas do projeto piloto, a próxima fase descreverá a análise destas correlações.

FASE 6 – Análise das Correlações entre Pares de Disciplinas Seleccionadas.

Com a hierarquização dos pares de correlação entre disciplinas concluída na Fase 5, nesta Fase 6 foram analisados inicialmente os pares de disciplinas que apresentaram uma maior intensidade nas suas correlações.

Para cada par de correlação entre disciplinas de projeto que foi selecionado na Fase 5, foi realizada uma lista de verificação, conforme modelo desenvolvido no item 3.2.3.2 e apresentado na figura 3.16, para identificar os modos de falhas potenciais. Esta identificação ficou definida a partir de um *brainstorming* entre os profissionais participantes da correlação analisada.

Para exemplificação do uso das listas de verificação no projeto piloto será destacada na figura 5.12 a ilustração de uma das listas de verificação realizadas.

LISTA DE VERIFICAÇÃO DOS MODOS DE FALHAS POTENCIAIS		
EMPREENDIMENTO: Projeto Piloto	DISCIPLINAS CORRELACIONADAS	FOLHA: 01 / 03
LOCAL: Fortaleza - Ce	PROJ. INST. SANIT. X PROJ. PROD. IMP	DATA: 06 / 11 / 00
<p>MODOS DE FALHAS POTENCIAIS:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 - Incompatibilidades entre as especificações da impermeabilização e dos ralos sanitários. 2 - Falta de detalhamento na junção (acabamento) da impermeabilização com o ralo. 3 - Falta de detalhamento na junção (acabamento) das tubulações sanitárias com a impermeabilização. 4 - Deficiência na especificação do chumbamento das louças sanitárias. <p>PROFISSIONAIS PARTICIPANTES:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 - Engenheiro responsável pelo projeto de Instalação Sanitária. 2 - Engenheiro responsável pelo projeto de Impermeabilização. 3 - Coordenador de Projeto. <p>DATA DA REALIZAÇÃO: 06 / 11 / 00</p>		

Figura 5.12 – Ilustração de uma Lista de Verificação realizada no Projeto Piloto.

Concluído o levantamento dos Modos de Falhas Potenciais, foi executada em seguida a análise de cada modo de falha potencial, utilizando para isso um formulário FMEA, desenvolvido no item 3.2.3.2 e ilustrado na figura 3.17.

Será detalhado, na figura 5.13 a seguir, um dos formulários FMEA utilizados na análise do projeto piloto.

FMEA – ANÁLISE DOS MODOS E EFEITOS DE FALHAS										
<input checked="" type="checkbox"/> PROJETO DO PRODUTO			<input type="checkbox"/> PROJETO DO PROCESSO							
EMPREENHIMENTO: Projeto Piloto			DISCIPLINAS CORRELACIONADAS				FOLHA: 02 / 04			
LOCAL: Fortaleza - Ce			PROJ. INST. SANIT. X PROJ. PROD. IMP.				DATA: 06 / 11 / 00			
ITEM	ETAPA	FALHAS POSSÍVEIS			ÍNDICES				CONTROLE	AÇÃO CORRETIVA
		MODO	CAUSA	EFEITO	O	G	D	R		
1.0	ESTUDO PRELIMINAR	Incompatibilidade entre a especificação da impermeabilização e dos ralos sanitários.	Não existência do projeto de impermeabilização. Especificação da impermeabilização sem levar em consideração as características do ralo.	Infiltração na junção do ralo com a impermeabilização Dificuldades para execução do acabamento entre o piso e o ralo.	9	7	3	189	Nenhum	De posse do Projeto de Instalação Sanitária e do Projeto de Impermeabilização, fazer a compatibilização das especificações da impermeabilização com a do ralo sanitário a ser utilizado.

Figura 5.13 – Ilustração de um Formulário FMEA realizado no Projeto Piloto.

Determinado o Índice de Risco (R) através da planilha FMEA (figura 5.13), ficou estabelecida uma hierarquização das falhas permitindo se analisar prioritariamente aquelas com maior Índice de Risco. Também ficou definida a ação corretiva para prevenção da falha analisada, tornando possível assim o estabelecimento de um plano de ação para definição das contramedidas a serem adotadas.

O plano de ação para se definir as medidas preventivas a serem adotadas, para solucionar as não-conformidades, foi feito com o uso de um quadro 5W-1H, que foi desenvolvido no item 3.2.3.2 e está documentado na figura 3.18.

Na figura 5.14, ilustrada a seguir, será apresentado um modelo de quadro 5W-1H executado no projeto piloto.

