

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

APOIO À DECISÃO PARA A IMPLANTAÇÃO DE FERRAMENTAS DE PROJETO
NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Dissertação submetida à

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

para a obtenção do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA MECÂNICA

MÁRCIO LUIZ GIACOMIN

Florianópolis, março de 2007

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA MECÂNICA**

**APOIO À DECISÃO PARA A IMPLANTAÇÃO DE FERRAMENTAS DE PROJETO
NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS**

MÁRCIO LUIZ GIACOMIN

**Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de
MESTRE EM ENGENHARIA**

ESPECIALIDADE ENGENHARIA MECÂNICA

sendo aprovada em sua forma final.

**Prof. Fernando Cabral, Ph.D.
Coordenador do Curso**

**Prof. Fernando Antonio Forcellini, Dr.
Orientador**

BANCA EXAMINADORA

**Prof. Abelardo A. de Queiroz, Ph.D.
Presidente**

Prof. Osmar Possamai, Dr.

Prof. Rodrigo Lima Stoeterau, Dr.

**“O maior patrimônio não é o capital,
é o conhecimento.”
Peter Drucker**

**“Não aponte defeitos:
aponte soluções.”
Henry Ford**

**Dedico esta obra aos meus pais,
Domingos Giacomini (*in memoriam*) e
Eunice Sbruzzi Giacomini,
à minha irmã Janete e
ao meu irmão Marcos André.**

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, refúgio e fortaleza durante essa caminhada.

Ao Departamento e Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina, em nome do coordenador do curso, professores e funcionários, pela oportunidade concedida; pela credibilidade na estrutura física, científica e tecnológica; e pelo carinho e profissionalismo.

Ao meu orientador, Prof. Fernando Antonio Forcellini, Dr. Eng., por suas proficientes orientações que proporcionaram o crescimento humano e profissional na pesquisa, ciência, tecnologia e política.

Aos professores e membros da banca, Prof. Abelardo, Prof. Possamai e Prof. Stoeterau, pelas recomendações e contribuições que muito agregaram valor a esse trabalho.

A FEESC, em nome do Prof. Edson da Rosa, pelo honroso voto de confiança, auxílio e por ser o meio de comunicação entre universidade e empresa.

A empresa Schulz S.A., em nome dos Engenheiros Denis J. Soncini, Paulo Paim Bräscher F., Evandro de Souza Santos e demais colaboradores da empresa, pela disponibilidade em participar da pesquisa-ação, implantação dos métodos de projeto, suporte financeiro e pela cordialidade.

As demais empresas participantes do estudo de campo, pela disponibilidade em fornecer informações peculiares a cada organização e pela cordialidade.

A minha família, nas pessoas da Sra. Eunice (minha Mãe), Sr. Domingos (meu pai, falecido recentemente), por serem meus primeiros mestres em amor, humildade, persistência e formação humana; aos meus irmãos, Janete e Marcos André, à minha sobrinha Laura e a seus pais Janete e Fabiano, pelo carinho e incentivo ao aperfeiçoamento profissional. A Eliane Klotz, pelo Amor, carinho e compreensão.

Ao colega e amigo, Antônio Domingues Brasil, pelo carinho, orientações na pesquisa e pelo grande incentivo e credibilidade. Ao amigo Julio H. Losso Hermes, pelo empenho e dedicação em contribuir na pesquisa.

Aos demais colegas e amigos, Dirceu Scaratti, Marcos R. Carrafa, Marcelo G. F. Gitirana, Ivo R. Montanha Jr., Carlos E. L. Leonel, Paulo Broggio, Fábio E. Santana, Mario Melo, Claudelino Dias, Washington Martins e Fernando Calil, dentre outros, pelo grande apoio e amizade.

A todas as entidades não citadas que colaboraram de alguma forma para a realização e concretização desse trabalho e a todas as pessoas que foram dignas de compartilhar as vitórias e as derrotas.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE QUADROS	XIII
LISTA DE ABREVIATURAS	XV
RESUMO.....	XVII
ABSTRACT	XVIII
CAPÍTULO 1	1
INTRODUÇÃO	1
CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	1
1.2 JUSTIFICATIVA	3
1.3 OBJETIVOS E CONTRIBUIÇÕES	5
1.3.1 <i>Objetivo Geral</i>	5
1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i>	6
1.4 QUESTÕES ORIENTADORAS DA PESQUISA	6
1.5 LIMITAÇÕES E ABRANGÊNCIAS DO TRABALHO	7
1.6 CARACTERIZAÇÃO DA METODOLOGIA DE PESQUISA.....	8
1.7 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	9
CAPÍTULO 2	11
O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS - PDP	11
CONSIDERAÇÕES INICIAIS	11
2.1 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS.....	11
2.1.1 <i>Projeto do Produto</i>	15
2.2 NÍVEIS DE MATURIDADE DO PDP.....	21
2.3 PROCESSO DE MELHORIA DO PDP.....	23
CONSIDERAÇÕES FINAIS	25
CAPÍTULO 3	26
MÉTODOS, TÉCNICAS E FERRAMENTAS DE APOIO AO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS.....	26
CONSIDERAÇÕES INICIAIS	26
3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS MÉTODOS, TÉCNICAS E FERRAMENTAS DE APOIO AO PDP	26
3.1.1 <i>Método, técnica ou ferramenta?</i>	26
3.1.2 <i>Contexto e áreas de aplicação dos métodos de projeto de apoio ao PDP</i>	27
3.2 TIPOS DE MÉTODOS, TÉCNICAS E FERRAMENTAS DE APOIO AO PDP	30
3.2.1 <i>QFD – Quality Function Deployment</i>	30
3.2.2 <i>FMEA – Failure Mode and Effects Analysis</i>	34
3.2.3 <i>TRIZ – Teoria da Solução Inventiva de Problemas</i>	37
3.2.4 <i>DOE – Design of Experiments</i>	41

3.2.5	<i>FAST – Functional Analysis System Technique</i>	44
3.2.6	<i>Outros métodos, técnicas e ferramentas de projeto de apoio ao PDP</i>	45
3.2.7	<i>Ferramentas de Gestão de Tecnologia segundo o Temaguide</i>	46
3.3	ASPECTOS GERAIS DOS MÉTODOS DE PROJETO	52
3.3.1	<i>A usabilidade dos métodos de projeto pela indústria e suas problemáticas</i>	52
3.3.2	<i>Seleção e implantação de métodos de projeto</i>	57
3.3.2.1	<i>Modelo de Métodos de Munique (Munich Model of Methods – MMM)</i>	58
3.3.2.2	<i>Modelo de Métodos Orientado ao Processo (Process-oriented Method Model)</i>	59
3.3.2.3	<i>Modelo Geral do Processo de Aquisição de Ferramentas de Desenvolvimento</i>	61
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
	CAPÍTULO 4	64
	ESTUDO DE CAMPO E PESQUISA-AÇÃO: DELINEAMENTO E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	64
	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	64
4.1	DELINEAMENTO DO ESTUDO DE CAMPO E SEUS RESULTADOS	64
4.1.1	<i>Planejamento do estudo de campo</i>	65
4.1.1.1	<i>Estabelecimento dos objetivos</i>	65
4.1.1.2	<i>Instrumentos para coleta de dados</i>	66
4.1.1.3	<i>Seleção das amostras</i>	67
4.1.2	<i>Execução do estudo de campo</i>	68
4.1.3	<i>Apresentação e análise dos resultados</i>	68
4.1.3.1	<i>Características gerais das empresas</i>	69
4.1.3.2	<i>Características do setor de DP das empresas</i>	70
4.1.3.3	<i>Características do PDP das empresas</i>	72
4.1.3.4	<i>A usabilidade dos métodos de projeto nas empresas do Estudo de Campo</i>	74
4.1.4	<i>Considerações finais do estudo de campo</i>	76
4.2	DELINEAMENTO DA PESQUISA-AÇÃO E SEUS RESULTADOS	77
4.2.1	<i>Seleção da empresa</i>	78
4.2.2	<i>Fase exploratória</i>	78
4.2.2.1	<i>Caracterização da empresa da pesquisa-ação</i>	79
4.2.2.2	<i>Caracterização do setor de DP da EPA</i>	80
4.2.2.3	<i>Caracterização do PDP da EPA</i>	80
4.2.2.4	<i>Usabilidade de métodos de projeto na EPA</i>	82
4.2.3	<i>Definição dos problemas no PDP da EPA</i>	82
4.2.4	<i>Construção de hipóteses</i>	84
4.2.5	<i>Realização do seminário</i>	84
4.2.6	<i>Coleta de dados</i>	85
4.2.7	<i>Análise e interpretação dos dados</i>	87
4.2.8	<i>Elaboração do plano de ação</i>	90
4.2.9	<i>Divulgação dos resultados</i>	91
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	91

CAPÍTULO 5	92
PROJETO DE IMPLANTAÇÃO DE MÉTODOS DE PROJETO NO PDP DA EMPRESA DA PESQUISA-AÇÃO	92
CONSIDERAÇÕES INICIAIS	92
5.1 PROJETO DE IMPLANTAÇÃO DO MÉTODO QFD	93
5.1.1 <i>Planejamento da implantação do QFD</i>	94
5.1.1.1 <i>Definição de premissas para a implantação do QFD</i>	94
5.1.1.2 <i>Definição do modelo da matriz QFD e suas principais atividades</i>	95
5.1.1.3 <i>Definição do projeto para aplicação do método</i>	96
5.1.1.4 <i>Definição dos recursos necessários</i>	97
5.1.2 <i>Execução da implantação do QFD</i>	98
5.1.2.1 <i>Capacitação dos profissionais</i>	98
5.1.2.2 <i>Aplicação do QFD na empresa</i>	98
5.1.3 <i>Controle da implantação do QFD</i>	107
5.1.3.1 <i>Avaliação do processo de implantação do método QFD no PDP da EPA</i>	107
5.1.3.2 <i>Avaliação da importância na implantação do QFD na EPA</i>	109
5.1.4 <i>Ações de melhorias da implantação do QFD</i>	110
5.1.5 <i>Divulgação dos resultados e considerações finais</i>	111
5.2 PROJETO DE IMPLANTAÇÃO DO MÉTODO FMEA	112
5.2.1 <i>Planejamento da implantação do FMEA</i>	112
5.2.1.1 <i>Definição de premissas para a implantação do FMEA</i>	112
5.2.1.2 <i>Definição do modelo da matriz FMEA e suas principais atividades</i>	114
5.2.1.3 <i>Definição do projeto para aplicação do método</i>	115
5.2.1.4 <i>Definição dos recursos necessários</i>	116
5.2.2 <i>Execução da implantação do FMEA</i>	116
5.2.2.1 <i>Capacitação dos profissionais</i>	117
5.2.2.2 <i>Aplicação do FMEA na empresa</i>	118
5.2.3 <i>Controle da implantação do FMEA</i>	127
5.2.3.1 <i>Avaliação do processo de implantação do método FMEA no PDP da EPA</i>	128
5.2.3.2 <i>Avaliação da importância na implantação do método FMEA no PDP da EPA</i>	129
5.2.4 <i>Ações de melhorias na implantação do FMEA</i>	130
5.2.5 <i>Divulgação dos resultados aos integrantes do departamento de projeto</i>	132
CONSIDERAÇÕES FINAIS	132
CAPÍTULO 6	134
PRINCÍPIOS E RECOMENDAÇÕES PARA IMPLANTAÇÃO DE MÉTODOS DE PROJETO NO PDP	134
CONSIDERAÇÕES INICIAIS	134
6.1 QUANTO À SELEÇÃO DO MÉTODO ADEQUADO	135
6.1.1 <i>Explorar o PDP da empresa</i>	136
6.1.2 <i>Avaliar o PDP da empresa</i>	137
6.2 QUANTO AO PLANEJAMENTO NA IMPLANTAÇÃO DO MÉTODO.....	142
6.2.1 <i>Definir de premissas para a implantação do método</i>	143

6.2.2	<i>Definir o modelo do método e suas principais atividades</i>	144
6.2.3	<i>Definir o projeto em que o método será aplicado</i>	145
6.2.4	<i>Definir os recursos necessários para a implantação do método</i>	146
6.2.4.1	<i>Recursos humanos necessários</i>	146
6.2.4.2	<i>Recursos materiais e financeiros</i>	146
6.2.4.3	<i>Capacitação dos profissionais</i>	147
6.3	QUANTO À IMPLANTAÇÃO DO MÉTODO.....	149
6.3.1	<i>Recomendações genéricas para aplicação de métodos de projeto</i>	149
6.4	QUANTO AO CONTROLE E ÀS AÇÕES DE MELHORIA NA IMPLANTAÇÃO.....	150
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	152
	CAPÍTULO 7	154
	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	154
	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	154
7.1	CONCLUSÕES SOBRE AS QUESTÕES ORIENTADORAS DA PESQUISA.....	154
7.2	CONSIDERAÇÕES SOBRE OS PRINCÍPIOS E RECOMENDAÇÕES.....	156
7.3	RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS.....	158
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	159
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	160
	BIBLIOGRAFIA	165
	GLOSSÁRIO	167
	APÊNDICES	170
	<i>Apêndice 1 – Ferramentas de Gestão de Tecnologia segundo o Temaguide</i>	170
	<i>Apêndice 2 – Técnicas variadas segundo o Temaguide</i>	177
	<i>Apêndice 3 – Questionário estruturado utilizado no estudo de campo</i>	180
	<i>Apêndice 4 – Questionário 1 da fase exploratória da pesquisa-ação</i>	185
	<i>Apêndice 5 – Questionário 2 da fase exploratória da pesquisa-ação</i>	190
	<i>Apêndice 6 – Avaliação do processo de implantação do método QFD na EPA</i>	193
	<i>Apêndice 7 – Questionário de avaliação do treinamento e aplicação do FMEA</i>	197
	<i>Apêndice 8 – Recomendações para a aplicação do método QFD–Casa da Qualidade</i>	200
	<i>Apêndice 9 – Recomendações para a aplicação do método FMEA</i>	203

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Estrutura e seqüência de execução dos capítulos na dissertação (do autor).	10
Figura 2.1. Fases do Ciclo de Vida do Produto (adaptado de Forcellini, 2004).	12
Figura 2.2. Modelo de referência do PDP (Rozenfeld <i>et al.</i> , 2006).	12
Figura 2.3. Modelo de projeto do produto (adaptado de Rozenfeld <i>et al.</i> , 2006).	15
Figura 2.4. Atividades, tarefas e métodos da fase de Projeto Informacional (adaptado de Rozenfeld <i>et al.</i> , 2006).	17
Figura 2.5. Atividades, tarefas e métodos da fase de projeto conceitual (adaptado de Rozenfeld <i>et al.</i> , 2006).	18
Figura 2.6. Ciclos da fase de projeto detalhado (adaptado de Rozenfeld <i>et al.</i> , 2006).	18
Figura 2.7. Atividades, tarefas e métodos da fase de projeto detalhado (adaptado de Rozenfeld <i>et al.</i> , 2006).	19
Figura 2.8. Visão geral do processo de melhoria incremental e de transformação do PDP (Rozenfeld <i>et al.</i> , 2006).	24
Figura 2.9. Integração dos processos de transformação e melhoria incremental do PDP (Rozenfeld <i>et al.</i> , 2006).	25
Figura 3.1. Foco de ação de diferentes métodos e técnicas de desenvolvimento de produto (Mañã, 1998 <i>apud</i> Silva 2001).	28
Figura 3.2. Áreas de aplicação das ferramentas e métodos em relação ao ciclo de vida do produto e processo de projeto (adaptado de Ishii, 1995 <i>apud</i> Fugita e Matsuo, 2005).	29
Figura 3.3. Integração de métodos e técnicas de desenvolvimento de produtos (Rozenfeld <i>et al.</i> , 2000).	29
Figura 3.4. Funcionamento das matrizes do QFD do modelo das quatro fases (Clausing, 1994 <i>apud</i> Peixoto, 1998).	31
Figura 3.5. Casa da qualidade para obter as especificações de projeto (Fonseca, 2000).	32
Figura 3.6. Exemplo da análise e classificação dos requisitos de projeto do QFD – Casa da Qualidade, vista parcial (adaptado de Zardo, 2004).	33
Figura 3.7. FMEA e FTA: dois tipos de raciocínio (Helman e Andery, 1995).	34
Figura 3.8. Metodologia de solução de problemas usando TRIZ (López <i>et al.</i> , 2005).	39
Figura 3.9. Solução de problemas com os princípios inventivos (Altshuller, 1974 <i>apud</i> De Carvalho, 2004)	40
Figura 3.10. Matriz de contradições (De Carvalho, 2003).	41
Figura 3.11. Fatores geométricos considerados num estudo de FEA utilizando o DOE (Santos, 2001).	42
Figura 3.12. Conceito dos elementos de um experimento (Santos, 2001).	43
Figura 3.13. Modelo FAST para um reprojeto (Wixson, 2001 <i>apud</i> Hoffmeister, 2003).	45

Figura 3.14. Diagrama do Método FAST (Rozenfeld <i>et al.</i> , 2006).....	45
Figura 3.15. O uso de métodos na indústria alemã (adaptado de Grabowski <i>et al.</i> , 1997 <i>apud</i> Lindemann, 2003).....	52
Figura 3.16. Utilização métodos de projeto na indústria japonesa (adaptado de Fujita e Matsuo, 2005).....	54
Figura 3.17. Comparativo de utilização de ferramentas e métodos entre o Japão, o Reino Unido e a Nova Zelândia (adaptado de Fujita e Matsuo, 2005).....	55
Figura 3.18. O uso de métodos de projeto por empresas de SC e RS (adaptado de Brasil, 1997).....	55
Figura 3.19. Frequência de utilização formal das ferramentas de gestão tecnológica (Souza, 2003).....	56
Figura 3.20. Modelo de Métodos de Munique – MMM (adaptado de Lindemann, 2003).	58
Figura 3.21. PoMM para desenvolvimento de produtos (adaptado de Birkhofer <i>et al.</i> , 2002).....	60
Figura 3.22. Situações usuais do processo de aquisição de ferramentas (Araújo, 1996).....	62
Figura 3.23. Modelo geral do processo de aquisição de ferramentas de DP (Araújo, 1996).....	62
Figura 4.1. Delineamento do estudo de campo nas empresas (do autor).	65
Figura 4.2. Mapa dos aspectos fundamentais abordados no estudo de campo (do autor).....	66
Figura 4.3. Fluxo e interação das principais etapas da pesquisa-ação (do autor).....	78
Figura 4.4. Processo de Desenvolvimento de Produtos da EPA (adaptado da versão original da EPA).	81
Figura 4.5. Resultado da avaliação do nível de desenvolvimento do PDP da EPA (do autor).....	86
Figura 5.1. Etapas genéricas da implantação dos métodos de projeto na EPA (do autor).	93
Figura 5.2. Campos do QFD, Casa da Qualidade, utilizados na EPA (adaptado de Fonseca, 2000).....	95
Figura 5.3. Visão geral dos clientes envolvidos no ciclo de vida e desenvolvimento do produto (Fonseca, 2000).....	100
Figura 5.4. Resumo dos atributos do produto considerados na aplicação do QFD (Fonseca, 2000).....	100
Figura 5.5. Conversão de necessidades em requisitos de usuário (adaptado de Fonseca, 2000).....	102
Figura 5.6. Grau de relacionamento entre requisito de cliente e requisito de projeto (do autor).....	104
Figura 5.7. Tipo de relacionamento entre os requisitos de projeto (do autor).....	106
Figura 5.8. Modelo da matriz de avaliação da aplicação do QFD na EPA (do autor).	110
Figura 5.9. Modelo consensual da matriz FMEA utilizada na EPA (do autor).....	114