QUADRO 5W – 1H					
<input checked="" type="checkbox"/> PROJETO DO PRODUTO		<input type="checkbox"/> PROJETO DO PROCESSO			
EMPREENHIMENTO: Projeto Piloto		DISCIPLINAS CORRELACIONADAS		FOLHA: 01 / 03	
LOCAL: Fortaleza - Ce		PROJ. INST. SANIT. X PROJ. PROD. IMP.		DATA: 06 / 11 / 00	
WHAT (O QUÊ)	WHO (QUEM)	WHEN (QUANDO)	WHERE (ONDE)	WHY (POR QUE)	HOW (COMO)
Compatibilizar as especificações da impermeabilização com a do ralo sanitário a ser utilizado.	Eng. Projetista da Instalação Sanitária. Eng. Projetista da Impermeabilização	06 / 11 / 00 a 10 / 11 / 00	Escritório do Projetista de Instalação Sanitária.	Solucionar as não-conformidades (especificações) entre os ralos e a Impermeabilização.	Revisar os projetos de Instalação Sanitária e de Impermeabilização, compatibilizando as especificações da impermeabilização com a do ralo sanitário.

Figura 5.14 – Ilustração de um Quadro 5W-1H realizado no Projeto Piloto.

Estabelecido o plano de ação apresentado pelo Quadro 5W-1H (figura 5.14), foram feitos os ajustes devidos nas disciplinas analisadas.

Nesta Fase 6, devido ao grande número de análises das correlações entre pares de disciplinas, do projeto piloto executado, o pesquisador não pode participar de todas as análises realizadas, mas sim de algumas escolhidas aleatoriamente. Embora o pesquisador não tenha podido participar de todas as análises realizadas, o processo funcionou a contento, confirmando assim a absorção do conhecimento da metodologia pelos profissionais participantes da equipe de projeto.

Os resultados desta Fase 6 foram apresentados durante a 4^a reunião de coordenação.

Concluída a análise das correlações entre pares de disciplinas, a próxima fase discriminará a verificação da conformidade do processo.

FASE 7 – Verificação da Conformidade do Processo.

Para verificação da conformidade do processo são feitas duas conferências, uma na fase do Anteprojeto e outra na fase do Projeto Executivo. Para detecção se ainda existem não-conformidades, foi utilizado o *software* Autocad. Com esta ferramenta foi possível fazer a superposição dos pares de disciplinas, detectando assim interferências existentes.

A figura 5.15 ilustra a superposição de um par de disciplinas executada na compatibilização do projeto piloto.