Figura 5.10. Estabelecimento da estrutura de funções do produto (Pahl e Beitz, 1984 <i>apud</i> Gomes Ferreira, 1997).....	120
Figura 5.11. Indicativo de que a análise dos modos de falha é uma ação interna ao sistema (Sakurada, 2001).....	121
Figura 5.12. Indicativo de que o modo de falha é uma ação interna e efeito uma ação externa (Sakurada, 2001).....	122
Figura 5.13. Uso do diagrama de espinha de peixe e da análise da árvore de falhas para definição das causas básicas (Palady, 2004).	124
Figura 5.14. Gráfico de Áreas (Palady, 2004).....	127
Figura 5.15. Resultado da avaliação da aplicação do FMEA na empresa (do autor).....	128
Figura 5.16. Impacto na redução de falhas nos produtos da EPA (do autor).....	130
Figura 6.1. Origem dos princípios e recomendações quanto à implantação de métodos de projeto na indústria (do autor).	134
Figura 6.2. Aspectos principais para implantação de métodos de projeto na indústria (do autor).....	135
Figura 6.3. Modelo da matriz de avaliação do nível de desenvolvimento das atividades do PDP de uma empresa (do autor).....	139

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1. Estratégia competitiva das firmas na indústria brasileira em 2000 (IBGE, 2002).....	3
Quadro 1.2. Classificação das empresas por número de empregados (SEBRAE, 2002).....	7
Quadro 1.3. Síntese da metodologia de pesquisa aplicada (do autor).	9
Quadro 3.1. Diversos procedimentos para o desenvolvimento do FMECA (Sakurada, 2001).....	37
Quadro 3.2. Exemplo do FMEA de projeto (adaptado de Helman e Andery, 1995, p. 28).	37
Quadro 3.3. Princípios inventivos (Altshuller, 1969 <i>apud</i> De Carvalho e Back, 2001).	39
Quadro 3.4. Parâmetros de engenharia (Altshuller, 1969 <i>apud</i> De Carvalho e Back, 2001)...	40
Quadro 3.5. Diversos tipos de métodos de projeto (do autor).....	47
Quadro 4.1. Características gerais das empresas pesquisadas no estudo de campo (do autor).....	70
Quadro 4.2. Características do setor de Desenvolvimento de Produtos (DP) das empresas (do autor).	71
Quadro 4.3. Características do PDP das empresas pesquisadas no estudo de campo (do autor).....	73
Quadro 4.4. A usabilidade de métodos de projeto de apoio ao PDP (do autor).....	75
Quadro 4.5. Interpretação das escalas de avaliação das atividades do PDP (do autor).....	88
Quadro 4.6. Quadro de identificação dos métodos de projeto adequados à situação do PDP (do autor).	89
Quadro 5.1. Escala do número de citações da voz do cliente equivalentes a cada requisito do cliente (do autor).....	102
Quadro 5.2. Exemplo da definição do grau de importância do atributo do produto segundo o cliente (do autor).....	103
Quadro 5.3. Matriz de apoio à conversão dos requisitos dos clientes em requisitos de projeto (Fonseca, 2000).	103
Quadro 5.4. Matriz de Especificação de Projeto do Produto utilizada na EPA (do autor).....	107
Quadro 5.5. Resultados da avaliação do processo de implantação do QFD na EPA (do autor).....	108
Quadro 5.6 Resultados da avaliação do processo de implantação do QFD na EPA (do autor).....	109
Quadro 5.7. Escala de ocorrência utilizada na implantação do FMEA na empresa (do autor).....	125
Quadro 5.8. Escala de severidade utilizada na implantação do FMEA na empresa (do autor).....	125

Quadro 5.9. Escala de detecção utilizada na implantação do FMEA na empresa (do autor).	125
Quadro 5.10. Aspectos avaliados na aplicação do FMEA na empresa (do autor).	128
Quadro 6.1. Escala do nível de desenvolvimento das atividades do PDP (do autor).....	138
Quadro 6.2. Interpretação das escalas de avaliação das atividades do PDP (do autor).....	140
Quadro 6.3. Quadro de indicação dos métodos de projeto adequados à situação do PDP de uma empresa (do autor).	141

LISTA DE ABREVIATURAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ARIZ – Algoritmo para a Solução Inventiva de Problemas
- ASI – *American Supplier Institute*
- ASME – *American Society of Mechanical Engineers*
- AV – Análise de Valor
- BVQI – *Bureau Veritas Quality International*
- CAD – *Computer Aided Design* (Projeto Assistido por Computador)
- CAE – *Computer Aided Engineering* (Engenharia Apoiada por Computador)
- CAM – *Computer Aided Manufacturing* (Manufatura Apoiada por Computador)
- CAPP – *Computer Aided Process Planning* (Planejamento de Processo Apoiado por Computador)
- CE – Comunidade Européia
- CEP – Controle Estatístico de Processo
- CFR – *Code of Federal Regulations*
- COTEC – *Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica*
- DFA – *Design for Assembly* (Projeto para Montagem)
- DFD – *Design for Disassembly* (Projeto para Desmontagem)
- DFE – *Design for Environment* (Projeto para o Meio Ambiente)
- DFM – *Design for Manufacturing* (Projeto para Manufatura)
- DFx – *Design for X* (Projeto para X)
- DOE – *Design of Experiments* (Delineamento de Experimentos)
- DP – Desenvolvimento de Produtos
- DPRD – Departamento de Produtos da Empresa da Pesquisa-ação
- EMPx – Sigla utilizada para representar as empresas participantes do estudo de campo
- EPA – Empresa da Pesquisa-Ação
- EPP – Especificações de Projeto do Produto
- ES – Engenharia Simultânea
- EUA – Estados Unidos América
- EV – Engenharia de Valor
- EVA – *Earned Value Analysis*
- ERP – *Enterprise Resource Planning* (Sistemas Integrados de Gestão Empresarial)
- FAST – *Functional Analysis System Technique*
- FEA – *Finite Element Analysis*
- FME – *Finite Elements Method*
- FGT – Ferramentas de Gestão de Tecnologia
- FMEA – *Failure Mode and Effects Analysis* (Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos)
- FMECA – *Failure Modes Effects and Criticality Analysis*
- FTA – *Fault Tree Analysis* (Análise de Árvore de Falhas)
- GE – Grandes Empresas

GPR – Grau de Prioridade de Risco ou também Número de prioridade de Risco (NPR)
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPD – *Integrated Product Development* (Desenvolvimento Integrado de Produtos)
INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
IRAM – *Instituto Argentino de Normalización y Certificación*
ISO – *International Organization for Standardization*
MPI – Método dos Princípios Inventivos
MT – Método Taguchi
MVA – *Marketing Value Analysis*
NA – Não se Aplica
NBR – Norma Brasileira Regulamentadora
NPR – idem GPR
OHSAS ou OSHA – *Occupational Safety and Health Administration*
P&R – Princípios e Recomendações
PDCA – *Plan, Do, Check, Action* (Ciclo de Melhoria Contínua)
PDP – Processo de Desenvolvimento de Produtos
PIs – Princípios Inventivos
PLM – *Product Life Cycle Management*
PR – Prototipagem Rápida
PSE – *Process Systems Enterprise* (Japão)
PTB – *Physikalisch-Technische Bundesanstalt* (Alemanha)
QFD – *Quality Function Deployment* (Desdobramento da Função Qualidade)
QS – *Quality System Requirements*
ROI – *Return on Investment*
RV – Realidade Virtual
SABS – *South African Bureau of Standards*
SAC – Serviço de Atendimento ao Consumidor
SAP – Solicitação de Alteração de Produto, relativo à empresa da pesquisa-ação.
SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SGI – Sistema de Gestão Integrada
SP – Solicitação de Produto, relativo à empresa da pesquisa-ação.
SPD – Solicitação de Projeto e Desenvolvimento, relativo à empresa da pesquisa-ação.
SSCs – Sistema, Subsistema e Componentes
ST – Sistema Técnico
SWOT – Strength, Weakness, Opportunity, Threat
TC – Técnicas de Criatividade
TG – Tecnologia de Grupo
TM Tools – *Technology Management Tools*
TRIZ – Teoria da Solução Inventiva de Problemas
UL – *Underwriters Laboratories Inc.* (EUA)
WBS – *Working Breakdown Structure* (mesmo que EDT)

GIACOMIN, Márcio Luiz. **Apoio à decisão para a implantação de ferramentas de projeto no processo de desenvolvimento de produtos**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.

RESUMO

O uso de ferramentas de apoio ao desenvolvimento de produtos tem sido uma das estratégias usadas pelas empresas para garantir participação com destaque em um mercado cada vez mais competitivo e com consumidores mais exigentes. Nota-se, porém, que no cenário empresarial brasileiro, são poucas as empresas que desenvolvem seus produtos baseadas num Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) formalizado e sistematizado por ferramentas de projeto que visem atender às necessidades dos clientes e às especificações de projeto. Dessa forma, a presente pesquisa objetivou desenvolver um estudo exploratório com vistas a evidenciar aspectos problemáticos relativos à implantação de ferramentas de projeto de apoio ao PDP. A metodologia empregada no trabalho consistiu de uma revisão bibliográfica, de um estudo de campo e de uma pesquisa-ação. Com a revisão bibliográfica chegou-se a uma visão estruturada de estudos e conhecimentos relativos ao PDP, com ênfase naqueles relacionados às principais ferramentas de apoio ao desenvolvimento de produtos e aos aspectos ligados à usabilidade e implantação dessas ferramentas na indústria. O estudo de campo foi realizado em diversas empresas manufatureiras do ramo metal-mecânico de médio e grande porte onde identificaram-se generalidades sobre o PDP, relacionadas às principais dificuldades no desenvolvimento de produtos, e ao uso e à implantação de ferramentas de projeto nas empresas. A pesquisa-ação foi desenvolvida em uma empresa manufatureira de grande porte do ramo metal-mecânico. Ela visou identificar as práticas adotadas e as dificuldades para o desenvolvimento de produtos, além de verificar como o PDP poderia ser melhorado com a implementação de ferramentas de projeto. O resultado desse esforço de pesquisa foi uma proposta de sistematização para trabalhos de implantação prática de ferramentas de projeto de apoio ao PDP. A proposta de sistematização foi organizada na forma de princípios e recomendações (P&R). Os P&R foram definidos como sendo um conjunto de proposições de caráter metodológico que servem de base para orientar a implantação de ferramentas de projeto na indústria. Tais P&R foram agrupados de acordo com quatro aspectos que devem ser considerados no processo de implantação de uma ferramenta de projeto. Os aspectos considerados foram: a seleção da ferramenta adequada; o planejamento da implantação; a implantação propriamente dita; o controle e as ações de melhoria na implantação. Os princípios e recomendações levantados ao longo da pesquisa sintetizam e põem em destaque, valores da sabedoria humana adquiridos em várias experiências no enfrentamento dos problemas do dia a dia da indústria, tal como a implantação de ferramentas de projeto. Associadas a tais princípios foram levantadas recomendações que proporcionam uma forma ordenada de conduzir a implantação de ferramentas de projeto em ambientes industriais. Dessa forma, o trabalho constitui-se em uma fonte de pesquisa para o meio acadêmico e referência para aplicações práticas de ferramentas de projeto na indústria, vindo a enriquecer o campo de conhecimento que envolve o processo de desenvolvimento de produtos.

Palavras-chave: processo de desenvolvimento de produtos; ferramentas de projeto; pesquisa-ação; implantação de ferramentas de projeto na indústria; princípios e recomendações

GIACOMIN, Márcio Luiz. **Apoio à decisão para a implantação de ferramentas de projeto no processo de desenvolvimento de produtos**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.

ABSTRACT

The use of support tools to the products development have been used as some main strategies for warranty in the competitive market with consumers more demanding about cost, time of supply and quality of the products. However it is noticed that in the Brazilian industry scenery, there are few companies that create their products based on the Products Development Process (PDP) formalized and systematized by project tools to attend the customers' needs and the project specifications itself. The present research aimed to develop an exploratory study to evidence problematic aspects for the implantation of support project tools to Products Development Process (PDP). The methodology used in the work consisted by a bibliographical revision, a field study and a research-action. With the bibliographical revision arrived a structured vision of studies and knowledge about the PDP, with emphasis in those related at the main tools to support the product development and the aspects related to the application and the implantation of those tools in the industry. The field study was realized in medium and big companies and it was identified generalities about the PDP, the main difficulties in their products development, the use and the implantation of project tools in these companies. The research-action was developed in a big metal-mechanical company. It sought to identify the adopted practices and the difficulties in their products development and proposing improvements in the company's PDP, besides to verify how the PDP could be improved with the implementation of project tools. The result of this research effort was a systemization proposal for works of practical implantation of support project tools to PDP. The systemization proposal was organized in the form of principles and recommendations (P&R). The P&R were defined as a group of propositions of methodological character that serve as base to guide the implantation of project tools in the industry. Those P&R were contained in agreement with four aspects that should be considered in the process of implantation of a project tool. The aspects considered were: the selection of the appropriate tool; the implantation plan; the implantation; the control and the improvement actions in the implantation. The principles and recommendations identified in the research synthesize and put in eminence, values of the human wisdom acquired day by day in different experiences at confront of the problems of the industry, like the implantation of project tools. Associated in these principles, recommendations were emphasized that provided an ordinate form to lead the implantation of project tools in industrial environment. In that way, the work has been constituted in a research source for the academic middle and reference for practical applications of project tools in the industry, coming to improve the knowledge field that involves the products development process.

Key-words: *products development project; project tools; research-action; implantation of project tools in the industry; principles and recommendations*

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Nesta seção, são descritos aspectos relacionados ao contexto do desenvolvimento da pesquisa, ou seja, foi estabelecida a necessidade de realizar um estudo exploratório sobre a implantação de métodos, técnicas e ferramentas de projeto de apoio ao Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) na indústria. O problema e a justificativa que motivaram a pesquisa também são apresentados, bem como os objetivos, a metodologia utilizada, as limitações e a estrutura da dissertação.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A busca pelo constante desenvolvimento tecnológico, proveniente da globalização, e o conseqüente aumento da competitividade internacional têm exigido das empresas requisitos de qualidade, custo e tempo no fornecimento de seus produtos para mantê-las competitivas no mercado mundial.

Clark e Fujimoto (1991), por exemplo, explanam que a combinação de fatores como a competição internacional intensa, proveniente da globalização, o surgimento de consumidores mais sofisticados, provenientes da fragmentação dos mercados, e as mudanças constantes na tecnologia têm levado o processo de desenvolvimento de produtos ao centro da competição entre as empresas. Segundo Clark e Wheelright (1992), o bom desenvolvimento de produtos é uma vantagem competitiva e um dos requisitos de sobrevivência das empresas.

Peixoto (1998) afirma que a capacidade da organização em responder satisfatoriamente às exigências que lhe são impostas pelo mercado competitivo é direta e fortemente influenciada pelo desenvolvimento de produtos. De acordo com Forcellini (2004), o processo de desenvolvimento de produtos é de fundamental importância para a melhoria contínua da qualidade, para a redução do ciclo de desenvolvimento de produtos e, conseqüentemente, para a garantia da competitividade das empresas no mercado.

Outro aspecto presenciado nos últimos anos, que confirma a previsão de Akao e Kogure (1983) *apud* Silva (2001), é o fato que muitos produtos têm migrado do conceito de produtos tradicionais para o conceito de modernos. Segundo Juran e Gryna (1992), os produtos tradicionais são os que possuem tecnologia simples e as inovações ocorrem principalmente no processo produtivo. Já os produtos modernos possuem tecnologia complexa e estão susceptíveis às inovações. De acordo com Stamatis (1995), os produtos modernos requerem a estruturação e organização do processo de desenvolvimento de produtos, a utilização de conhecimento multidisciplinar e o contínuo desenvolvimento de habilidades, de forma a otimizar o referido processo.

Fazendo uso do que tem sido escrito por Juran (1988), Corrêa e Giansi (1994, p.151), Tellis e Golder (1997), Hauser e Clausing (1988) e Corrêa (1994), *apud* Silva (2001), relacionam-se algumas das contribuições do uso de um processo de desenvolvimento de produtos bem estruturado: melhoria da qualidade, devido ao envolvimento dos fornecedores e dos clientes no processo de desenvolvimento de produtos; redução do prazo de desenvolvimento, devido às melhorias de comunicação, os melhores *trade-offs* (negociações) no projeto, as reduções de re-trabalhos e o desenvolvimento do projeto do processo simultaneamente ao do produto; aumento da confiabilidade, pois é possível prever as falhas e adotar medidas preventivas desde a etapa de elaboração do projeto; aumento da flexibilidade, devido ao entrosamento entre as pessoas, o que permite respostas rápidas às necessidades dos clientes e às mudanças no projeto; redução de custos, devido à minimização do número de modificações tardias¹ graças às negociações e à inclusão de premissas importantes em estágios iniciais ao projeto.

De acordo com Sell (1993), a qualidade dos produtos e serviços oferecidos por uma empresa é o fator fundamental para mantê-la no mercado competitivo. Porém, para a concretização da qualidade nos produtos da empresa, é necessária a adoção de um procedimento metódico e sistemático para o desenvolvimento de seus produtos.

Segundo estudo realizado pelo IBGE em 2000, com 72 mil empresas brasileiras de diversos setores industriais, as que inovam e diferenciam produtos, apesar de representarem numericamente apenas 1,7% do total, estas são responsáveis por 25,9% do faturamento industrial e por 13,2% do emprego gerado, conforme apresentado no Quadro 1.1. Segundo também a pesquisa, em termos de participação percentual no faturamento industrial e no emprego, a grande maioria das empresas da indústria brasileira é formada por firmas especializadas em produtos padronizados, que respondem por 62,6% do faturamento e por

¹ Tais modificações referem-se às etapas posteriores ao processo de projeto como, por exemplo, nas etapas de manufatura ou, muitas vezes, no uso.

48,7% do emprego. Dessa forma, percebe-se a importância estratégica da inovação tecnológica nos produtos e a necessidade de melhoria no processo de desenvolvimento de produtos das indústrias brasileiras, a fim de torná-las mais competitivas no mercado mundial.

Quadro 1.1. Estratégia competitiva das firmas na indústria brasileira em 2000 (IBGE, 2002).