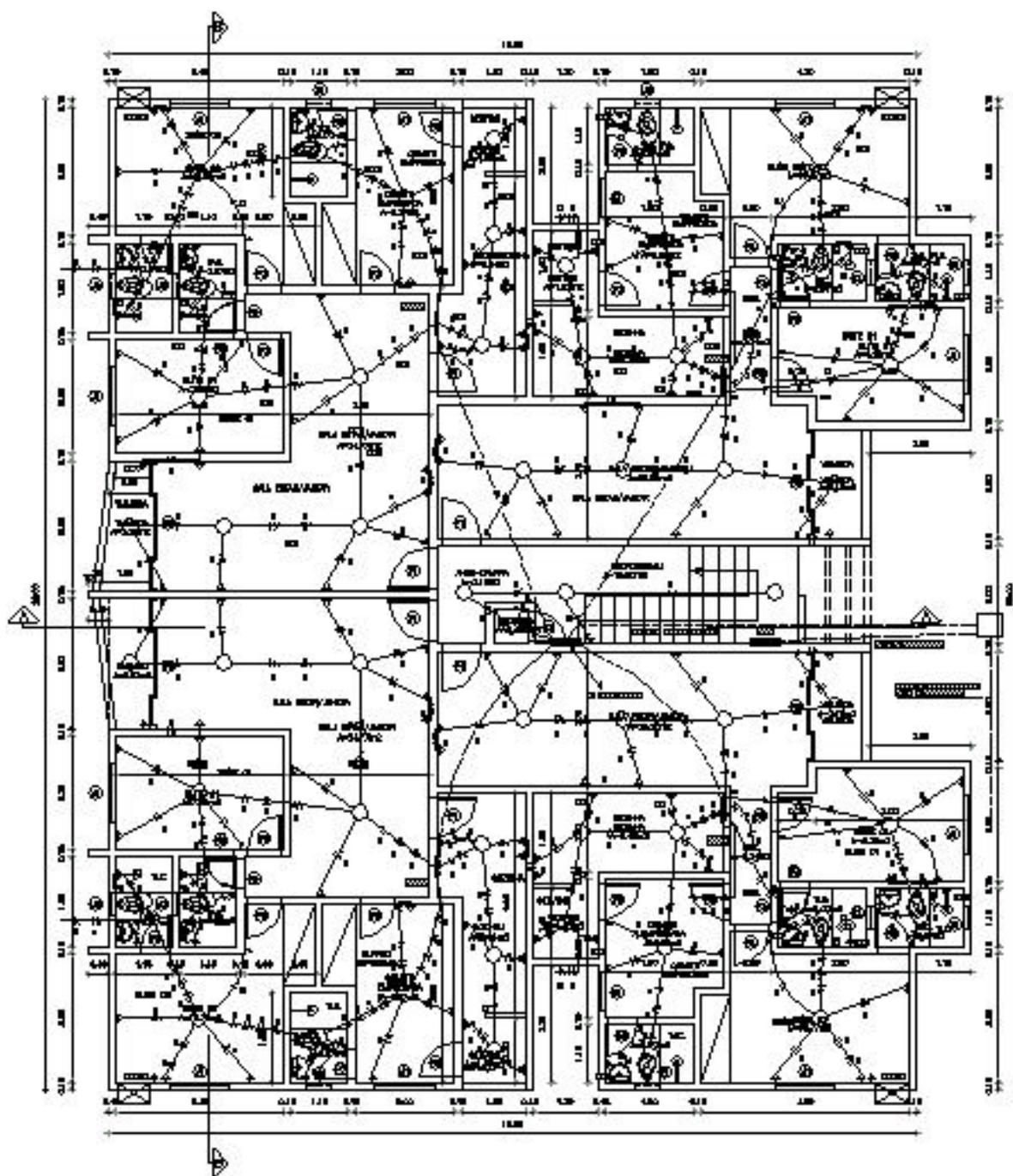


Figura 5.15 – Superposição da Planta Baixa de Arquitetura com a Planta Baixa de Instalação Elétrica do Projeto Piloto.

A nível de Anteprojeto foram levantadas algumas poucas falhas como por exemplo cotas do projeto de estrutura que não coincidiam com as do projeto arquitetônico.

Finalizada esta primeira análise a nível de Anteprojeto providenciou-se a revisão individual dos Anteproyetos. Em seguida iniciou-se a elaboração do Projeto Legal das seguintes disciplinas: Arquitetura, Instalação Elétrica, Instalação Telefônica, Instalação Hidráulica / Prevenção de Incêndio e Instalação Sanitária. Com este Projeto Legal concluído foi providenciado o registro e aprovação deste projeto nos órgãos e concessionárias competentes.

Executada a revisão dos Anteproyetos, passou-se ao desenvolvimento do Projeto Executivo, no qual foi realizada a conferência final do processo para detecção de ainda possíveis não-conformidades.

Neste nível de Projeto Executivo as falhas já foram quase todas detectadas, mas ainda surgiu uma não-conformidade devido a necessidade de uma pequena relocação da descida do aterramento do para-raio proveniente da interferência com a paginação do revestimento da fachada.

Realizada esta verificação de conformidade do Projeto Executivo, foi executada a revisão individual de cada disciplina que apresentou alguma falha.

Constatada a conformidade do Projeto Executivo pode-se então aprovar a liberação deste projeto para a fase de produção (obra).

Mesmo estando o Projeto Executivo conforme, foi feita uma ponderação para a diretoria da EMPRESA para que o início dos serviços de construção fosse concretizado após a aprovação do Projeto Legal pelos órgãos e concessionárias competentes.

5.4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE O CAPÍTULO

Este capítulo discorreu sobre a validação do modelo proposto, apresentando resultados provenientes da aplicação deste modelo em uma construtora de pequeno porte, do subsetor de edificações.

Dos resultados obtidos verificou-se possíveis vantagens do modelo no que concerne a:

- Maior transparência na visualização das interfaces entre disciplinas de projeto;
- Definição clara da função de cada elemento envolvido no desenvolvimento do projeto;
- Redução considerável das não-conformidades apresentadas pelas interfaces das disciplinas do projeto piloto;
- Diminuição do índice de retrabalhos durante o desenvolvimento do processo de projeto.

Em relação a pontos fracos do modelo detectou-se possíveis desvantagens em relação a:

- Necessidade de melhorias no gerenciamento das informações produzidas durante o desenvolvimento do projeto;
- Necessidade de um trabalho mais aprofundado para sensibilização e motivação dos profissionais de projeto no engajamento destes à equipe multidisciplinar.

Espera-se que esta metodologia obtida contribua para a obtenção de melhorias ao processo de projeto na Indústria da Construção Civil Subsetor Edificações.

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES

Dada a importância que a Indústria da Construção Civil Subsetor Edificações tem na economia brasileira e dos índices indesejáveis para o seu desenvolvimento qualitativo que esse ramo industrial apresenta, este trabalho teve como objetivo principal contribuir para redução destes índices desfavoráveis, propondo melhorias ao processo de projeto, visto que este tem uma participação fundamental na construção de edificações. A proposição de melhorias foi feita através de uma metodologia de compatibilização das interfaces entre especialidades do projeto de edificações.

6.1 – OBJETIVOS ALCANÇADOS

A validação do modelo proposto através do estudo de caso, possibilitou a visualização do atingimento dos objetivos geral e específicos deste trabalho, definidos no Capítulo 1.

Em linhas gerais, o estudo de caso confirmou a aplicabilidade do modelo proposto, garantindo assim o alcance do objetivo geral, que é desenvolver uma metodologia para compatibilização das interfaces entre especialidades do projeto de edificações para pequenas construtoras. Quanto aos objetivos específicos, foi definido o modelo do processo de projeto que permite a implementação da compatibilização de projetos; foram estabelecidos parâmetros de compatibilização de projetos, baseados na visão sistêmica do projeto, nos princípios da Engenharia Simultânea e na utilização de ferramentas para a Análise de Falhas.

Com os objetivos específicos atingidos, o que se verificou foi que na etapa de Estudo Preliminar do processo de projeto, já ocorreu uma considerável redução das não-conformidades apresentadas pelas interfaces das disciplinas do projeto piloto, suprimindo assim uma deficiência do modelo tradicional, no qual as etapas de Anteprojeto e Projeto Executivo ainda apresentavam uma quantidade de não-conformidades não condizente com o padrão de qualidade que o mercado requisitava. Porém, o estudo de caso também demonstrou que o modelo apresenta pontos fracos no tocante ao gerenciamento das informações geradas durante o desenvolvimento do projeto e que há necessidade de um trabalho mais aprofundado para sensibilização e motivação dos profissionais de projeto no engajamento destes à equipe multidisciplinar.

Convém destacar que a obtenção dos objetivos descritos anteriormente foi facilitada pelo envolvimento e comprometimento da alta direção da EMPRESA, e da contribuição obtida através das entrevistas realizadas com profissionais da área de gestão e compatibilização de projetos de edificações.

6.2 – SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Baseado no desenvolvimento deste trabalho, e principalmente no estudo de caso realizado, pode-se propor os seguintes temas para pesquisas futuras:

- desenvolvimento de um modelo para constituição de um banco de tecnologia construtiva que possa ser inserido no modelo de compatibilização de projetos;
- pesquisa e desenvolvimento de formas de sensibilização e motivação de profissionais de projeto para assegurar o engajamento destes à equipe multidisciplinar;
- estudo objetivando a definição do perfil recomendado para um coordenador de projetos;
- desenvolvimento de um modelo para levantamento das necessidades do cliente, para compor o *Briefing*, com a utilização de uma ferramenta da Engenharia Simultânea que é o QFD – *Quality Function Deployment* ou Desdobramento da Função Qualidade.

6.3 – CONCLUSÕES FINAIS

Pretende-se com este trabalho fornecer uma contribuição para obtenção de melhorias no processo de desenvolvimento de projetos na Indústria da Construção Civil Subsetor Edificações, proporcionando desta maneira uma melhoria de qualidade a este importante segmento da economia brasileira e aos seus usuários finais.

Entende-se também que o tema não tenha sido explorado em toda a sua amplitude, tornando-se essencial a continuidade do seu estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) NBR ISO 9001. **Sistemas da Qualidade - Modelo para garantia da qualidade em projeto, desenvolvimento, produção, instalação e serviços associados.** Rio de Janeiro, 1994, 11p.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) NBR 13.531. **Elaboração de Projetos de Edificações: Atividades técnicas.** Rio de Janeiro, 1995, 10p.

ABRANTES, V. **Construção em bom português.** Técnica, n.14, p.27-31, jan./fev. 1995.

BAÍIA, J. L.; MELHADO, S. B. **Sistemas de gestão da qualidade em empresas de projeto: aplicação ao caso das empresas de arquitetura.** In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS, São Paulo, 1998. Anais. São Paulo, EPUSP, 1998, v.2, p.469-476.

BONIN, L. C. **Considerações sobre a utilização do conceito de desempenho como instrumento para a modernização tecnológica na construção de edificações.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Florianópolis, 1998. Qualidade no processo construtivo: anais. Florianópolis, UFSC/ANTAC, 1998, v.2, p.447-452.

BRAGA, M. A. **Abordagem sistêmica e a avaliação de sistemas construtivos.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Florianópolis, 1998. Qualidade no processo construtivo: anais. Florianópolis, UFSC/ANTAC, 1998, v.1, p.727-735.

BRANDÃO, D. Q.; HEINECK, L. F. M. **Participação do cliente na definição do ambiente construído através da flexibilização dos projetos de edificações: um projeto de pesquisa em desenvolvimento.** In: CONGRESSO TÉCNICO – CIENTÍFICO DE ENGENHARIA CIVIL Florianópolis, 1996. Anais, UFSC, 1996, v.2, p.287-298.