Estratégia Competitiva	Número de firmas (n)	Participação no faturamento (%)	Participação no emprego (%)
Inovam e diferenciam seus produtos	1.199 (1,7%)	25,9	13,2
Especializadas em produtos padronizados	15.311 (21,3%)	62,6	48,7
Não diferenciam produtos e têm produtividade menor	55.495 (77,1%)	11,5	38,2
Total	72.005	100	100

1.2 JUSTIFICATIVA

Notou-se, por meio dos estudos e pesquisas apresentados na contextualização, que o processo de desenvolvimento de produtos é o principal fator de sucesso e a garantia da competitividade das empresas. Porém, segundo Fiod Neto (1993), o PDP de uma empresa que deseja manter-se competitiva no mercado não deve ser uma atividade intuitiva, empírica e de tentativa e erro, mas deve ser desenvolvido e apoiado em um processo sistêmico com forte embasamento científico. Nesse aspecto, entende-se como processo sistêmico um processo organizado e suportado por métodos, técnicas e ferramentas que estruturam o PDP. Dessa forma, nota-se que uma adequada estruturação do PDP pode se tornar decisiva para o aumento da competitividade das empresas.

Sell (1995) *apud* Brasil (1997) comenta que o processo sistêmico de planejamento e desenvolvimento de produtos é a primeira e mais importante ferramenta, pela sua grande influência na qualidade intrínseca e sobre os custos dos produtos e serviços. Menciona, ainda, que a utilização de métodos, técnicas ou ferramentas de projeto nessa fase é fundamental para acelerar o desenvolvimento e a construção de produtos, aumentar a capacidade de trabalho, racionalizar os esforços, facilitar a delegação de tarefas e permitir o estabelecimento de um cronograma realístico.

De forma geral, nota-se que o processo de desenvolvimento de produtos deve ser sistematizado e suportado por diversos métodos, técnicas ou ferramentas de projeto. Na área de desenvolvimento de produtos diversos métodos, técnicas ou ferramentas de projeto desenvolveram-se de forma independente, segundo suas especialidades. Isso é evidenciado por diversos autores, tais como Pahl e Beitz (1996), Back (1983), Clark e Fujimoto (1991) e Baxter (2000).

Para Echeveste (2003), na área de engenharia, diversos métodos, técnicas e ferramentas foram surgindo em áreas e momentos diferentes como suporte às diferentes fases do processo de desenvolvimento dos produtos. Dentre algumas destas citam-se: controle estatístico, prototipagem rápida, *Quality Function Deployment* (QFD), *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), *Fault Tree Analysis* (FTA) e *Design of Experiment* (DOE). Paralelamente, alternativas de *software* foram desenvolvidas, como *Computer Aided Design* (CAD) e *Computer Aided Engineering* (CAE). Os aspectos financeiros também foram incorporados ao projeto como *Earned Value Analysis* (EVA) e *Marketing Value Analysis* (MVA), além das técnicas clássicas de análise de viabilidade e retorno do investimento como *Return on Investment* (ROI).

Echeveste (2003) menciona que, para administrar as diferentes áreas de conhecimento e atividades simultâneas, visando objetivos, tais como redução de custos, redução do tempo de resposta ao mercado, melhorias na qualidade, aumento da flexibilidade e condução eficiente do Processo de Desenvolvimento do Produto (PDP), foram elaboradas, ao longo da década de 90, novas abordagens para acelerar o desenvolvimento de produtos e aumentar a sua chance de sucesso como a Engenharia Simultânea (*Concurrent Engineering*) e o Desenvolvimento Integrado de Produto (*Integrated Product Development – IPD*). No entanto, percebe-se que, no cenário empresarial brasileiro, são poucas as empresas que possuem um PDP formalizado e sistematizado por métodos de projeto, ou seja, são poucas as empresas que utilizam métodos, técnicas e ferramentas no desenvolvimento de seus produtos. Uma prova disso foi o estudo realizado por Brasil (1997) em 1996 com trinta empresas de médio e grande porte situadas nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. A pesquisa revelou, de modo geral, que os procedimentos utilizados na condução do processo de desenvolvimento de produtos das empresas ainda encontram-se no campo da informalidade e são baseados, na maioria dos casos, nas experiências dos profissionais de cada empresa e há pouca exploração ou incorporação de métodos, técnicas ou ferramentas de apoio ao PDP. O autor ainda descreve que a falta de formalização do PDP dificulta a adoção de métodos de projeto, pois, além das dúvidas inerentes à própria aplicação dos métodos, não há o consenso de como, quando e onde utilizá-los, uma vez que o trabalho não está organizado de forma sistêmica.

Maffin (1998) aponta algumas razões da não-utilização ou desconhecimento de abordagens sobre o PDP estruturado por métodos de projetos na maioria das empresas:

1. Carência de conhecimentos sobre modelos de projeto de engenharia e de métodos disponíveis. Em função disso, muitos projetistas estão perdendo oportunidades de adotar boas práticas de projeto;

2. As práticas de desenvolvimento de produtos nas empresas normalmente refletem as características e as restrições do contexto industrial (organização, mercado, produto, produção, fornecedores, dentre outros) e as conseqüentes pressões desse contexto.

Para Gouvinhas e Corbett (1999), as causas pelas quais os métodos, técnicas e ferramentas de projeto não têm sido amplamente utilizados dentro das indústrias são relativas a algumas barreiras como a falta de treinamento dos métodos nas empresas e o grau de suporte dado às atividades de projeto pelos gerentes e supervisores de cada empresa. O autor afirma que as empresas consideram os métodos de projeto um processo burocrático que consome muito tempo e não proporciona retorno a curto prazo à empresa. A experiência e o conhecimento dos projetistas são considerados mais usuais do que a rígida aplicação dos métodos de projeto.

Percebe-se que uma das possíveis causas da não-implantação de métodos de projeto de apoio ao PDP na indústria deve-se ao não-conhecimento por completo das potencialidades dos métodos e pelo julgamento errôneo quanto à aplicação destes no âmbito de trabalho, produto e capacidade produtiva da empresa. Outra causa dessa problemática, relatada por especialistas nessa área, é que muitos dos métodos, técnicas ou ferramentas trazem exemplos de aplicação em empresas que diferem da realidade tecnológica e de produção das empresas interessadas neles, desestimulando, assim, a utilização de tais técnicas.

A partir da análise da importância do Processo de Desenvolvimento de Produtos para inovação tecnológica e aumento da competitividade das empresas, dos métodos de projeto utilizados para sistematizar e suportar o PDP e das barreiras e problemas enfrentados na implantação e uso desses métodos na indústria, torna-se necessário desenvolver um estudo sobre a implantação de métodos de projeto no PDP das empresas, razão pela qual se está propondo este trabalho.

1.3 OBJETIVOS E CONTRIBUIÇÕES

A seguir serão apresentados os principais objetivos da pesquisa, o geral e os específicos, com suas devidas contribuições para o trabalho.

1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver um estudo dos principais aspectos relativos à aplicação e implantação de métodos, técnicas e ferramentas de projeto, objetivando a criação de um conjunto de princípios e recomendações de apoio à decisão para a implantação de tais recursos na indústria.

1.3.2 Objetivos Específicos

Em referência ao objetivo geral e com o propósito de investigar o problema apresentado, a pesquisa foi pautada pelos seguintes objetivos específicos:

1. Desenvolver uma adequada fundamentação teórica de conhecimentos relativos ao Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP), aos principais métodos, técnicas e ferramentas de apoio ao PDP e aos aspectos teóricos e práticos referentes à usabilidade, tipologia e estudos sobre a implantação destes na indústria;
2. Realizar um estudo de campo em diversas empresas manufatureiras de ramos diversificados localizadas no estado de Santa Catarina, objetivando identificar generalidades sobre o PDP relacionadas às dificuldades no desenvolvimento de produtos e ao uso e implantação de métodos, técnicas e ferramentas de projeto;
3. Realizar uma pesquisa-ação em uma empresa manufatureira do setor metal-mecânico de médio ou grande porte, visando identificar as práticas adotadas para o Desenvolvimento de Produtos (DP), as dificuldades e barreiras enfrentadas durante o DP e propor soluções a tais dificuldades através da implantação de métodos, técnicas e ferramentas de apoio ao projeto;
4. Realizar a aplicação de métodos, técnicas e ferramentas em um determinado projeto de produto na empresa da realização da pesquisa-ação, envolvendo a equipe de projeto da empresa com o objetivo de implantar tais recursos na referida empresa;
5. Realizadas as atividades citadas anteriormente e, atingidos seus respectivos objetivos, gerar princípios e recomendações de apoio à decisão para a implantação de métodos, técnicas e ferramentas de projeto em empresas manufatureiras.

1.4 QUESTÕES ORIENTADORAS DA PESQUISA

Para um melhor entendimento da pesquisa e um melhor atendimento dos objetivos propostos, buscou-se responder as seguintes questões orientadoras da pesquisa:

1. Quais os principais problemas que dificultam o uso e a implantação de métodos de projeto em um ambiente industrial?
2. Quais os métodos de projeto de maior aceitação e os de maior rejeição pela indústria? Por quê?
3. Existem princípios e recomendações que orientam a implantação de métodos de projeto de apoio ao desenvolvimento de produtos nas indústrias? Se existem, eles encontram-se formalizados? Como eles se apresentam?

4. Se não existem, é possível estabelecer um conjunto de princípios e recomendações com essa finalidade?

1.5 LIMITAÇÕES E ABRANGÊNCIAS DO TRABALHO

Estabelecido o escopo da pesquisa, através da definição dos objetivos e das questões orientadoras da pesquisa, fez-se necessário definir seus limites e suas abrangências.

O presente trabalho propôs estudar os aspectos relacionados ao uso e à implantação de métodos de projeto, com ênfase na fase de projeto de produto inserida no Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP), a ser mais bem descrita no Capítulo 2. O prazo determinado para finalização da pesquisa e os recursos humanos e financeiros disponíveis formam as condições imperativas dos principais limites na abrangência da pesquisa.

Foram consideradas como universo da pesquisa as empresas de médio e grande porte (conforme Quadro 1.2) localizadas no estado de Santa Catarina, com atividades voltadas aos setores metal-mecânico, elétrico e de produtos de materiais plásticos.

Quadro 1.2. Classificação das empresas por número de empregados (SEBRAE, 2002).

Caracterização	Número de Empregados	
	Indústria	Comércio e Serviços
Micro Empresa (ME)	até 19	até 09
Pequena Empresa (PE)	20 a 99	10 a 49
Média Empresa (MdE)	100 a 499	50 a 249
Grande Empresa (GE)	acima de 500	acima de 250

A pesquisa-ação, a ser descrita no decorrer do trabalho, foi executada em uma única empresa do ramo metal-mecânico de grande porte, devido à disponibilidade de uma organização em participar do estudo e ao limite de tempo para realização da pesquisa.

Executada a pesquisa-ação, foram implantados na empresa dois métodos de projeto de apoio ao PDP. Esse número ficou limitado em função do escopo, do tempo para realização da pesquisa e da disponibilidade de projetos na empresa. Conforme Gouvinhas e Corbett (1999), nenhuma organização consegue implementar todos os métodos de projeto necessários em seu referido PDP de uma única vez. Isso requer um programa de treinamento que deve iniciar com um método de projeto que seja de fácil uso, depois progredindo, passo a passo, em direção à introdução de métodos mais sofisticados, ou seja, exige um considerável tempo entre a implantação, a adaptação e a verificação dos resultados.

A pesquisa não é conclusiva, mas exploratória. Os princípios e recomendações para o bom uso e implantação de métodos de projeto de apoio ao desenvolvimento de produtos podem ser estendidos a diferentes organizações, com as devidas adaptações.

A divulgação dos resultados da pesquisa-ação e do estudo de campo ficou condicionada a posterior interferência por parte da diretoria das empresas, de modo a salvaguardar informações de seus domínios tecnológicos. Por fim, a presente pesquisa visa dar uma contribuição científica acerca dos assuntos relacionados à disseminação dos conhecimentos em desenvolvimento de produtos.

1.6 CARACTERIZAÇÃO DA METODOLOGIA DE PESQUISA

Definido o tema e o escopo da pesquisa, foram estabelecidas algumas etapas para atingir os objetivos propostos. Considerando o tipo de problema trabalhado na pesquisa, conclui-se a necessidade de ter uma estrutura simples para coleta de dados, considerar os aspectos inerentes à realidade do PDP das organizações, aproximar o pesquisador dos procedimentos e membros das organizações pesquisadas e ter ênfase nas interpretações dos resultados obtidos.

Dessa forma, a presente pesquisa foi classificada segundo sua natureza como **pesquisa aplicada**, pois visa aplicar conhecimentos em desenvolvimento de produto nas indústrias. Segundo sua abordagem, foi classificada como **pesquisa qualitativa** por usar entrevistas, exames de documentos e possuir um caráter descritivo.

Campomar (1991) e Gil (2002) classificam as pesquisas sob dois aspectos: em relação a seus objetivos e com base nos procedimentos técnicos utilizados ou métodos de pesquisa. Com relação aos objetivos, existem três tipos de pesquisa: **pesquisa exploratória**, que objetiva definir melhor o problema, proporcionar percepção sobre o assunto, descrever comportamentos ou definir e classificar fatos e variáveis; **pesquisa descritiva**, que objetiva aplicar as leis, as teorias e os modelos na descoberta de soluções ou no diagnóstico de realidades, estabelecendo as relações entre as variáveis; e, **pesquisa explicativa**, que objetiva identificar os fatores que determinam a ocorrência de fenômenos ou contribuem para tal, aprofundando o conhecimento da realidade e explicando a razão e o porquê das coisas. Nesse contexto, a presente pesquisa foi classificada como **exploratória** e **descritiva**. As pesquisas descritivas são, juntamente com as exploratórias, as que habitualmente realizam os pesquisadores sociais preocupados com a atuação prática, sendo as mais solicitadas por organizações como instituições educacionais e empresas comerciais.

Os procedimentos técnicos ou métodos de pesquisa utilizados foram: **pesquisa bibliográfica**, relacionada ao estado da arte dos tópicos relativos ao PDP e aos métodos de projeto; **estudo de campo**, referente à pesquisa realizada nas empresas de médio e grande porte; e, **pesquisa-ação**, principal método da pesquisa, pois serviu como suporte para a implantação dos métodos de projeto na empresa pesquisada.

A **pesquisa-ação** é um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo nas quais os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo (Thiollent, 2000).

Para a coleta dos dados, foram utilizadas algumas técnicas auxiliares aos métodos de pesquisa, tais como: entrevistas, questionários, observações, análise de documentos, leituras de livros e periódicos. O Quadro 1.3 descreve a síntese da metodologia de pesquisa utilizada. Maiores detalhes sobre o delineamento do estudo de campo e da pesquisa-ação encontram-se descritos no Capítulo 3.

Quadro 1.3. Síntese da metodologia de pesquisa aplicada (do autor).

Finalidade – Natureza da pesquisa	Pesquisa aplicada
Abordagem adotada	Pesquisa qualitativa
Segundo seus objetivos	Pesquisa exploratória Pesquisa descritiva
Métodos	Pesquisa bibliográfica Estudo de campo Pesquisa-ação
Técnicas auxiliares à coleta dos dados	Leitura de livros, publicações e periódicos Pesquisa em banco de dados Entrevistas com questionários estruturados Visitas e observações diretas Análise de documentos Participação em reuniões

1.7 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está estruturada em sete capítulos, a saber:

- (i) Introdução;
- (ii) O Processo de Desenvolvimento de Produtos – PDP;
- (iii) Métodos, Técnicas e Ferramentas de apoio ao PDP;
- (iv) Estudo de Campo e Pesquisa-Ação: Delineamento e Apresentação dos Resultados;
- (v) Projeto de Implantação de Métodos de Projeto no PDP da Empresa da Pesquisa-Ação, e;
- (vi) Princípios e Recomendações para a Implantação de Métodos de Projeto no PDP e,
- (vii) Conclusões e Recomendações.

O Capítulo II e Capítulo III representam à revisão bibliográfica da pesquisa. No Capítulo II, são abordados conceitos relacionados ao **Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP)** como as principais fases, atividades e tarefas, níveis de maturidade e o

processo de melhoria do PDP. O Capítulo III consiste na descrição dos **Métodos, Técnicas e Ferramentas de apoio ao PDP**, em que serão apresentados conceitos relativos à caracterização dos métodos de projeto, tipologia e algumas generalidades referente ao uso e à implantação dos métodos de projeto na indústria.

O Capítulo IV, **Estudo de Campo e Pesquisa-Ação: Delineamento e Apresentação dos Resultados**, apresenta a estrutura da metodologia de pesquisa utilizada, descrevendo as etapas, objetivos e instrumentos que orientaram o delineamento do estudo de campo e da pesquisa-ação nas empresas de médio e grande porte. No estudo de campo, são apresentadas as características referentes ao desenvolvimento de produtos das empresas pesquisadas, tais como as principais barreiras enfrentadas durante o desenvolvimento de produtos, os métodos de projeto utilizados e alguns paradigmas quanto ao uso e à implantação desses métodos. Na pesquisa-ação, são descritas as características gerais da empresa e do setor de projeto, é realizada uma análise do PDP da empresa e definido um plano de ação da pesquisa-ação.

O Capítulo V, **Projeto de Implantação de Métodos de Projeto no PDP da Empresa da Pesquisa-Ação**, apresenta todos os procedimentos, alguns resultados e avaliações da implantação dos métodos QFD (Desenvolvimento da Função Qualidade) e FMEA (Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos) no PDP da referida empresa.

O Capítulo VI, **Princípios e Recomendações para a Implantação de Métodos de Projeto no PDP**, consiste na descrição de princípios orientadores à seleção, à adequação e à implantação dos métodos de projeto nas indústrias de médio e grande porte. Tais princípios e recomendações (P&R) foram expostos em forma de tópicos, tabelas e procedimentos.

No Capítulo VII, **Conclusões e Recomendações**, são apresentadas as principais conclusões obtidas no trabalho, com base nas análises efetuadas nos capítulos anteriores. Os objetivos propostos são discutidos e verificados seus atendimentos. Finalizando o capítulo, são apresentadas recomendações para trabalhos futuros referente ao tema pesquisado.

Os Apêndices complementam o conjunto de informações específicas, já que alguns assuntos não foram integralmente discutidos no texto para não interromper a exposição da pesquisa. Uma visão geral da estrutura e desenvolvimento dos capítulos da dissertação é verificada na Figura 1.1.

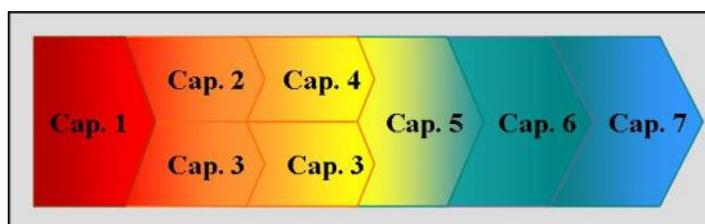


Figura 1.1. Estrutura e seqüência de execução dos capítulos na dissertação (do autor).