CAMBIAGHI, H. **Qualidade de projetos: instrumento para o aumento de produtividade na construção.** Construção, n.258, p.18, novembro 1994.

CARDOSO, F. F. **Estratégias empresariais e novas formas de racionalização da produção no setor de edificações no Brasil e na França. Parte 2: Do estratégico ao tático.** Estudos econômicos da Construção, São Paulo, 1997, p.119-160.

CARVALHO JUNIOR, A.N.; ANDERY, P.R.P. **Ferramentas de análise de falhas aplicadas à execução de obras de edificações.** In: CONGRESSO LATINO - AMERICANO DE TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS, São Paulo, 1998. Anais, São Paulo, EPUSP, 1998, v.2, p.477-484.

CASAROTTO FILHO, N.; FÁVERO, J. S.; CASTRO, J. E. E. **Gerência de Projetos / Engenharia Simultânea.** São Paulo, Ed. Atlas, 1999, 173p.

CERQUEIRA, J. P. **ISO 9000, no Ambiente da Qualidade Total,** Rio de Janeiro, Imagem Ed., 1994.

DIAS, S. R. M.; SILVA, J. J. R. **Compatibilização de Projetos.** In: Programa de inovação da construção civil do estado do Ceará – Modulo 2/6. Fortaleza, INOVACON – CE, 2000.

FABRICIO, M. M. **Desenvolvimento de produtos com engenharia simultânea: apropriação de conceitos e metodologias.** São Paulo, 1997. Seminário PCC – 5779 (Pós-graduação) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 32p.

FABRICIO, M. M.; MELHADO, S. B. **A importância do estabelecimento de parcerias construtora – projetistas para a qualidade na construção de edifícios.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Florianópolis, 1998. Qualidade no processo construtivo: anais. Florianópolis, UFSC / ANTAC, 1998, v.2, p. 453-459.

FERREIRA, A. B. **Produto total e projeto total: processo para qualidade do projeto a partir da voz do cliente.** São Paulo, 1993. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

FORMOSO, C. T.; CESARE, C. M.; LANTELME, E. M.; SOIBELMAN, L. **Perdas na construção civil: conceitos, classificações e indicadores de controle.** Técnica, n. 23, p. 30-33, jul. / ago. 1996.

FRANCHI, C. C.; SOIBELMAN, L.; FORMOSO, C. T. **As perdas de materiais na indústria da construção civil.** In: SEMINÁRIO QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL, Porto Alegre, 1993. Gestão e Tecnologia. Porto Alegre, NORIE / UFRGS, 1993, p. 133-198.

FRANCO, L. S.; AGOPYAN, V. **Implementação da Racionalização Construtiva na Fase de Projeto.** São Paulo, EPUSP, 1994 (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT / PCC / 94).

FREITAS, M. A.; COLOSIMO, E. A. **Confiabilidade: análise de tempo de falha e testes de vida acelerados.** Belo Horizonte. Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1997, 309p.

FRUET, G. M.; FORMOSO, C. T. **Diagnóstico das dificuldades enfrentadas por gerentes técnicos de empresas de construção civil de pequeno porte.** In: SEMINÁRIO QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2, Porto Alegre, 1993. Gestão e Tecnologia. Porto Alegre, NORIE / UFRGS, 1993, p.1-52.

GIL, A. C. **Como elaborar Projetos de Pesquisa**, 3^a ed., São Paulo, ed. Atlas, 1996, 159p.

GUS, M. **Método para a Concepção de Sistemas de Gerenciamento da Etapa de Projetos da Construção Civil: um estudo de caso em empresa de incorporação e construção de edifícios em Porto Alegre.** Porto Alegre, 1996. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 150p.

HAMMARLUND, Y.; JOSEPHSON, P. E. **Qualidade: cada erro tem seu preço.** Tradução de Vera M. C. Fernandes. Técnica, n. 1, p. 32-34, nov. / dez. 1992.

HEINECK, L. F. M.; TRISTÃO, A. M. D.; NEVES, R. M. **Problemas em uma empresa de construção e em seus canteiros de obras.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Rio de Janeiro, 1995. Qualidade e Tecnologia na Habitação: anais Rio de Janeiro, UFRJ / ANTAC, 1995, v.1, p. 155-160.

HELMAN, H.; ANDERY, P. R. P. **Análise de Falhas – aplicação dos métodos de FMEA e FTA.** Belo Horizonte, Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 1995, 156p.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Anuário Estatístico do Brasil**, IBGE, 1996.