CAPÍTULO 2

O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS - PDP

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Neste capítulo, são abordados conceitos relativos ao Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP). Primeiramente, será descrita a importância do PDP, o processo de projeto de produto, suas principais fases e atividades. Posteriormente, serão descritos os principais níveis de maturidade do PDP e apresentados os principais processos de melhorias e de transformação do PDP. O objetivo principal deste capítulo é obter subsídios conceituais básicos para o delineamento de toda a pesquisa, para posterior geração dos princípios e recomendações orientadores à implantação de métodos de projeto na indústria.

2.1 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Conforme descrito na contextualização e justificativa do problema (Capítulo 1), o PDP organiza as tarefas de projeto de produto em uma determinada seqüência lógica, a qual auxilia na tomada de decisões e na redução do tempo e do custo de projeto.

Para Clark e Fujimoto (1991), o Processo de Desenvolvimento de Produtos é o processo de transformação de informações do mercado em informações e bens necessários para se produzir um produto com objetivo comercial. Segundo Forcellini (2004), o PDP está inserido num processo mais abrangente, chamado de ciclo de vida do produto, o qual engloba o desenvolvimento de um produto de forma coerente com o planejamento para sua produção, distribuição, vendas, utilização e descarte. Porém, para um produto existir, é necessária a definição de uma necessidade, que pode ser de origem interna ou externa à empresa. A Figura 2.1 representa algumas fases do ciclo de vida de um produto, conforme proposta por Forcellini (2004).

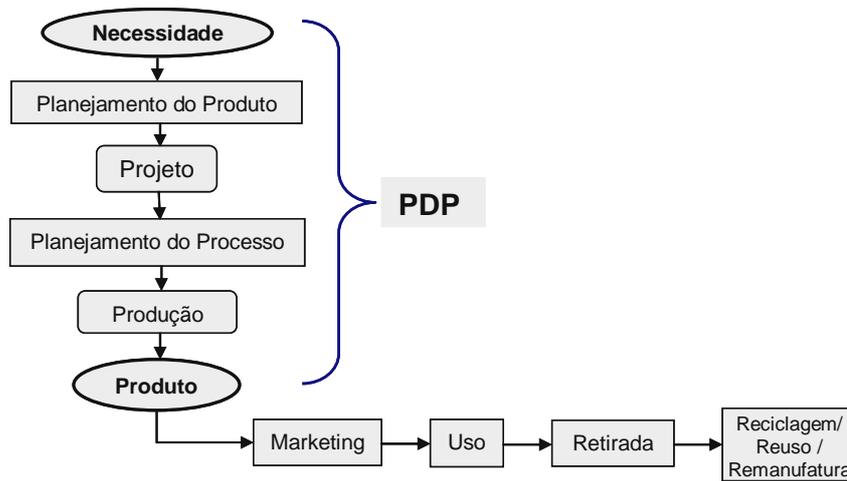


Figura 2.1. Fases do Ciclo de Vida do Produto (adaptado de Forcellini, 2004).

Nesse contexto, Rozenfeld *et al.* (2006) descreve um modelo de PDP que serve como referência para que as empresas e seus profissionais possam desenvolver seus devidos produtos. O modelo do PDP apresentado na Figura 2.2 é voltado para empresas de bens de consumo duráveis e de capital, sendo ele constituído de três macrofases, que são: Pré-Desenvolvimento, Desenvolvimento e Pós-Desenvolvimento. Esse modelo também é dividido em fases e atividades.

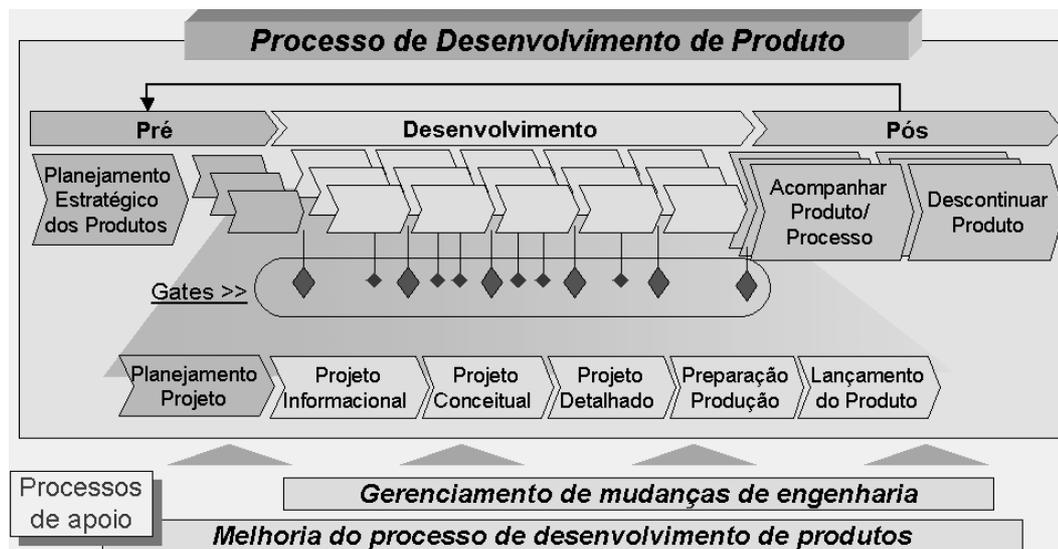


Figura 2.2. Modelo de referência do PDP (Rozenfeld *et al.*, 2006).

Para Rozenfeld *et al.* (2006), as macrofases de Pré e Pós-Desenvolvimento são genéricas e podem ser utilizadas em outros tipos de empresas. A macrofase de Desenvolvimento enfatiza os aspectos tecnológicos correspondentes à definição do produto, suas características e forma de produção.

O **Planejamento Estratégico** é a primeira fase da macro-fase do Pré-Desenvolvimento do PDP. O principal objetivo dela é a obtenção de um plano que contenha o portfólio de produtos da empresa a partir do Planejamento Estratégico do Negócio, ou seja, uma lista que

descreva a linha de produtos e projetos a serem desenvolvidos na empresa, a fim de auxiliá-la a atingir as metas estratégicas do negócio. Dentre algumas atividades realizadas nessa fase, citam-se: definição, planejamento e revisão do plano estratégico de negócio; consolidação das informações sobre as tecnologias e mercado; e análise, revisão e estudo da viabilidade do portfólio de produtos.

A fase de **Planejamento do Projeto** trata do desenvolvimento e seleção de idéias para novos produtos, como o estabelecimento de metas, a condução da análise de mercado, a definição dos atributos e benefícios do produto e a previsão de um volume de vendas com base no levantamento das necessidades do mercado consumidor. O principal resultado do planejamento do projeto é o plano do projeto, que é um documento que agrupará informações relevantes na execução do projeto, tais como: escopo do projeto, escopo do produto, previsões, prazos, orçamentos, recursos necessários, procedimentos para avaliação da qualidade, indicadores de desempenho, dentre outras já mencionadas. O plano de projeto servirá como guia para a macrofase de desenvolvimento de produto.

Outra atividade que faz parte do Planejamento do Projeto é a adaptação do modelo de referência segundo a necessidade de desenvolvimento de cada projeto de produto na empresa. Nesse aspecto, cada projeto varia de acordo com o grau de complexidade e inovação tecnológica e pode ser classificado, para os setores de bens de capital e bens de consumo duráveis, em: **projetos radicais**, os que envolvem significativas modificações no projeto do produto, podendo criar uma nova categoria ou família de produtos para empresa; **projeto plataforma**, representa alterações significativas no projeto do produto, sem a introdução de novas tecnologias ou materiais, mas apresenta novas soluções para o cliente; **projetos incrementais ou derivados**, envolvem projetos que criam produtos derivados, híbridos ou com pequenas modificações em relação a projetos já existentes, referem-se à redução no custo de um produto com inovações incrementais nos produtos; e **projetos follow-source**, são os que chegam da matriz ou de outras unidades do grupo ou de clientes e que não requerem alterações significativas. Portanto o modelo de referência deve se adaptar ao tipo de projeto a ser desenvolvido na empresa.

Definido o plano do projeto, as fases de **Projeto Informacional**, **Projeto Conceitual** e **Projeto Preliminar**, correspondem ao Projeto do Produto. Essas três fases possuem como objetivos a transformação da idéia do produto em especificações de projeto, este na concepção do produto e, ao final, no detalhamento do projeto do produto para, em seguida, encaminhá-lo ao planejamento da produção, produção e lançamento do produto. As referidas fases são focos da pesquisa e serão melhor descritas no item 2.2.1.

As fases de **Preparação da Produção** e **Lançamento do Produto** objetivam colocar o produto no mercado, atendendo aos requisitos dos clientes e cumprindo as especificações finais do produto e do processo de fabricação, obtidas nas fases de Projeto do Produto.

Dessa forma, a fase de **Preparação da Produção** tem por objetivo garantir que a empresa consiga produzir o volume de produtos definido no escopo de projeto, ou seja, visa desenvolver uma cadeia de suprimentos do ponto de vista interno para a obtenção do produto. Essa fase inicia com a aquisição dos recursos de fabricação especificados no projeto detalhado e com o desenvolvimento do processo de produção e, pode iniciar com antecedência, ou seja, ao final do projeto detalhado. Os principais resultados da preparação da produção são: liberação do produto para produção, especificações do processo de produção, especificação do processo de manutenção, capacitação do pessoal e produção do lote piloto.

Já a fase de **Lançamento do Produto** está envolvida com o desenho dos processos de venda e distribuição, atendimento ao cliente, assistência técnica e campanhas de divulgação do produto. O objetivo principal dessa fase é colocar o produto no mercado, visando à garantia e à aceitação dele pelos clientes em potencial. Consiste em desenvolver os processos de apoio à comercialização do produto, ou seja, os processos de venda, de distribuição, de atendimento ao cliente e de assistência técnica.

Posterior a fase de lançamento do produto, tem-se a fase de **Acompanhar Produto e Processo**, que corresponde a um conjunto de atividades que garantem que o PDP compreenda todo o ciclo de vida do produto. O objetivo principal dessa fase é garantir o acompanhamento do desempenho do produto na produção e no mercado, identificando necessidades ou oportunidades de melhorias e garantindo que a retirada cause o menor impacto possível aos consumidores, à empresa e ao meio ambiente. Essa fase consiste em realizar auditorias pós-projeto, avaliar a satisfação do cliente, monitorar o desempenho do produto e registrar lições aprendidas. Os principais resultados dessa fase são os relatórios de avaliação da satisfação do cliente, propostas de necessidades de modificações no produto ou em seus serviços relacionados, propostas de oportunidades de melhorias, necessidades de mudanças para adequação ambiental, relatório de desempenho geral do produto, síntese das lições aprendidas e solicitação de descontinuidade do produto.

Durante as atividades de acompanhamento e produção do produto, inicia-se a fase de **Descontinuar o Produto**, também conhecida como **Retirar Produto do Mercado**. Tal fase não se inicia após o fechamento da fase de acompanhar o produto e o processo. O início da descontinuidade efetiva de produtos produzidos e vendidos no mercado acontece a partir da primeira devolução do produto por um cliente. Até esse momento, as atividades dessa fase

estão relacionadas a preparar-se para a descontinuidade. A vida de um produto varia conforme as condições de seu uso pelo cliente e a empresa deve estar preparada para receber esse produto, prevendo a primeira devolução para acionar o plano de fim de vida a tempo, de maneira que ela consiga implementar o plano com sucesso. A produção é considerada descontinua quando o produto não apresenta mais vantagens e importância do ponto de vista econômico ou estratégico. As principais atividades dessa fase são: analisar e aprovar a descontinuidade do produto, planejar a descontinuidade do produto, preparar o recebimento do produto, acompanhar o recebimento do produto, descontinuar a produção, finalizar suporte ao produto, avaliação geral e encerramento do projeto.

O impacto do plano do fim de vida do produto, do ponto de vista estratégico, de relacionamento com o mercado, legal e contratual, deve ser devidamente avaliado e os diversos interesses envolvidos devem ser acompanhados para se manter uma boa imagem e relacionamento com o mercado.

Dessa forma, encerram-se todas as fases do PDP. Para obter melhores resultados dele, é necessário adotar um modelo de referência mais adequado às necessidades da empresa. Um maior detalhamento das fases do modelo de PDP, apresentadas neste item, pode ser obtido em Rozenfeld *et al.* (2006).

2.1.1 Projeto do Produto

Conforme descrito anteriormente, a etapa de projeto do produto, ênfase da pesquisa, é composta por três fases: **Projeto Informacional**, **Projeto Conceitual** e **Projeto Detalhado**, conforme mostrado na Figura 2.3.

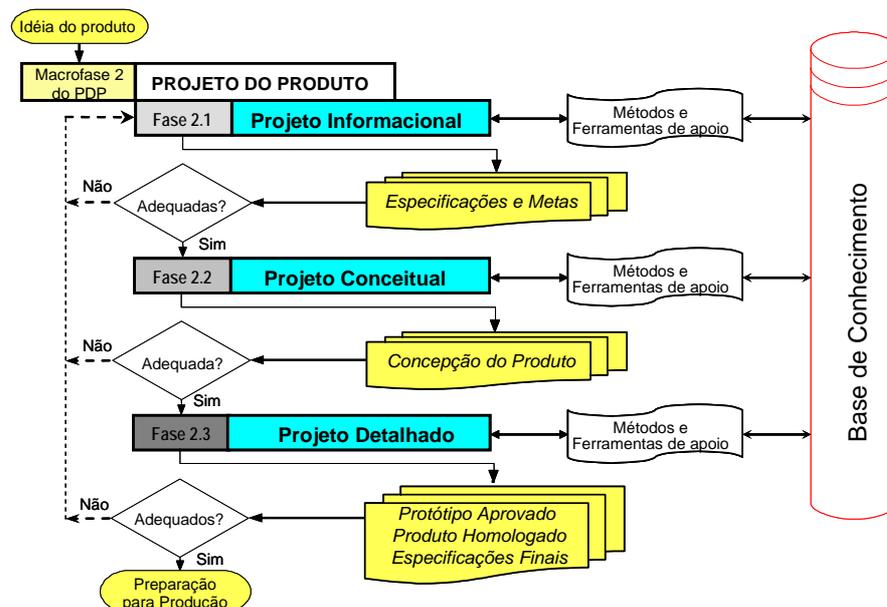


Figura 2.3. Modelo de projeto do produto (adaptado de Rozenfeld *et al.*, 2006).

A Figura 2.3 mostra, de forma abrangente, as informações de entrada e saída de cada uma das fases e como são suportadas as informações e conhecimentos gerados durante a execução delas, ou seja, através dos métodos e ferramentas de apoio ao PDP.

Para Rozenfeld *et al.* (2006), a fase de **Projeto Informacional** possui como objetivo desenvolver um conjunto de informações chamado de especificações-meta do produto. Essas especificações, além de orientar a geração de soluções, fornecem suporte para definição dos critérios de avaliação e de tomada de decisão a serem utilizados nas fases posteriores do PDP. As especificações-meta do produto compreendem: os requisitos de produto associados com valores meta, reunindo, assim, os parâmetros quantitativos e mensuráveis do produto. As atividades e tarefas principais do Projeto Informacional são mostradas na Figura 2.4. Além das atividades e tarefas da fase do Projeto Informacional, a Figura 2.4 apresenta os principais métodos, técnicas e ferramentas equivalentes em cada atividade dessa fase, sendo estes os responsáveis pelo atendimento das metas do projeto. Maiores detalhes são obtidos em Rozenfeld *et al.* (2006).

Na fase de **Projeto Conceitual**, segundo Rozenfeld *et al.* (2006), são realizadas atividades de busca, criação, representação e seleção de soluções para o problema de projeto. No início dessa fase, o produto é modelado funcionalmente e descrito de uma forma abstrata, independente de princípios físicos, para se evitar experiências ou preconceitos que inibam a formação de novas soluções. Definida a estrutura de funções do produto, vários princípios de soluções são propostos para satisfazer cada uma das funções e, posteriormente, são geradas várias alternativas de solução para ser selecionada. Ao final da fase, chega-se à concepção do produto e às seguintes informações: integração dos princípios de soluções, arquitetura do produto, *layout* e estilo do produto, macroprocesso de fabricação e montagem, lista inicial dos sistemas, subsistemas e componentes principais. As atividades e tarefas principais do Projeto Conceitual são mostradas na Figura 2.5. Além das atividades e tarefas da fase do Projeto Conceitual, a Figura 2.5 mostra os métodos, técnicas e ferramentas equivalentes em cada atividade dessa fase, sendo eles os responsáveis pelo atendimento das metas do projeto. Maiores detalhes sobre o delineamento de cada atividade e tarefa do Projeto Conceitual podem ser encontrados em Rozenfeld *et al.* (2006).

A Fase 2.3, de **Projeto Detalhado**, tem como objetivo desenvolver e finalizar todas as especificações do produto, para o encaminhar à manufatura e às outras fases de desenvolvimento. Nessa fase, os sistemas, subsistemas e componentes (SSCs) são integrados até a obtenção do produto integrado com as tolerâncias de seus parâmetros e especificações críticas dentro de valores que atendam aos requisitos dos clientes e às especificações-meta do projeto informacional.