JOBIM, M. S. S.; CAZET, A. F.; LOCATTO, S. S.; MACIEL, V. **Controle do Processo de Projeto na Construção Civil**. Porto Alegre, FIERGS / CIERGS, 1999, 215p.

JUNQUEIRA, G. B. **Da engenharia tradicional à engenharia simultânea no setor industrial nacional**. São Paulo, 1994. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 119p.

JURAN, J. M.; GRZYNA, F. M. **Controle da qualidade – Conceitos, Políticas e Filosofia da Qualidade**, 4ª ed., São Paulo, Makron / McGraw – Hill, 1991a, v. 1, 377p.

JURAN, J. M.; GRZYNA, F. M. **Controle da qualidade – Ciclo dos Produtos: Do projeto à produção**. 4ª ed., São Paulo, Makron / McGraw – Hill, 1991b, v. 3, 397p.

KOSKELA, L. **Application of the new philosophy to construction**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Florianópolis, 1998. Qualidade no Processo Construtivo: anais, Florianópolis, UFSC / ANTAC, 1998, v. 1, p.3 – 10.

KRUGLIANSKAS, I. **Engenharia simultânea: organização e implantação em empresas brasileiras**. Revista de Administração da USP, n. 4, p.104-110, out. / dez. 1993.

LESSA, A.; FREITAS, A.; WALKER, R. A. **Soluções CIM aplicadas à engenharia simultânea**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Rio de Janeiro, 1999. Horizontes da Engenharia de Produção: CD – ROM. Rio de Janeiro, UFRJ / ABEPRO, 1999, 19p.

LIMMER, C. V. **Planejamento, Orçamentação e Controle de Projetos e Obras**. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora, 1997, 225p.

MARQUES, G. A. C. **O projeto na engenharia civil**. São Paulo, 1979. Dissertação (Mestrado) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 117p.

MAWAKDIYE, A. **Maior do que se pensa**. Construção, n. 284, p.10 – 11, janeiro / 1997.

MAXIMIANO, A. C. A. **Introdução à Administração**. São Paulo, ed. Atlas, 1995, 476p.

MEIRA, G. R.; ARAÚJO, N. M. C. **A padronização como fator de redução de desperdícios na construção civil.** In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Gramado, 1997. CD – ROM, Gramado, UFRGS / ABEPRO, 1997, 7p.

MELHADO, S. B. **A qualidade na construção civil e o projeto de edifícios.** In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, São Paulo, 1993. Avanços em tecnologia e gestão da produção de edificações: anais. São Paulo, EPUSP / ANTAC, 1993, v. 2, p.703 – 704.

MELHADO, S. B. **Qualidade do Projeto na Construção de Edifícios: Aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção.** São Paulo, 1994. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 295p.

MELHADO, S. B. **Metodologia de projeto voltada à qualidade na construção de edifícios.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Florianópolis, 1998. Qualidade no processo construtivo: anais. Florianópolis, UFSC / ANTAC, 1998, v.2, p.739 – 747.

MESEGUER, A. G. **Controle e Garantia da Qualidade na Construção.** Tradução de Antônio Carmona Filho, Paulo Roberto do Lago Helene, Roberto José Falcão Bauer. SINDUSCON SP – PROJETO-PW, São Paulo, 1991, 179p.

MOURA, D. C.; OLIVEIRA, R. **Mudanças organizacionais frente à evolução do processo de projeto de edificações.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Florianópolis, 1998. Qualidade no processo construtivo: anais. Florianópolis, UFSC / ANTAC, 1998, v.2, p.199 – 205.

MUNIZ JUNIOR, J.; PLONSKI, G. A.; LOURENÇÃO, P. T. M. **O papel da Engenharia Simultânea no aprimoramento contínuo e competitivo da Embraer.** In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Sorocaba, 1996. CD – ROM, Sorocaba, USP / ABEPRO, 1996, 8p.

NASCIMENTO, C. E.; FORMOSO, C. T. **Método para avaliar o projeto do ponto de vista da produção.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Florianópolis, 1998. Qualidade no processo construtivo: anais. Florianópolis, UFSC / ANTAC, 1998, v. 2, p.151 – 158.

NOVAES, C. C. **Qualidade na habitação: o papel da coordenação de projetos.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Rio de Janeiro, 1995. Qualidade e Tecnologia na Habitação: anais. Rio de Janeiro, UFRJ/ANTAC 1995, v. 1, p.85 – 90.

NOVAES, C. C. **Diretrizes para a garantia da qualidade do projeto na produção de edificações,** São Paulo, 1996. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 389p.

NOVAES, C. C. **Um enfoque diferenciado para o projeto de edificações: projetos para produção.** In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Gramado, 1997: CD-ROM, Gramado, UFRGS / ABEPRO, 1997, 8p.