Fase 2.1 Projeto Informacional			Métodos, técnicas e ferramentas de apoio ao PDP
<i>Atividades e suas tarefas</i>			
2.1.1	Atualizar o plano do Projeto Informacional	↔	Melhores práticas de gestão de projetos, Técnicas e procedimentos de análise financeira, Gráficos de PERT (<i>Project Evaluation and Review Technique</i>), EDT (Estrutura de Decomposição do Projeto) ou WBS (<i>Working Breakingdown Structure</i>), <i>Checklist</i> , Avaliações de especialistas, Análise SWOT (<i>Strength, Weakness, Opportunities, Threatness</i>), Método Delphi.
	Analisar o plano do projeto informacional	↔	
	Analisar e sistematizar as novas condições para a realização do projeto	↔	
	Atualizar o escopo do produto, atualizar e detalhar o escopo do projeto	↔	
	Atualizar e detalhar as atividades, os responsáveis, os prazos e o cronograma	↔	
	Atualizar e detalhar os recursos necessários	↔	
	Atualizar a estimativa de orçamento do projeto	↔	
	Atualizar, monitorar, valorar e definir novos indicadores de desempenho	↔	
	Analisar a viabilidade econômico-financeira do projeto	↔	
	Avaliar os riscos	↔	
	Atualizar o plano de comunicação	↔	
	Planejar, atualizar e preparar novas aquisições	↔	
	Definir/atualizar os critérios de passagem dos gates	↔	
2.1.2	Revisar e atualizar o escopo do produto	↔	Questionário e entrevistas; pesquisas orientadas; análise do problema; grupo de foco.
	Análise do problema de projeto	↔	
	Análise das tecnologias disponíveis e necessárias	↔	
	Pesquisar padrões, normas, patentes e legislação	↔	
	Pesquisar produtos concorrentes e similares	↔	
2.1.3	Detalhar o ciclo de vida do produto e definir seus clientes	↔	Estrutura de desdobramento do ciclo de vida; <i>checklist</i> ; matrizes de mapeamento.
	Refinar o ciclo de vida do produto	↔	
	Definir os clientes do projeto ao longo do ciclo de vida	↔	
2.1.4	Identificar os requisitos dos clientes do produto	↔	Questionário estruturado; <i>checklist</i> ; brainstorming; diagrama de afinidades; QFD; diagrama de Mudge; clínicas de avaliação; <i>benchmarking</i> de produto.
	Coletar as necessidades dos clientes de cada fase do ciclo de vida	↔	
	Agrupar e classificar as necessidades	↔	
	Definir requisitos dos clientes	↔	
	Valor dos requisitos dos clientes	↔	
2.1.5	Definir os requisitos do produto	↔	Matriz de atributos; <i>checklist</i> ; QFD; análise paramétrica; análise matricial; diagrama de Mudge; brainstorming.
	Converter requisitos de clientes em expressões mensuráveis	↔	
	Analisar e classificar os requisitos do produto	↔	
	Hierarquizar requisitos do produto	↔	
2.1.6	Definir as especificações-meta do produto	↔	Matriz de atributos; <i>checklist</i> ; QFD (Casa da Qualidade); análise paramétrica; análise matricial; diagrama de Mudge; <i>brainstorming</i> .
	Valorar requisitos do produto	↔	
	Analisar perfil técnico e de mercado	↔	
	Analisar restrições de projeto de produto (legislação, normas, contratos)	↔	
	Elaborar o conjunto de especificações-meta do produto	↔	
2.1.7	Monitorar a viabilidade econômica	↔	Técnicas e procedimentos de análise financeira
	Avalizar as mudanças nas condições do mercado, características técnicas do produto, indicadores de desempenho do projeto (prazos e custos)	↔	
	Atualizar as premissas financeiras do projeto	↔	
	Atualizar o custo-alvo nos diversos níveis do produto	↔	
	Atualizar as receitas futuras e as necessidades de investimentos	↔	
	Calcular o novo fluxo de caixa e os novos indicadores financeiros	↔	
	Analisar as novas premissas e indicadores	↔	
	Avaliar os possíveis desvios e impactos no projeto	↔	
2.1.8	Avaliar fase	↔	Técnicas de revisões, avaliações, relatórios
	Avaliar os resultados obtidos segundo os critérios estabelecidos	↔	
	Avaliar os demais critérios quantitativos e indicadores e, a viabilidade econômica	↔	
	Decidir implementar ações corretivas	↔	
	Decidir se pode ser realizada a atividade de aprovação	↔	
	Preparar relatório para o time de avaliação	↔	
2.1.9	Aprovar fase	↔	Critério de avaliação e tomada de decisão
	Analisar as evidências dos resultados e término das atividades	↔	
	Analisar o portfólio de produtos e projetos	↔	
	Analisar o estudo de viabilidade econômica	↔	
	Definir ações corretivas e analisar riscos	↔	
2.1.10	Documentar as decisões tomadas e registrar lições aprendidas	↔	Relatórios, arquivos.

Figura 2.4. Atividades, tarefas e métodos da fase de Projeto Informacional (adaptado de Rozenfeld *et al.*, 2006).

Fase 2.2 Projeto Conceitual			Métodos, técnicas e ferramentas de apoio
Atividades e suas tarefas			
2.2.1	Atualizar o plano do projeto conceitual	⇔	idem 2.1.1
2.2.2	Modelar funcionalmente o produto	⇔	Abstração orientada, modelagem funcional, matriz de decisão, FAST.
	Analisar as especificações-meta do produto	⇔	
	Identificar as funções do produto	⇔	
	Estabelecer a função global	⇔	
	Estabelecer estruturas funcionais alternativas	⇔	
	Selecionar a estrutura funcional	⇔	
2.2.3	Desenvolver princípios de solução para as funções	⇔	Abstração orientada, catálogos de solução, <i>brainstorming</i> , sinergia, matriz morfológica, TRIZ
	Definir efeitos físicos	⇔	Matriz morfológica, <i>brainstorming</i>
	Definir portadores de efeito	⇔	
2.2.4	Desenvolver as alternativas de solução para o produto	⇔	Catálogo de solução, métodos de criatividade, matriz indicadora de módulos, matriz de interfaces.
2.2.5	Definir a arquitetura para as alternativas de projeto	⇔	
	Identificar sistemas, subsistemas e componentes (SSC)	⇔	Abstração orientada, modelagem funcional, matriz de decisão, DFXs.
	Definir integração SSCs das alternativas de projeto	⇔	
2.2.6	Analisar sistemas, subsistemas e componentes (SSC)	⇔	<i>Benchmarking</i> , análise da ergonomia cognitiva e física
	Identificar e analisar aspectos críticos do produto	⇔	
	Definir parâmetros principais (forma, materiais, dimensões e capacidades)	⇔	Análise de fornecedores e cadeia de suprimentos
2.2.7	Definir ergonomia e estética do produto	⇔	Matriz Passa-Nãoopassa, Matriz de decisão
2.2.8	Definir fornecedores e parcerias de co-desenvolvimento	⇔	
2.2.9	Selecionar a concepção do produto	⇔	
	Analisar as concepções alternativas	⇔	Análise dos processos de manufatura e seus atributos, análise da adequabilidade de materiais e processo de manufatura
	Valorar as concepções alternativas	⇔	
	Selecionar a concepção mais adequada	⇔	
2.2.10	Definir plano macro de processo	⇔	Engenharia do Valor ou Análise do Valor
2.2.11	Atualizar estudo de viabilidade econômico-financeiro	⇔	idem 2.1.8
2.2.12	Avaliar fase	⇔	idem 2.1.9
2.2.13	Aprovar fase	⇔	idem 2.1.10
2.2.14	Documentar as decisões tomadas e registrar lições aprendidas	⇔	

Figura 2.5. Atividades, tarefas e métodos da fase de projeto conceitual (adaptado de Rozenfeld *et al.*, 2006).

As atividades do projeto detalhado não são realizadas de forma seqüencial, mas em forma de ciclos que garantem o paralelismo entre as atividades. Os três principais ciclos da fase de Projeto Detalhado são: ciclo de detalhamento, ciclo de aquisição e ciclo de otimização, conforme verificado na Figura 2.6.

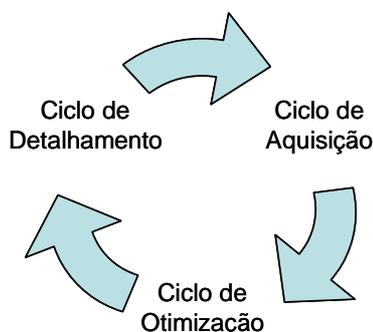


Figura 2.6. Ciclos da fase de projeto detalhado (adaptado de Rozenfeld *et al.*, 2006).

O **ciclo de detalhamento** são as atividades de criar e detalhar os SSCs, desdobrando o produto em sistema, subsistema e componentes para depois os integrar. O **ciclo de aquisição** inicia durante o ciclo de detalhamento e envolve as atividades de decidir ou comprar e

desenvolver fornecedores. Já o **ciclo de otimização** é quando os SSCs são construídos, em forma de protótipos, e testados (avaliados) para, se necessário, serem otimizados, sofrendo, assim, um novo detalhamento e/ou aquisição. Os ciclos alertam as empresas da necessidade concreta de trabalho em equipe e em forma paralela, obtendo benefícios da Engenharia Simultânea. As atividades e tarefas que compõem os três principais ciclos do Projeto Detalhado são mostradas na Figura 2.7.

Fase 2.3 Projeto Detalhado			Métodos, técnicas e ferramentas de apoio
<i>Atividades e suas tarefas</i>			
2.3.1 Atualizar o plano do projeto detalhado		↔	<i>idem 2.1.1</i>
2.3.2 Criar e detalhar SSCs, documentos e configurações		↔	Classificação, identificação e codificação, Padronização de projetos, especificação de tolerância, GD&T, métodos de cálculos e normas, Sistemas CSM, CAD/CAE/CAM/CAOO, PDM/EDM (GED), PLM.
	Criar, reutilizar, procurar e codificar SSCs	↔	
	Calcular e desenhar SSCs	↔	
	Especificar tolerâncias	↔	
	Integrar SSCs	↔	
	Finalizar desenhos e documentos	↔	
	Completar estrutura do produto	↔	
2.3.3 Decidir fazer ou comprar SSCs		↔	Planilhas de cálculo, modelos de orçamentação, sistemas de cotação, sistemas de comunicação.
	Levantar informações de custo, tempo, capacidades e competências para o desenvolvimento/fornecimento dos SSCs	↔	
	Orçar os SSCs dos fornecedores	↔	
	Decidir entre desenvolver e produzir ou comprar SSC	↔	
	Estimar os custos dos SSCs para a empresa	↔	
2.3.4 Desenvolver fornecedores		↔	ERP/ SCM; Sistema de cotação; Sistema de comunicação.
	Selecionar fornecedores	↔	
	Enviar/atualizar especificações do produto	↔	
	Avaliar amostras dos SSCs recebidos	↔	
	Homologar fornecedores	↔	
2.3.5 Planejar processo de fabricação e montagem		↔	Sistema CAPP (<i>Computer Aided Process Planning</i>), fórmulas e regras de fabricação, cartas de tolerância, CNC, Desenhos CAD, figuras, ilustrações, fotos, filmes, planos de inspeções, folha de instrução, CEP (Controle Estatístico do Processo).
	Planejar processo de fabricação macro	↔	
	Planejar processo de montagem macro	↔	
	Desdobrar parâmetros críticos dos componentes fabricados	↔	
	Reutilizar planos de processo existentes	↔	
	Definir/avaliar componente em estado bruto	↔	
	Definir e seqüenciar operações	↔	
	Selecionar/especificar máquinas e equipamentos	↔	
	Selecionar/especificar pessoal e habilidades	↔	
	Especificar fixação	↔	
	Especificar inspeções	↔	
	Selecionar/especificar métodos	↔	
	Selecionar/especificar ferramental	↔	
	Calcular sobremetal	↔	
	Calcular parâmetros de trabalho	↔	
	Descrever instruções de trabalho	↔	
	Ilustrar operações	↔	
	Obter programa CNC	↔	
	Criar informações/documentos de apoio ao operador	↔	
	Calcular tempos de fabricação e montagem	↔	
	Otimizar fluxo de produção analiticamente	↔	
	Simular processo de fabricação	↔	
	Atualizar estrutura do produto (BOM)	↔	
2.3.6 Projetar recursos de fabricação		↔	Projeto de fábrica - ferramental, máquinas e instalações.

Figura 2.7. Atividades, tarefas e métodos da fase de projeto detalhado (adaptado de Rozenfeld *et al.*, 2006).

Continuação da Figura 2.7.

2.3.7	Avaliar SSCs, configuração e documentação do produto e processo	↔	Simulações CAE, CAT, FMEA, Análise de falha, Realidade virtual; Análise de tolerância; Cálculos específicos; Análise experimental de tolerâncias; Planejamento de experimentos (DOE); Método <i>Taguchi</i> (Projeto Robusto); Prototipagem rápida, modelos analógicos, modelos icônicos.
	Analisar falhas	↔	
	Avaliar tolerância analiticamente	↔	
	Planejar testes (produto e processo)	↔	
	Desenvolver modelos para testes (elaborar modelos matemáticos e/ou fabricar/receber o protótipo)	↔	
	Executar os testes	↔	
	Avaliar os resultados e planejar ações	↔	
	Avaliar consonância da documentação com as normas	↔	
2.3.8	Otimizar produto e processo	↔	CAT, DFA, FMEA, Métodos DFX.
	Otimizar a disponibilidade, confiabilidade e manutenibilidade.	↔	
2.3.9	Criar material de suporte do produto	↔	Sistemas eletrônicos de edição, filmes, realidade virtual, outros.
	Criar manual de operação do produto	↔	
	Criar manual de descontinuidade do produto	↔	
2.3.10	Projetar embalagem	↔	Análise da logística, projeto para embalagens e transporte.
	Avaliar a distribuição do produto: transporte e entrega	↔	
	Definir as formas e as sinalizações das embalagens do produto	↔	
	Identificar os elementos críticos	↔	
	Adequar embalagem aos elementos críticos	↔	
	Planejar processo de embalagem	↔	
2.3.11	Planejar fim de vida do produto	↔	DFE (<i>Design for Environment</i>), DFD (<i>Design for Disassembly</i>)
2.3.12	Testar e homologar produto	↔	Garantia da qualidade, atendimento dos requisitos da ISO 9001.
	Verificar a documentação	↔	
	Verificar a funcionalidade do produto	↔	
	Verificar o atendimento aos requisitos	↔	
	Obter certificado de homologação	↔	
2.3.13	Enviar documentação do produto a parceiros	↔	Sistema de informações, PLM (<i>Product Life-Cycle Management</i>)
2.3.14	Monitorar a viabilidade econômico-financeira	↔	Técnicas e procedimentos de análise financeira.
	Avaliar as mudanças nas condições do mercado, características técnicas do produto, indicadores de desempenho do projeto (prazos e custos)	↔	
	Atualizar as premissas financeiras do projeto	↔	
	Atualizar o custo-alvo nos diversos níveis do produto	↔	
	Atualizar as receitas futuras e as necessidades de investimentos	↔	
	Calcular o novo fluxo de caixa e os novos indicadores financeiros	↔	
	Analisar as novas premissas e indicadores	↔	
	Avaliar os possíveis desvios e impactos no projeto	↔	
2.3.15	Avaliar fase	↔	<i>idem 2.1.8</i>
2.3.16	Aprovar fase	↔	<i>idem 2.1.9</i>
2.3.17	Documentar as decisões tomadas e registrar lições aprendidas	↔	<i>idem 2.1.10</i>

Além das atividades e tarefas da fase do Projeto Detalhado, a Figura 2.7 mostra os métodos, técnicas e ferramentas equivalentes em cada atividade dessa fase, sendo estes os responsáveis pelo atendimento das metas do projeto. Maiores detalhes sobre o delineamento de cada atividade e tarefa do ciclo de desenvolvimento do Projeto Detalhado, podem ser encontrados em Rozenfeld *et al.* (2006).

O modelo de referência apresentado serve como um guia das melhores práticas em desenvolvimento de produtos e também como base de avaliação da situação atual de uma empresa. Segundo Rozenfeld *et al.* (2006), a adoção das fases e atividades do modelo de

referência depende se elas são apropriadas e se a empresa possui estrutura suficiente para adotá-las. Uma das formas de analisar se a empresa possui estrutura suficiente é através da verificação do nível de maturidade do PDP, assunto tratado a seguir.

2.2 NÍVEIS DE MATURIDADE DO PDP

Um dos caminhos para classificar a evolução do PDP e proporcionar melhorias em uma empresa é por meio da análise de sua maturidade. Crow (2000) apresenta um modelo de maturidade de processos desenvolvido pelo Instituto de Engenharia de Software (*Software Engineering Institute*) da Universidade de *Carnegie-Mellon*, onde as empresas passam por diferentes níveis até atingir a maturidade. Tal modelo é genérico e pode ser utilizado tanto para processo de manufatura quanto para o processo de desenvolvimento de produtos. Tais níveis de maturidade do processo, conforme apresentado resumidamente por Echeveste (2003), são divididos em cinco, como seguem:

(i) **estado inicial** (imaturo), em que a organização convive com a instabilidade em seus processos de desenvolvimento das tarefas;

(ii) **processo repetitivo** (intuitivo), dependente dos indivíduos que trabalham por memória ou simplesmente repetem o padrão que vem sendo executado; (iii) **nível da definição do processo**, em que documentos são organizados para auxiliar e padronizar os processos;

(iv) **nível do gerenciamento do processo**, no qual equipes utilizam medidas para monitorar o processo e corrigir desvios do alvo; e,

(v) **nível da otimização** (maturidade), em que o processo passa por contínuas melhorias, as equipes medem os aspectos críticos do processo que apontam onde as melhorias podem ser realizadas e, após as ações serem tomadas, é avaliado se elas foram efetivas.

Já Rozenfeld *et al.* (2006) propõem um modelo de maturidade específico e detalhado ao PDP, o qual considera as seguintes dimensões para avaliar o grau de maturidade de uma empresa: quais as atividades do modelo de referência do PDP que a empresa aplica; como são realizadas tais atividades, ou seja, quais os métodos e ferramentas que são utilizados pela empresa no PDP; e, em que etapa do ciclo incremental de evolução ela se encontra, ou seja, se ela realiza padronização, medição, controle e melhoria contínua do PDP. Dessa forma, os autores propõem cinco níveis de maturidade para o PDP. Em cada nível, são agregadas mais atividades, métodos e ferramentas em referência ao nível anterior. Os níveis propostos são:

1. **Básico**: indica que somente algumas atividades do modelo de referência do PDP são realizadas. Esse nível é subdividido em quatro subníveis de acordo com as melhores

práticas no PDP que são aplicadas e agrupadas nas áreas de conhecimentos afins. Os quatro subníveis são:

- 1.1. Relacionado à área de Engenharia do Produto: contém somente algumas atividades do PDP, tais como a definição do escopo, atividades macro, prazos, requisitos do produto, concepção, estrutura, dimensão dos itens e a compra dos recursos para a fabricação do produto;
 - 1.2. Relacionado às áreas de *Marketing* e Qualidade: engloba o subnível 1.1 e contém atividades de comunicação com a alta cúpula da empresa para o planejamento estratégico do produto, realiza o desdobramento dos requisitos, faz análise do ciclo de vida, considera os requisitos na homologação do produto, libera o produto para produção, integra ações no lançamento e procura atender à legislação pertinente ao pós-desenvolvimento do produto;
 - 1.3. Relacionado às áreas de Engenharia de Processos, Produção e Suprimentos: engloba o subnível 1.2 e contém atividades de planejamento do macroprocesso, de comunicação e acordos com os fornecedores, produção do lote piloto e homologação dos processos;
 - 1.4. Relacionado às áreas de Gestão de Projetos e Custos: engloba as práticas dos subníveis anteriores e contém atividades de pensar no *portfólio* de produtos, realizar estudo da viabilidade econômica, utiliza sistemas de gerenciamento de projeto, aplica conceitos de aprovação de fase e planeja o lançamento do produto no mercado;
2. **Intermediário:** as atividades são padronizadas, seus resultados previsíveis e são utilizados métodos e ferramentas consagrados de desenvolvimento de produtos. A partir desse nível, a empresa já praticará o PDP de forma avançada. O nível intermediário é subdividido em quatro subníveis de acordo com as melhores práticas no PDP que são aplicadas e agrupadas nas áreas de conhecimentos afins. Os quatro subníveis são:
- 2.1. Relacionado à área de Engenharia do Produto: a empresa começa a definir uma família de produtos, com um estudo do *portfólio* de produtos; o planejamento de projeto é mais sofisticado, com análise dos riscos e da qualidade; na fase de desenvolvimento do produto, são utilizados métodos de modelagem funcional, definição dos princípios de solução, aplicação do DFX, concepções alternativas, aplicação do QFD, FMEA e sistemas CAE; é designado um time para acompanhar o produto; é realizado um gerenciamento de mudanças de engenharia, mas de maneira

- informal e não-sistemática; e uma melhoria incremental do PDP ocorre, mas sem monitoramento dos resultados ou interação com o processo de transformação;
- 2.2. Relacionado às áreas de *Marketing* e Qualidade: engloba as práticas dos subníveis anterior, realiza a gestão de *portfólio* integrada ao planejamento estratégico da empresa e os processos de negócios resultantes são desenhados e projetados simultaneamente;
 - 2.3. Relacionado às áreas de Engenharia de Processos, Produção e Suprimentos: engloba as práticas dos subníveis anteriores; integra parceiros da cadeia de suprimento desde a fase de planejamento do produto; e detalha o processo de fabricação e montagem, utilizando sistemas CAPP e PDP;
 - 2.4. Relacionado às áreas de Gestão de Projetos e Custos: engloba as práticas dos subníveis anteriores; realiza todas as atividades de gestão de projeto; existe integração entre planos; realiza *gates* de projeto com critérios pré-definidos; monitora continuamente custos, volume e preços previstos; monitora riscos; acompanha indicadores de gestão de projetos; considera o desenvolvimento sustentável; possui planos de reutilização, reciclagem e descarte integrados e realizados; e possui um processo formalizado e controlado de gestão de mudanças;
 3. **Mensurável:** existem e são utilizados indicadores para se medir o desempenho das atividades e a qualidade dos resultados;
 4. **Controlado:** a empresa trabalha de forma sistemática para corrigir atividades, cujos indicadores desviaram do valor esperado;
 5. **Melhoria Contínua:** nível mais elevado que abrange todos os outros níveis e integra aspectos relacionados ao gerenciamento de mudanças de engenharia, melhoria incremental e o processo de transformação do PDP com o próprio PDP.