NOVAES, C. C. **A modernização do setor da construção de edifícios e a melhoria da qualidade do projeto.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Florianópolis, 1998. Qualidade no processo construtivo: anais, Florianópolis, UFSC / ANTAC, 1998, v. 1 , p.169-176.

O'CONNOR, J. T.; DAVIS, V. S. **Constructability improvement during field operations.** Journal of Construction Engineering and Management, v. 114, n. 4, p.548-564, dec./1988.

PICCHI, F. A. **Sistemas de qualidade: uso em empresas de construção de edifícios.** São Paulo 1993. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 461p.

SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia.** São Paulo, 1989. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

SCHMITT, C. M. **Por um modelo integrado de sistema de informações para a documentação de projetos de obras de edificação da indústria da construção civil.** Porto Alegre, 1998. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 318p.

SEBRAE / SINDUSCON – PR (Serviço Brasileiro de Apoio às Pequenas e Micro Empresas do Paraná). **Diretrizes Gerais para Compatibilização de Projetos,** Curitiba, 1995, 120p.

SEBRAE (Serviço Brasileiro de Apoio às Pequenas e Micro Empresas) do Ceará. **Classificação de Porte de Empresas – SEBRAE / NA**. Fortaleza, 2000, 1p.

SILVA, M. A. C. **Metodologia de gestão da qualidade no processo de elaboração de projetos de edificações**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Rio de Janeiro, 1995. Qualidade e Tecnologia na Habitação: anais. Rio de Janeiro, UFRJ / ANTAC, 1995, v. 1, p.55-60.

SOUZA, R.; MEKBEKIAN, G.; SILVA, M. A. C.; LEITÃO, A. C. M. T.; SANTOS, M. M. **Sistema de Gestão da Qualidade para Empresas Construtoras**. São Paulo, CTE / SINDUSCON-SP / SEBRAE-SP, 1994, 247p.

SOUZA, A. L. R.; MELHADO, S. B. **O projeto para produção como ferramenta de gestão da qualidade: aplicação às lajes de concreto armado de edifícios**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Florianópolis, 1998. Qualidade no processo construtivo: anais. Florianópolis, UFSC / ANTAC, 1998, v. 2, p.37 – 45.

TZORTZOPOULOS, P. **Contribuições para o Desenvolvimento de um Modelo do Processo de Projeto de Edificações em Empresas Construtoras Incorporadoras de Pequeno Porte**. Porto Alegre, 1999. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 150p.

VANNI, C. M. K.; GOMES, A. M.; ANDERY, P. R. P. **Análise de falhas aplicada à otimização de projetos de edificações**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Rio de Janeiro, 1999. Horizontes da Engenharia de Produção: CD-ROM, Rio de Janeiro, UFRJ / ABEPRO, 1999, 16p.

ZANFELICE, J. C. **A qualidade do projeto e o gerenciamento de configuração**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Rio de Janeiro, 1995. Qualidade e Tecnologia na Habitação: anais, Rio de Janeiro, UFRJ/ANTAC 1995, v. 1, p.25 – 30.

ZANFELICE, J. C. **Estudos de construtibilidade e a qualidade da construção**. In: CONGRESSO TÉCNICO – CIENTÍFICO DE ENGENHARIA CIVIL, Florianópolis, 1996. Anais, UFSC, 1996, v. 2, p.272 –280.

BIBLIOGRAFIA

BERNARDES, C.; ARKIE, A.; FALCÃO, C. M.; KNUDSEN, F.; VANOSI, G.; BERNARDES, M.; YAOKITI, T. U. **Qualidade e o Custo das Não – Conformidades em Obras de Construção Civil**. São Paulo, Ed. PINI, 1998, 90p.

DINSMORE, P. C. **Gerência de Programas e Projetos**. São Paulo, Ed. PINI, 1992, 176p.

GOLDMAN, P. **Introdução ao Planejamento e Controle de Custos na Construção Civil Brasileira**. São Paulo, Ed. PINI, 1997, 180p.

PALADINI, E. P. **Controle de Qualidade: uma abordagem abrangente**. São Paulo. Ed. ATLAS, 1990, 239p.

PRADO, D. S. **Planejamento e controle de projeto**. Belo Horizonte, Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998, 160p.

ROCHA FILHO, R.A. **Gerenciamento da melhoria da qualidade nos processos de construção: uma proposta**. Niteroi, 1994. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense, 171p.

VIEIRA NETTO, A. **Construção Civil & Produtividade – Ganhe Pontos Contra o Desperdício** São Paulo, Ed. PINI, 1993, 188p.

YAZIGI, W. **A Técnica de Edificar**. São Paulo, Ed. PINI, 2000, 648p.