Segundo Rozenfeld *et al.* (2006), tal divisão dos níveis pode ser modificada pela empresa, conforme as premissas e objetivos de um projeto particular de transformação e melhorias do PDP. O processo evolutivo de incremento da maturidade de uma empresa não é linear, mas cíclico. No próximo item, serão apresentados aspectos referentes ao processo de melhoria incremental e transformação do PDP.

2.3 PROCESSO DE MELHORIA DO PDP

As informações contidas neste tópico referem-se ao processo de apoio e melhoria no modelo de referência de PDP. Tais informações encontram-se em Rozenfeld *et al.* (2006).

Segundo o autor, uma melhoria no PDP pode ser incremental ou inovadora. Uma melhoria incremental é caracterizada como melhoria de uma atividade ou de um processo de negócio do PDP. Quando ocorrem grandes mudanças no PDP da empresa, ou seja, quando as mudanças influenciam diversas atividades do PDP, salienta-se que a melhoria é inovadora, ou também chamada de transformação. A transformação do PDP visa principalmente mudar o patamar de maturidade do PDP de uma empresa, ou seja, introduzir as melhores práticas de desenvolvimento de produtos que levam a empresa a realizar atividades antes não efetuadas, a aplicar métodos de projetos e a controlar as atividades. Um conjunto de melhorias incrementais implementadas pode ser considerado uma melhoria de transformação do PDP.

Ambas as melhorias são cíclicas e possuem fases com o mesmo nome, porém apresentam conteúdos diferentes. Uma visão geral das fases de melhoria do PDP pode ser verificada através da Figura 2.8.

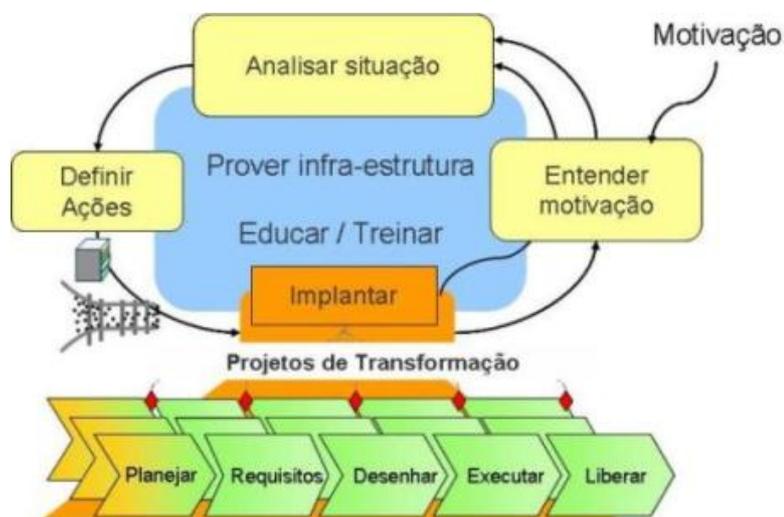


Figura 2.8. Visão geral do processo de melhoria incremental e de transformação do PDP (Rozenfeld *et al.*, 2006).

A melhoria incremental do PDP exige um certo nível de maturidade, ou seja, a empresa deverá possuir um PDP sistematizado, enquanto que para o processo de transformação isso não é necessário. À medida que um PDP é sistematizado, após alguns ciclos de transformação, a empresa começa a praticar o processo de melhoria incremental do PDP.

A partir da evolução da empresa, os processos e fases de melhoria se tornam mais transparentes para os profissionais e fica mais fácil saber se a melhoria é incremental ou de transformação. Dessa forma, o processo de melhoria se torna cíclico. A Figura 2.9 demonstra vários projetos de mudanças do PDP, os quais formam o processo cíclico de melhoria. Alguns dos projetos estão relacionados a mudanças radicais, outros não; alguns tratam do processo como um todo e outros da aplicação de métodos e ferramentas de forma mais específica. A

implantação do processo de transformação integrado ao de melhoria do PDP é gradual e respeita o nível de maturidade da empresa e o que se pretende atingir.

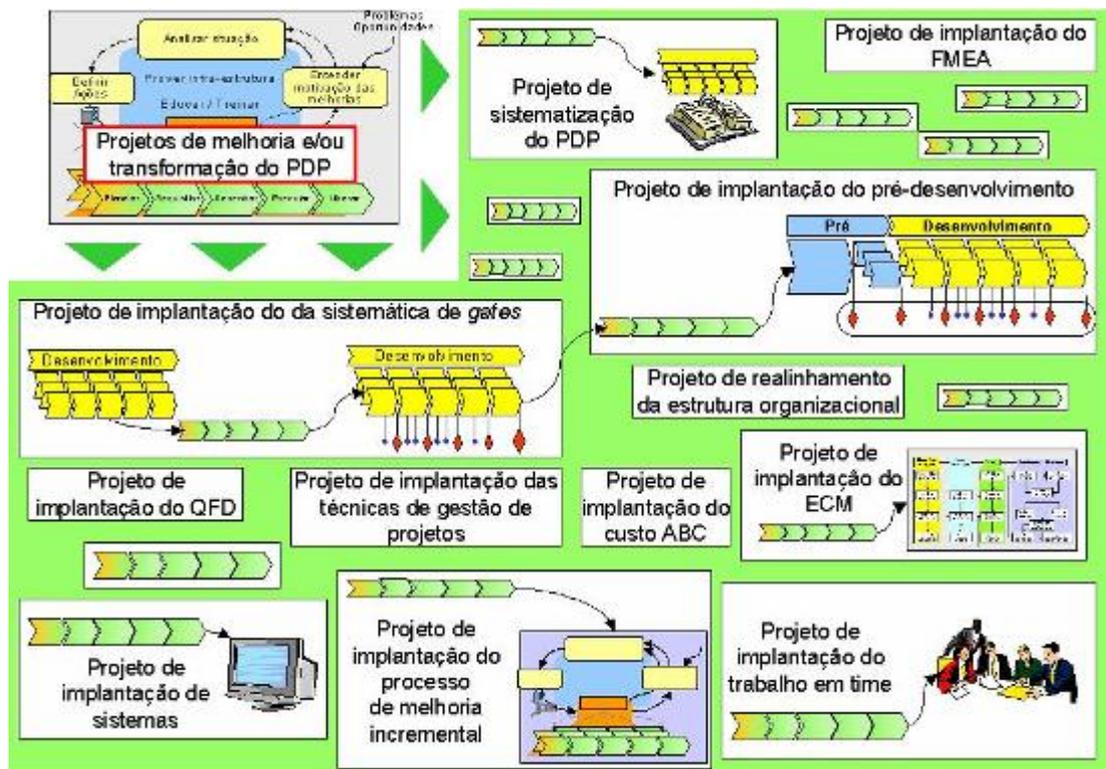


Figura 2.9. Integração dos processos de transformação e melhoria incremental do PDP (Rozenfeld *et al.*, 2006).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Baseado no modelo de PDP apresentado, percebe-se que ele compreende todo o ciclo de vida do produto, sendo este dividido em macrofases, fases, atividades e tarefas, e pode ser aplicado de forma genérica para empresas manufatureiras de bens de consumo duráveis e de capital. Dessa forma, tal modelo de PDP dará suporte ao delineamento do estudo de campo e à pesquisa-ação, no sentido de ser um comparativo aos diversos PDPs das empresas pesquisadas.

Percebeu-se também que as atividades e tarefas do modelo de PDP apresentado servem como um guia das melhores práticas em desenvolvimento de produtos. Isto proporciona a medição da maturidade do PDP de uma empresa, pois o modelo é tomado como referência. Nesse contexto, o modelo de referência apresentado facilitará a identificação dos pontos a serem melhorados no Processo de Desenvolvimento de Produtos da empresa da pesquisa-ação (Capítulo 4, item 4.3). Também foi apresentado, neste capítulo, o processo de melhoria incremental e de transformação do PDP, mostrando, assim, a forma de aplicação do modelo de PDP.

CAPÍTULO 3

MÉTODOS, TÉCNICAS E FERRAMENTAS DE APOIO AO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Neste capítulo, serão abordados conceitos relativos aos métodos, técnicas e ferramentas de apoio ao Processo de Desenvolvimento de Produtos. Dessa forma, serão descritos os principais aspectos inerentes a esses recursos no que se refere à área de aplicação, tipologia e algumas generalidades relacionadas à usabilidade e implantação deles na indústria. O objetivo da presente descrição é fornecer suportes conceituais ao delineamento da pesquisa, implantação dos métodos de projeto na indústria e obtenção dos princípios e recomendações orientadores à implantação de métodos de projeto na indústria.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS MÉTODOS, TÉCNICAS E FERRAMENTAS DE APOIO AO PDP

Como o tema de pesquisa refere-se aos aspectos problemáticos relativos à implantação de métodos de projeto de apoio ao Processo de Desenvolvimento de Produtos na indústria, com ênfase na etapa de projeto de produto, é de suma importância conhecer os principais conceitos desses recursos e suas potencialidades para aplicação na indústria.

3.1.1 Método, técnica ou ferramenta?

Método, do grego *methodos*, significa via, procedimento para conhecer e investigar. É um procedimento para a ação prática e teórica do homem que se orienta no sentido de assimilar um objeto (Fonseca, 2000). Para Ferreira (1999), **método** é o caminho pelo qual se atinge um objetivo; modo de proceder, maneira de agir, meio. Portanto conclui-se que **método** é um conjunto de procedimentos necessários para se chegar a um objetivo, meta, em alguma das fases do projeto de produto.

Técnica, do grego *techné*, significa maestria, arte. Sistema de objetos criados pelo homem e que são indispensáveis para a realização de sua atividade (Fonseca, 2000). Para Ferreira (1999), **técnica** é a parte material ou o conjunto de processos de uma arte; maneira, jeito ou habilidade especial de executar ou fazer algo. Pode-se concluir que **técnica** é a forma como se atinge um objetivo, forma de como delinear os procedimentos necessários para atingir os objetivos do projeto de produto.

Segundo Ferreira (1999), **ferramenta** é um instrumento, qualquer utensílio empregado nas artes e ofícios. **Ferramenta** é um objeto ou sistema de objetos, utilizados pelos seres vivos, visando determinada finalidade (Fonseca, 2000). Conclui-se que **ferramenta**, na área de projetos de produto, é uma forma de agilizar os procedimentos de um determinado método ou técnica através de um sistema computacional, tornando-se, por exemplo, um *software* específico desse método.

De forma geral, tanto o método, técnica ou ferramenta possuem como objetivo principal auxiliar o delineamento das atividades do processo de desenvolvimento de produtos. Dessa forma, durante a apresentação descritiva do trabalho, o termo “métodos, técnicas e ferramentas de apoio ao PDP” será nomeado em alguns momentos de forma abrangente, como sendo “**métodos de projeto de apoio ao PDP**”, a fim de facilitar a leitura e evitar um possível conflito entre conceitos, uma vez que o objetivo principal de ambos os termos possui equivalência.

3.1.2 Contexto e áreas de aplicação dos métodos de projeto de apoio ao PDP

Para Echeveste (2003), nas últimas décadas, desenvolveram-se técnicas e métodos de forma independente, principalmente nas áreas de engenharia mecânica, *design* e informática. Por outro lado, a área de desenvolvimento de produtos estava limitada aos processos de desenvolvimento e seus problemas vinculados à área da engenharia. Clark e Fujimoto (1991), Pahl e Beitz (1996) e Roozenburg e Eekels (1996) são exemplos de autores que representam essa fase de desenvolvimento.

Mañà (1998) *apud* Silva (2001) realizou uma pesquisa em 1997 em duzentas empresas americanas e européias que possuíam processos de desenvolvimento de produtos considerados de referência em termos de competitividade. Seu objetivo foi caracterizar a concepção moderna do desenvolvimento de produtos a partir da identificação de métodos, técnicas e ferramentas de projeto utilizados pelas empresas. Ele investigou a aplicação destes recursos de apoio ao projeto em relação a quatro aspectos: recursos orientados ao cliente e ao mercado; recursos voltados à concepção do produto e geração de idéias; recursos para o

desenvolvimento do produto orientado à engenharia e recursos orientados à tecnologia e ao processo, conforme Figura 3.1.

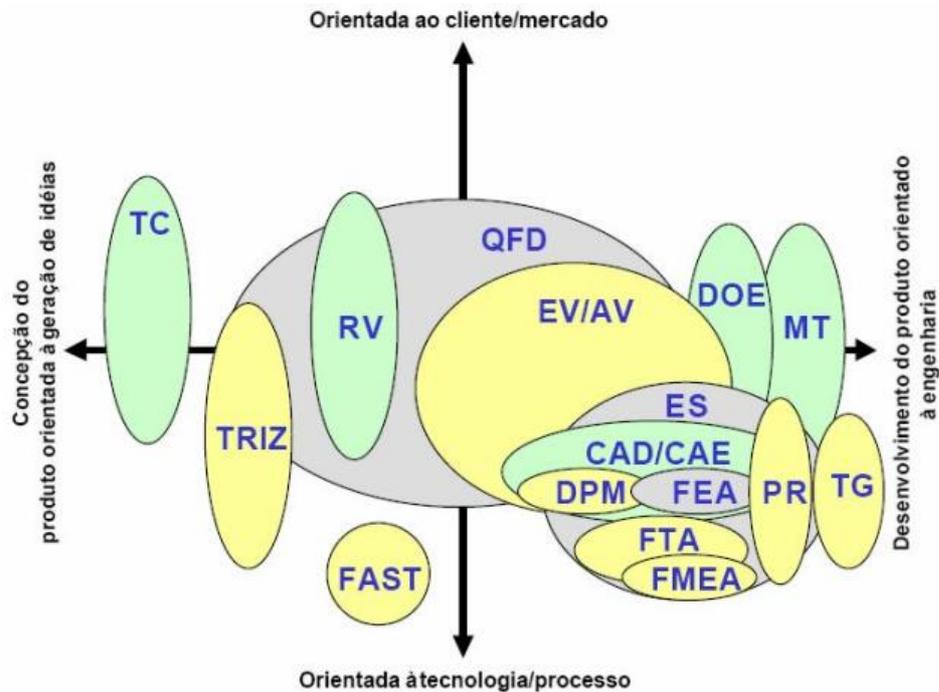


Figura 3.1. Foco de ação de diferentes métodos e técnicas de desenvolvimento de produto (Mañà, 1998 *apud* Silva 2001).

A Figura 3.1 apresenta o foco de ação de diferentes métodos de projeto de apoio ao PDP, em que o tamanho da área ocupada por cada método de projeto identifica sua dimensão como característica de modernidade. Os resultados da pesquisa identificaram a utilização simultânea de múltiplos métodos e ferramentas nos processos de desenvolvimento de produtos das empresas.

Alguns dos métodos citados anteriormente surgiram nos anos setentas, outros surgiram nos anos noventas ou após o movimento da engenharia simultânea. A diversidade de métodos foi se propagando gradualmente, com o objetivo de fornecer suporte a uma série de fases e aspectos mais amplos ao desenvolvimento de produto de forma mais integrada. Prova disso foi o estudo realizado por Ishii (1995) *apud* Fugita e Matsuo (2005), o qual identificou os principais métodos de projetos aplicados durante o desenvolvimento do processo de projeto e o ciclo de vida do produto. A Figura 3.2 demonstra um mapa aproximado da área de aplicação dos métodos de projeto em relação ao ciclo de vida do produto e as fases do processo de projeto. Percebe-se também que existe certa integração entre os métodos.

A tendência que se observa é de customização do processo de execução desses métodos ou técnicas de análise, melhoria e coordenação de atividades. Busca-se também a integração entre métodos e técnicas de origens distintas. As empresas tendem a procurar o que cada uma dessas técnicas e métodos oferece de melhor e quais são mais adequadas segundo as

características do seu processo de desenvolvimento. Em seguida, elas podem customizar e incorporar essas técnicas no modelo de referência, de forma a evitar sobreposições, otimizando essas análises (Rozenfeld *et al.*, 2000). A Figura 3.3 traz um exemplo das ferramentas que podem ser utilizadas de forma integrada, segundo as principais atividades do PDP.

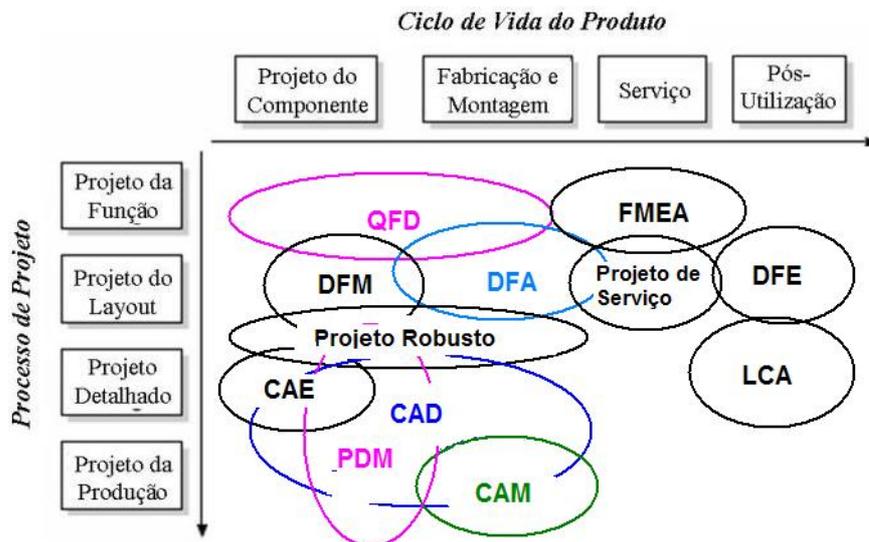


Figura 3.2. Áreas de aplicação das ferramentas e métodos em relação ao ciclo de vida do produto e processo de projeto (adaptado de Ishii, 1995 *apud* Fugita e Matsuo, 2005).

Portanto, percebe-se que os métodos de projeto possuem áreas específicas de aplicação que podem estar em determinadas fases do PDP, ao longo do ciclo de vida do produto, orientadas aos clientes, ao processo ou à engenharia e tecnologia.

No próximo item, serão apresentados os principais tipos de métodos de projetos utilizados pelas empresas, seus conceitos, objetivos e procedimentos na aplicação.

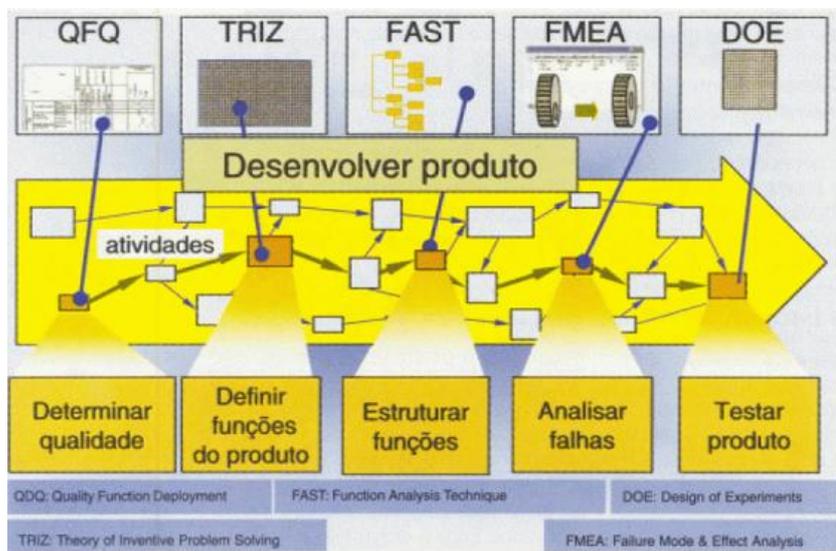


Figura 3.3. Integração de métodos e técnicas de desenvolvimento de produtos (Rozenfeld *et al.*, 2000).

3.2 TIPOS DE MÉTODOS, TÉCNICAS E FERRAMENTAS DE APOIO AO PDP

Atualmente, existe uma grande quantidade e diversidade de métodos, técnicas e ferramentas de apoio ao PDP, os quais surgiram de diversas escolas e pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de produtos.

Neste tópico, serão apresentados os principais métodos de projeto de apoio ao PDP, seus conceitos, objetivos e procedimento quanto à aplicação. Em virtude do escopo e limitação do trabalho, os métodos a serem descritos de forma detalhada serão os de maior abrangência e participação no modelo de PDP apresentado no Capítulo 2 e alguns dos que foram implantados na empresa da pesquisa-ação (Capítulo 5). Dentre os métodos a serem detalhados a seguir, citam-se: **QFD**, **FMEA**, **TRIZ**, **DOE** e **FAST**.

Na seqüência, serão descritos outros métodos de projeto considerados importantes ao PDP. A descrição deles será de forma sintetizada, mas suficiente para o entendimento das potencialidades de cada método. Posteriormente, será apresentado um conjunto de ferramentas adotadas pela Fundação COTEC (1998)² e publicadas no *Temaguide*³.

3.2.1 QFD – *Quality Function Deployment*

O QFD, *Quality Function Deployment*, que do inglês significa Desdobramento da Função Qualidade, foi desenvolvido no Japão pelo professor Yoji Akao em 1972 em parceria com diversas empresas japonesas. Segundo Gontijo (1995), o QFD é uma abordagem preventiva da qualidade, em que a voz do cliente (necessidade do cliente) é traduzida em requisitos adequados para a empresa, ou seja, metas em função das necessidades do consumidor são desdobradas em atividades relacionadas ao ciclo de vida do produto.

O QFD pode ser aplicado tanto para produto (bens ou serviços) da empresa quanto para produto intermediário entre cliente e fornecedor interno; para remodelagem e melhoria de produtos existentes quanto para produtos novos. A implantação do método QFD objetiva duas finalidades específicas: (1) auxiliar o processo de desenvolvimento do produto, buscando, traduzindo e transmitindo as necessidades e desejos do cliente; e (2) garantir a qualidade durante o processo de desenvolvimento do produto (Cheng *et al.*, 1995). Nos últimos anos, as aplicações do QFD têm sido direcionadas para o início do ciclo de vida do desenvolvimento do produto e para o planejamento do produto, visto e aceito como um empreendimento (Cheng, 2002).

² *Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica*, COTEC, Espanha.

³ *A Guide to Technology Management and Innovation*, que do inglês significa Um Guia para Gerenciar a Tecnologia e Inovação.

Os principais benefícios do uso do QFD, segundo Cheng *et al.* (1995), são:

1. Reduz o tempo de desenvolvimento do produto;
2. Reduz o número de mudanças de projeto;
3. Reduz as reclamações dos clientes, pois envolve o cliente no projeto;
4. Estimula a pró-ação ao invés da reação;
5. Previne fatores de risco relacionados a falhas;
6. Promove rapidez e redução de custo de desenvolvimento de bens e serviços;
7. Aumenta a comunicação entre os departamentos da empresa e facilita o aprendizado dos envolvidos no processo.

A evolução do QFD, a partir do trabalho original de Yoji Akao, levou ao surgimento de diferentes abordagens dessa metodologia. Tais abordagens são descritas na literatura nacional e internacional, dentre elas, segundo Peixoto (1998), destacam-se: QFD das Quatro Fases, desenvolvida por Makabe; QFD Estendido; por Don Clausing em referência a abordagem das Quatro Fases; QFD das Quatro Ênfases, por Akao; e, Matriz das Matrizes, por Bob King.

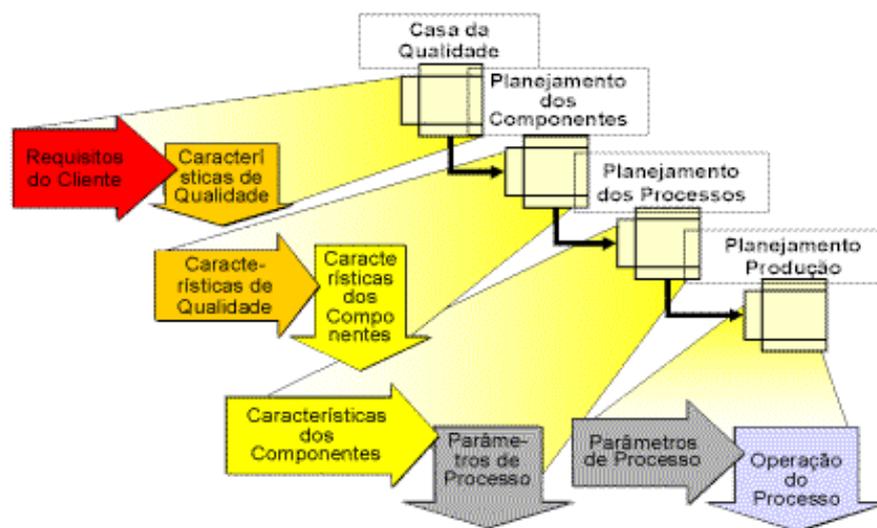


Figura 3.4. Funcionamento das matrizes do QFD do modelo das quatro fases (Clausing, 1994 *apud* Peixoto, 1998).

A versão apresentada na Figura 3.4 é o QFD das Quatro Fases, sendo elas: Casa da Qualidade, Planejamento dos Componentes, Planejamento dos Processos e Planejamento da Produção. A mesma foi desenvolvida por Makabe e divulgada nos EUA por Clausing (1994) e pela *American Supplier Institute* (ASI)⁴.

A fase que será abordada com maior ênfase no estudo será a Casa da Qualidade. O uso da Casa da Qualidade visa estabelecer as relações entre os requisitos de usuário e os requisitos

⁴ A ASI é uma organização sem fins lucrativos dedicada à gestão da Qualidade e à melhoria competitiva da indústria americana.

de projeto, hierarquizando estes últimos como base nas especificações de projeto. Segundo Fonseca (2000), **requisitos dos clientes** são as primeiras traduções das necessidades brutas obtidas dos diferentes tipos de clientes ou usuários, levadas a uma linguagem compreensível aos projetistas. Já os **requisitos de projeto** são aquelas características técnico-físicas mensuráveis que o produto deve ter para satisfazer os requisitos dos clientes anteriores.

Para o preenchimento da Casa da Qualidade, recomenda-se constituir uma equipe composta por especialistas das diversas áreas do ciclo de vida, denominada como equipe de engenharia simultânea. No caso em que não for possível constituir essa equipe, é conveniente a presença dos especialistas de *marketing* para definir o problema de projeto, assim como dos especialistas das áreas de produção, montagem e manutenção da empresa produtora (Fonseca, 2000). Fonseca (2000) recomenda um formato da Casa da Qualidade conforme mostrado na Figura 3.5, sendo ele composto por campos a serem executados, conforme descrição a seguir.

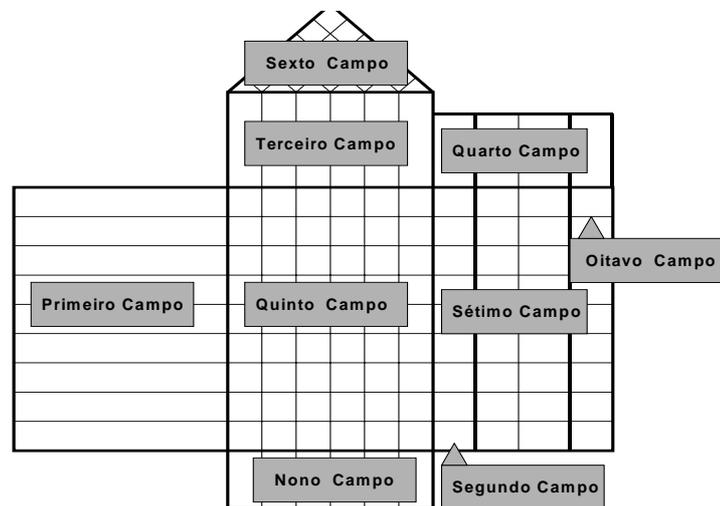


Figura 3.5. Casa da qualidade para obter as especificações de projeto (Fonseca, 2000).

No **primeiro campo**, situam-se os requisitos dos clientes, ou seja, O QUÊ os clientes desejam ou esperam do produto. Eles são classificados segundo a fase do ciclo de vida do produto. O **segundo campo** corresponde à avaliação quantitativa de cada requisito do cliente, numa escala de 0 a 100, segundo a sua importância, a ser preenchida pela equipe multidisciplinar formada, levando em conta as opiniões dos clientes. No **terceiro campo** (as colunas), situam-se os requisitos de projeto, originados da relação entre os requisitos dos clientes e os atributos específicos do produto. Ou seja, COMO para atender o O QUÊ. O **quarto campo** serve para situar os produtos concorrentes identificados. A análise de cada concorrente, pelo **oitavo campo**, é baseada no conhecimento das características dos produtos concorrentes selecionados e na experiência dos projetistas numa escala (0-1-3-5), igual à matriz principal. O **quinto campo** é a matriz principal e nela são feitas as avaliações entre os requisitos de usuário e os requisitos de projeto numa escala quantitativa (0-1-3-5). Todo

requisito de projeto se relaciona, fortemente, com aquele(s) requisito(s) do(s) cliente(s) que o originou ou os originaram. O **sexto campo** é o teto da casa da qualidade e nele são feitas as avaliações entre os próprios requisitos de projeto. O **sétimo campo** é usado para avaliar os relacionamentos entre os requisitos dos clientes e os produtos concorrentes. É a denominada matriz secundária da Casa da Qualidade. Finalmente, o **nono campo** serve para preencher os resultados das avaliações e definir as hierarquias dos requisitos de projeto, sempre baseadas nas avaliações da matriz principal (com ou sem as avaliações do teto e com ou sem as avaliações contidas na matriz secundária).

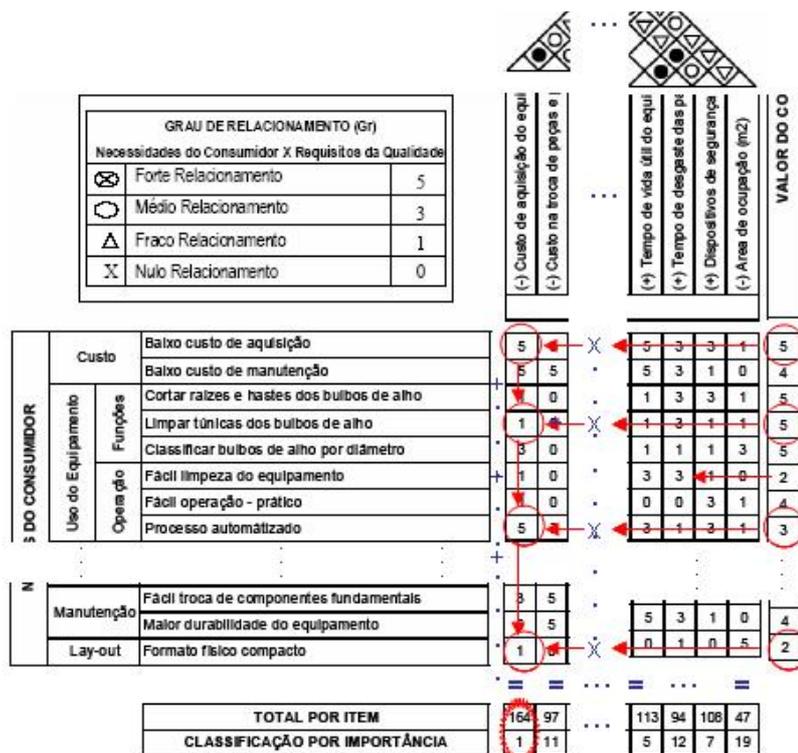


Figura 3.6. Exemplo da análise e classificação dos requisitos de projeto do QFD – Casa da Qualidade, vista parcial (adaptado de Zardo, 2004).

A **hierarquização dos requisitos de projeto** é o **resultado final** das avaliações efetuadas na casa da qualidade e fornecem elementos fundamentais para a posterior definição das especificações de projeto de produto. A Figura 3.6 demonstra um exemplo e alguns dos principais campos da matriz QFD, Casa da Qualidade, assim como o procedimento de cálculos para hierarquização dos requisitos de projeto.

Segundo Ekdahl e Gustafsson, 1997; Cristiano *et al.*, 2000; Martins e Aspinwall, 2001 *apud* Carnevalli, Sassi e Miguel, 2004, as principais dificuldades no uso do QFD são: falta de suporte gerencial e de comprometimento dos membros da equipe do QFD; falta de recursos financeiros e de tempo para conduzir a consulta aos clientes; falta de experiência com o uso do método; longo tempo consumido com a aplicação; e dificuldades em trabalhar com matrizes muito grandes.

3.2.2 FMEA – *Failure Mode and Effects Analysis*

Segundo a ABNT (Associação Brasileira de Norma Técnicas), com a norma NBR 5462 (1994), a sigla FMEA, da língua inglesa, *Failure Mode and Effects Analysis*, significa **Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos**. O FMEA é um método qualitativo de análise de confiabilidade que envolve o estudo dos modos de falhas que podem existir para cada item, e a determinação dos efeitos de cada modo de falha sobre os outros itens e sobre a função específica do conjunto (NBR 5462, 1994).

Para Helman e Handery (1995), o FMEA comparado ao método FTA (Análise da Árvore de Falhas), é um método que analisa a falha de baixo para cima (*bottom up*), ou seja, atua de forma a prognosticar uma falha; enquanto que o FTA analisa a falha de cima para baixo (*top down*), ou seja, quando ela já ocorreu. Tal conceito é mais bem visualizado na Figura 3.7.

O FMEA é um método qualitativo que estuda os possíveis modos de falha de componentes, sistemas, projetos e processos e os respectivos efeitos gerados por esses modos de falha. O modo de falha é a expressão utilizada para caracterizar o processo e o mecanismo de falha que ocorre nos itens. O efeito é a maneira como o modo de falha se manifesta. Cada item pode ter diferentes modos de falha. Um determinado modo de falha vai se tornar mais ou menos evidente, dependendo da função que o item desempenha naquele caso específico. O efeito, por sua vez, segue a mesma sistemática (Sakurada, 2001).

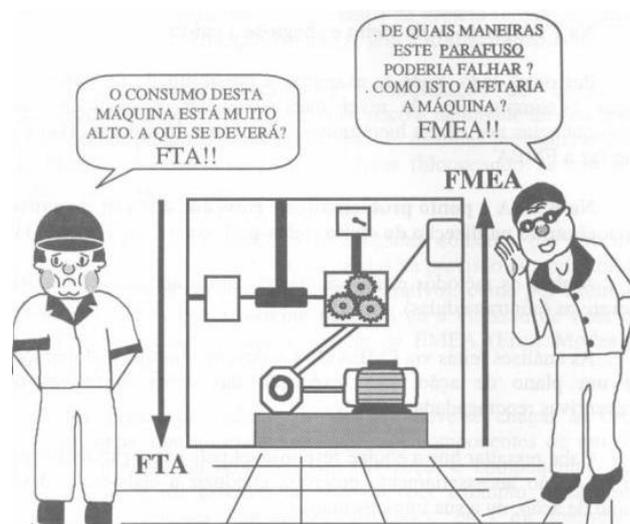


Figura 3.7. FMEA e FTA: dois tipos de raciocínio (Helman e Andery, 1995).

Palady (2004) define o FMEA como:

1. Uma ferramenta para o prognóstico de problemas;
2. Um procedimento para o desenvolvimento e execução de projeto, processos ou serviços, novos ou revisados;

3. O diário do projeto, processo ou serviço.

Stamatis (1995) *apud* Sakurada (2001), cita que o FMEA pode ser aplicado em **sistemas** (na análise dos sistemas e subsistemas nas fases iniciais de concepção e projeto), no **projeto** (para analisar produtos antes que eles sejam liberados para a manufatura), no **processo** (na análise dos processos de manufatura e montagem) e no **serviço** (para analisar serviços antes que eles alcancem o cliente).