ANEXO

MODELO DE QUESTIONÁRIO UTILIZADO NAS ENTREVISTAS COM ESPECIALISTAS EM GESTÃO E COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS.

QUESTIONÁRIO:

- 1) Qual o seu conhecimento sobre compatibilização de projetos?
- Somente teórico. Ainda não utilizei.
 - Prático. Utilizo em minhas obras.
 - Não tenho conhecimento.
- 2) Você acha que uma empresa precisa fazer compatibilização de projetos?
- Sim
 - Não
- 3) Em sua experiência profissional já houve casos de problemas decorrentes de não ter sido feita a compatibilização de projetos?
- Sim
 - Não
- Em caso afirmativo especifique.
- 4) Com base na sua experiência sobre gerência de projetos na construção de edificações, quais empecilhos apareceriam devido à compatibilização de projetos?
- Culturais – criação de equipes multidisciplinares.
 - Técnicos – treinamento em engenharia simultânea e FMEA.
 - Organizacionais – sistematização de informações.
 - Outros – especifique:
- 5) Na fase de projeto há necessidade de uma sistematização de informações?
- Sim
 - Não
- Em caso afirmativo justifique.

- 6) Durante a sua participação no desenvolvimento de projetos, você trabalhou com algum sistema de gerenciamento de informações?
- Sim
- Não
- Em caso afirmativo especifique.
- 7) O planejamento da produção da obra, a seleção do sistema de tecnologia e os projetos de produção devem ser realizados em qual fase ?
- Após a conclusão do projeto executivo.
- Durante o desenvolvimento do projeto do produto.
- Não executa.
- 8) Caso tenha participado de reuniões para compatibilização de projetos como foram feitas estas reuniões?
- Reuniões freqüentes durante a elaboração dos projetos.
- Reuniões esporádicas.
- Reuniões a cargo dos projetistas.
- Não participou.
- 9) Assinale a(s) afirmativa(s) que melhor caracteriza(m) a situação de gerenciamento de projetos em empresas nas quais já trabalhou.
- Existe profissional específico dentro da empresa responsável pelo gerenciamento e pela compatibilização de projetos.
- O gerenciamento e a compatibilização de projetos são feitos pelo proprietário da empresa.
- O engenheiro de obra é quem faz o gerenciamento dos projetos.
- A empresa contrata profissional específico para esta atividade.
- 10) O profissional envolvido nos projetos que fica responsável pela compatibilização dos mesmos, tem a formação de:
- Arquiteto.
- Engenheiro de obras.
- Engenheiro calculista.
- Engenheiro projetista de instalações.
- Outro. Especifique.

11) Você tem algum dado sobre o percentual de desperdício que é consequência da falta de compatibilização de projetos ?

Sim

Não

Em caso afirmativo especifique.

12) Nas atividades de compatibilização de projetos que você participou, existia um manual para orientação deste serviço ?

Sim

Não

13) Você acha necessário o estabelecimento de regras para a atividade de compatibilização de projetos?

Sim

Não

14) Na resposta anterior em caso afirmativo, como seriam estabelecidas essas regras para compatibilização de projetos?

Manual específico de compatibilização de projetos.

Manual de gerenciamento de projetos.

Regras informais.

Outros. Especifique.

15) Para a realização da compatibilização de projetos quais os documentos utilizados?

Projeto arquitetônico.

Projeto estrutural.

Projeto elétrico.

Projeto hidráulico / incêndio.

Projeto sanitário.

Projeto de gás.

Projetos de produção.

Caderno de encargos.

Orçamento.

Outros. Especifique.

- 16) De acordo com o seu conhecimento profissional que tipos de ferramentas já foram utilizadas na compatibilização de projetos?
- Autocad
 - Engenharia Simultânea
 - FMEA
 - FTA
 - Outros. Especifique.
- 17) Qual o número de compatibilizações de projetos a ser realizado para solucionar os problemas de falta de integração entre os mesmos?
- Uma – na fase de projeto executivo.
 - Duas – nas fases de anteprojeto e projeto executivo.
 - Três – nas fases de estudo preliminar, anteprojeto e projeto executivo.
 - Mais de três – especifique.
- 18) No desenvolvimento dos projetos que você participou as não-conformidades oriundas da falta de compatibilização de projetos foram registradas?
- Sim
 - Não
- Em caso afirmativo especifique como.
- 19) Que tipo de conhecimento você tem sobre Engenharia Simultânea?
- Somente teórico, ainda não utilizei.
 - Prático, já utilizei em meus trabalhos.
 - Não tenho conhecimento.
- 20) Que tipo de conhecimento você tem sobre FMEA?
- Somente teórico, ainda não utilizei.
 - Prático, já utilizei em meus trabalhos.
 - Não tenho conhecimento.