Segundo Palady (2004), o FMEA exige um custo inicial da organização, porém ele pode ser um investimento se o método for realizado com eficácia. O autor cita alguns dos benefícios do desenvolvimento e manutenção de FMEAs eficazes, conforme segue:

1. Economia nos custos e tempo de desenvolvimento – reduz a estratégia “identifica e corrija” nos protótipos;
2. Serve como o guia para o planejamento de testes mais eficientes – aumenta a confiança para realização de testes que refletem em desempenho no projeto;
3. Ajuda a desenvolver sistemas eficazes de manutenção preventiva – ajuda a alocar a manutenção preventiva somente quando necessária;
4. Fornece idéias para testes incorporados ao projeto – ajuda na avaliação da necessidade de realizar testes com base no grau de severidade, no índice de detecção e na descrição dos defeitos;
5. Reduz os eventos não previstos durante o planejamento de um processo;
6. Fornece uma referência rápida para resolução de problemas – identificação de causas e recomendações de ações;
7. Reduz o número de mudanças de engenharia;
8. Aumenta a satisfação do cliente – previne os problemas antes que ocorram e oferece respostas rápidas aos problemas;
9. Serve como chave para acompanhar o projeto e atualizá-lo em toda a organização – documenta todas as modificações ou revisões feitas no projeto;
10. Reduz o controle de custo desnecessário no processo – aloca os controles nos pontos mais críticos e prioritários;
11. Identifica as preocupações de segurança a serem abordadas – pela identificação dos efeitos que podem ameaçar a saúde do cliente, através da definição do grau de risco de segurança;
12. Fornece idéias para o Projeto Robusto (projeto de um produto insensível às variações às quais o produto está submetido), contra os hábitos do cliente – facilita na

identificação das fontes de variação descontroladas (ambientes, os hábitos dos clientes), que afetam o produto.

Para Helman e Andery (1995), Sakurada (2001) e Palady (2004) o principal fator de sucesso de uma eficiente implantação e eficaz aplicação do FMEA na indústria, é o domínio do conhecimento dos seguintes conceitos:

1. **Modo de Falha:** é a forma do defeito, maneira na qual o defeito se apresenta, maneira como o item (componente) falha ou deixa de apresentar o resultado desejado ou esperado, forma como o item falha fisicamente. A falha pode ser estrutural (física) ou funcional (relacionada à função do item).
2. **Efeito:** é o resultado produzido por uma ação ou um agente, denominados causa em relação a esse resultado, a consequência da falha, fim, destino. O efeito é como a falha é percebida em nível de sistema, como ela se manifesta e como é vista pelo cliente.
3. **Causa:** é aquilo que determina a existência de uma coisa; o que determina um acontecimento; agente, motivo, razão; origem, princípio. As causas do modo de falha são os motivos que levaram o modo de falha a ocorrer e podem estar nos componentes da vizinhança, fatores ambientais, erros humanos ou no próprio componente.
4. **Número de Prioridade de Risco (NPR)** é o produto entre os índices de severidade, ocorrência e detecção. O índice de **ocorrência** é usado para avaliar as chances (probabilidade) de a falha ocorrer. A **severidade** avalia o impacto dos efeitos da falha, a gravidade dos efeitos. A **detecção** é um valor que mostra a eficiência dos controles de detecção da falha (modo de falha ou causa do modo de falha).

Quanto aos procedimentos do FMEA, diversos são os autores que demonstram as particularidades e as experiências referentes à execução do método. Os procedimentos de execução do FMEA a serem apresentados neste trabalho referem-se à Palady (2004) e Helman e Andery (1995). Para Mohr (1994) *apud* Sakurada (2001) esse procedimento é nomeado de FMECA, da seguinte expressão em inglês *Failure Modes, Effects and Criticality Analysis*, que significa **Análise dos Modos de Falha, Efeitos e Criticalidade**. Um estudo realizado por Sakurada (2001) verificou coincidências existentes entre procedimentos propostos por alguns autores para a aplicação do FMECA. Tal estudo é mostrado no Quadro 3.1.

O FMEA também pode ser utilizado com outros métodos ou ferramentas de projeto. Dentre eles, segundo Palady (2004), destacam-se: Análise da Árvore de Falhas (FTA), Função Síntese do Produto, QFD, Gráficos de Área, Diagrama Espinha de Peixe, *Benchmarking*, Diagrama de Blocos, Gráfico de Pareto, Gráfico de Dispersão, Gráfico de Áreas, Lista de Verificação, Histograma e Matriz de Avaliação.

Quadro 3.1. Diversos procedimentos para o desenvolvimento do FMECA (Sakurada, 2001).

Etapas	Teng e Ho (1996)	Kume (1996)	Villacourte (1992)	Stamatis (1995)
1	Coleta de informações do componente e função do processo	Modos de falha	Revisar as especificações e documentos de requerimentos do sistema	Selecionar a equipe e <i>Brainstorming</i>
2	Modos de falhas	Efeitos	Coletar as informações	Diagrama funcional de blocos e ou Fluxograma de processo
3	Efeitos	Causas e mecanismos das Falhas	Diagrama funcional de blocos	Organizar os problemas por prioridade
4	Causas	Ocorrência	Modos de Falha	Modos de falha
5	Controles atuais	Severidade	Efeitos	Efeitos
6	NPR (Número de Prioridade de Risco)	Deteção	Causas	Controles existentes
7	Ações corretivas	NPR (Número de Prioridade de Risco)	Controles atuais, deteção das falhas	Severidade, ocorrência, deteção
8		Ações corretivas, melhorias recomendadas	NPR (Número de Prioridade de Risco)	NPR (Número de Prioridade de Risco)
9		Distribuição de tarefas e prazos	Preparação dos formulários	Confirmar, avaliar e mensurar a situação
10		Reavaliar o NPR	Revisão (priorizar problemas)	Refazer todos os passos acima novamente
11			Ações corretivas	

Um exemplo da aplicação do FMEA em projeto de produto pode ser verificado no Quadro 3.2. Maiores detalhes sobre o delineamento de cada procedimento serão apresentados no Capítulo 4 deste trabalho.

Quadro 3.2. Exemplo do FMEA de projeto (adaptado de Helman e Andery, 1995, p. 28).

Item	COMPONENTE	FUNÇÃO DO COMPON. PROCESSO	FALHAS POSSÍVEIS			ATUAL				AÇÃO CORRETIVA		RESULTADO					
			MODO	EFEITO(S)	CAUSA(S)	CONTROLES ATUAIS	ÍNDICES				RECOMEND.	TOMADA	ÍNDICES REVISITOS				RESPONS.
							O	G	D	R			O	G	D	R	
1	CARCAÇA DO EIXO TRASEIRO	Suportar o Conjunto do Eixo	Fratura	Perda dos Freios	Espessura inadequada	Nenhum	3	10	10	300	Realizar testes de durabilidade na carcaça	Alteração do Projeto	1	10	10	100	Sr. Souza
				Perda do controle do veículo	Material inadequado	Nenhum	1	10	10	100	Verificar Especificação de Material	Verificado e Aprovado	1	10	1	10	Rodrigues
			Perda de Ajuste na Posição Central	Travamento do eixo traseiro	Acúmulo das Tolerâncias	Especif. 2562	5	10	10	500	Reavaliar espessura mínima da parede	Alterado diâmetro externo do tubo	1	10	4	40	Santos/Palhares
			Ruptura da Flange do cubo da roda	Perda do controle do veículo	Acúmulo de tensões: raio inadequado	Nenhum	2	10	10	200	Reavaliar raio de curvatura Teste de Resistência	Alterado Raio Teste implantado	1	10	1	10	Brandão Santos
			Quebra da Parede do Mancal Central	Travamento do eixo traseiro	Interferência Mancal/Rolamento Inadequada	Proc. Cálculo NR 1483/9h	3	10	2	60	Revisão do Cálculo	Cálculo de interferência revistos	2	10	2	40	

3.2.3 TRIZ – Teoria da Solução Inventiva de Problemas

Segundo De Carvalho (2003) A TRIZ começou a ser desenvolvida por G. S. Altshuller durante os anos 50 e sua sigla surgiu e começou a ser adotada internacionalmente somente nos anos 70. A TRIZ é a sigla russa *ТЕОРИЯ РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ*, que é transcrita para o nosso alfabeto como *Teória Rechénia Izobretátelskih Zadátchi* e significa Teoria da Solução Inventiva de Problemas.

López *et al.* (2005) relatam que o estudo de mais de dois milhões de patentes no mundo tem permitido identificar princípios universais de invenção. Ensinando esses princípios e com a ajuda de técnicas psicológicas de geração de idéias, a metodologia TRIZ pretende aprofundar e dinamizar o processo criativo. Segundo os mesmos autores, nos últimos 50 anos, mais de dois milhões de patentes foram examinadas na busca de regularidades e princípios criativos. As três conclusões mais importantes dessa procura foram:

1. Os problemas e suas soluções se repetem na indústria e na ciência;
2. Os padrões da evolução técnica se repetem na indústria e na ciência;
3. As inovações usam efeitos científicos fora do campo de atividade.

Altshuller (1969, 1974, 1979, 1984, 1989) estudou patentes de diferentes áreas, com o objetivo de buscar alternativas mais eficazes aos métodos de solução criativa de problemas então disponíveis – especialmente, aos métodos intuitivos. A partir da análise de patentes, foram encontradas certas regularidades, a partir das quais foram definidos princípios, leis e uma teoria para a solução de problemas, a TRIZ (De Carvalho, 2001).

Para Savransky (2000), a TRIZ é uma metodologia orientada ao ser humano e baseada em conhecimento para a solução inventiva de problemas. Segundo essa definição, De Carvalho (2004) explica que a TRIZ é baseada em conhecimento porque contém heurísticas para a solução de problemas, orienta o levantamento e a utilização de conhecimentos referentes ao domínio do problema específico a ser solucionado e faz uso de efeitos descobertos nas ciências naturais e na engenharia para a solução de problemas. É orientada ao ser humano porque suas heurísticas são para uso humano e não computacional; e é considerada sistemática porque contém métodos estruturados para orientar a solução de problemas e considera a situação problemática, a solução e o processo de solução como sistemas.

Para De Carvalho e Back (2001), os conceitos fundamentais da TRIZ são **idealidade**, **contradição e recursos**. A **idealidade** de um Sistema Técnico (ST) é a razão entre o número de funções desejadas e o número de funções indesejadas que o sistema executa. Quanto mais próximo do ideal (ou próximo a \emptyset), ou seja, quanto mais evoluído o ST, menor será o preço do produto; as **contradições** são requisitos conflitantes com relação a um mesmo ST. Os **recursos** de um sistema podem ser definidos como quaisquer elementos ou das cercanias que ainda não foram utilizados para a execução de funções úteis no sistema.

Segundo López *et al.* (2005), um dos procedimentos de solução TRIZ consiste em, primeiro, identificar seu problema específico; segundo, descobrir o problema TRIZ

correspondente e as soluções gerais TRIZ; finalmente, as soluções gerais TRIZ podem ajudá-lo a achar a solução específica, conforme a Figura 3.8.



Figura 3.8. Metodologia de solução de problemas usando TRIZ (López *et al.*, 2005).

Para De Carvalho (2003), a TRIZ apresenta a seguinte lógica de funcionamento: primeiramente, é definido o problema; posteriormente, são aplicadas leis, métodos, princípios ou soluções padrão para, finalmente, chegar à solução.

Segundo o mesmo autor, os principais métodos da TRIZ são: Método dos Princípios Inventivos, Método da Separação, Análise de Su-campo e ARIZ (Algoritmo para a Solução Inventiva de Problemas).

O método da TRIZ a ser apresentado a seguir será o Método dos Princípios Inventivos (MPI) idealizado por Altshuller (1969) e estudado por De Carvalho e Back (2001). O MPI envolve a utilização de princípios inventivos e parâmetros de engenharia. Esse foi o primeiro dos métodos para a solução de problemas criados por Altshuller (1969).

Quadro 3.3. Princípios inventivos (Altshuller, 1969 *apud* De Carvalho e Back, 2001).

1	Segmentação ou fragmentação	11	Amortecimento prévio	21	Aceleração	31	Uso de materiais porosos
2	Remoção ou extração	12	Equipotencialidade	22	Transformação de prejuízo em lucro	32	Mudança de cor
3	Qualidade localizada	13	Inversão	23	Retroalimentação	33	Homogeneização
4	Assimetria	14	Recurvação	24	Mediação	34	Descarte e regeneração
5	Consolidação	15	Dinamização	25	Auto-serviço	35	Mudança de parâmetros e propriedades
6	Universalização	16	Ação parcial ou excessiva	26	Cópia	36	Mudança de fase
7	Alinhamento	17	Transição para nova dimensão	27	Uso e descarte	37	Expansão térmica
8	Contrapeso	18	Vibração mecânica	28	Substituição de meios mecânicos	38	Uso de oxidantes fortes
9	Compensação prévia	19	Ação periódica	29	Construção pneumática ou hidráulica	39	Uso de atmosferas inertes
10	Ação prévia	20	Continuidade da ação útil	30	Uso de filmes finos e membranas flexíveis	40	Uso de materiais compostos

Os princípios inventivos (PIs) são heurísticas, ou sugestões de possíveis soluções para um determinado problema. Tais princípios foram obtidos a partir da generalização e agrupamento de soluções repetidamente utilizadas na criação, desenvolvimento e melhoria de sistemas técnicos de diferentes áreas. Esse trabalho foi feito a partir da análise de uma grande quantidade de patentes. Os PIs são apresentados no Quadro 3.3.

Os parâmetros de engenharia correspondem à generalização das grandezas envolvidas em problemas técnicos de diferentes áreas. Conforme o tipo de problema, essas grandezas devem ser maximizadas, minimizadas ou mantidas ao redor de um valor-meta. Tais parâmetros são mostrados no Quadro 3.4.

Quadro 3.4. Parâmetros de engenharia (Altshuller, 1969 *apud* De Carvalho e Back, 2001).

1	Peso do objeto em movimento	11	Tensão ou pressão	21	Potência	31	Fatores indesejados causados pelo objeto
2	Peso do objeto parado	12	Forma	22	Perda de energia	32	Manufaturabilidade
3	Comprimento do objeto em movimento	13	Estabilidade da composição	23	Perda de substância	33	Conveniência de uso
4	Comprimento do objeto parado	14	Resistência	24	Perda de informação	34	Mantenabilidade
5	Área do objeto em movimento	15	Duração da ação do objeto em movimento	25	Perda de tempo	35	Adaptabilidade
6	Área do objeto parado	16	Duração da ação do objeto parado	26	Quantidade de substância	36	Complexidade do objeto
7	Volume do objeto em movimento	17	Temperatura	27	Confiabilidade	37	Complexidade de controle
8	Volume do objeto parado	18	Brilho	28	Precisão de medição	38	Nível de automação
9	Velocidade	19	Energia gasta pelo objeto em movimento	29	Precisão de fabricação	39	Capacidade ou produtividade
10	Força	20	Energia gasta pelo objeto parado	30	Fatores externos indesejados atuando no objeto		

De Carvalho e Back (2001) apresentam duas opções para a aplicação do Método dos Princípios Inventivos, conforme mostrado na Figura 3.9.

Caso não sejam identificados conflitos após a análise do sistema técnico e seleção de parâmetros a melhorar, os princípios inventivos podem ser utilizados simplesmente como itens de um *checklist*.

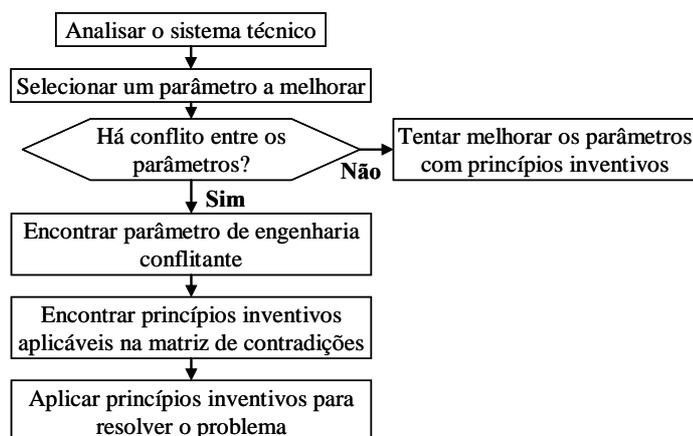


Figura 3.9. Solução de problemas com os princípios inventivos (Altshuller, 1974 *apud* De Carvalho, 2004)

A outra opção implica na identificação de contradições (parâmetros contraditórios no problema), transformação destas em contradições entre parâmetros de engenharia e posterior

consulta da matriz de contradições. As linhas na matriz de contradições são os parâmetros de engenharia a ser melhorados e as colunas o parâmetro que tende a degradar-se com isso. No cruzamento das linhas com as colunas, estão os números correspondentes aos princípios inventivos mais utilizados para a solução da mesma contradição. Uma vista parcial da matriz de contradições pode ser verificada na Figura 3.10. A matriz completa de contradições pode ser encontrada em De Carvalho *et al.* (2004).

Parâmetros a melhorar	Parâmetros afetados negativamente		
	Energia gasta pelo objeto em movimento	Energia gasta pelo objeto parado	Potência
Peso do objeto em movimento	35, 12, 34, 31		12, 36, 18, 31
Peso do objeto em parado		18, 19, 28, 1	15, 19, 18, 22
Comprimento do objeto em movimento	8, 35, 24		1, 35

Figura 3.10. Matriz de contradições (De Carvalho, 2003).

3.2.4 DOE – *Design of Experiments*

O DOE, do inglês *Design of Experiments*, significa Projeto de Experimentos ou também chamado por alguns autores de Planejamento de Experimentos, é um método utilizado para planejar experimentos. Segundo Rozenfeld *et al.* (2006), o DOE é uma técnica utilizada para definir quais os dados, em que quantidade e em que condições devem ser coletados durante um determinado experimento, buscando uma maior precisão estatística possível na resposta e um menor custo. Para Amaral (1999), a aplicação do DOE para o desenvolvimento de novos produtos permite uma maior qualidade dos resultados dos testes e pode levar a um projeto com desempenho superior, em suas características funcionais e em sua robustez.

Montgomery (1997b, p.1) define o DOE como “um teste ou uma série de testes nos quais sejam feitas mudanças propositalmente nas variáveis de entrada de um processo ou sistema tal que se possa observar e identificar as razões para as mudanças na resposta da saída”. O DOE apresenta alguns benefícios de sua aplicação, dentre eles, segundo Condra (1993, p.22-23) *apud* Santos (2001, p.25), citam-se:

1. Otimização simultânea de diversos fatores;
2. Melhoria da qualidade e minimização simultânea do custo;
3. Permite a eliminação do efeito da causa sem eliminar a causa;

4. Redução do tamanho e do custo do experimento através de projetos fatoriais fracionados;
5. Otimização da coleta de dados e minimização do tempo para tomar decisões baseadas nos experimentos;
6. O ruído pode ser considerado no experimento.

Segundo Wu e Hamada (2000, p.3-4) *apud* Santos (2001, p 11-14), os projetos de experimento podem ser classificados, de acordo com os objetivos, em: **(1) experimentos para comparação de tratamentos** que possuem o objetivo de comparar diversos tratamentos e selecionar os melhores; **(2) experimentos de seleção de variáveis**, utilizados sempre que houver um grande número de variáveis num sistema, mas somente algumas delas são importantes; **(3) experimentos de exploração da superfície de resposta**, quando as variáveis principais estiverem identificadas, para que os efeitos delas sobre a resposta possam ser explorados; **(4) experimentos para otimização do sistema** que visam mapear toda a superfície de resposta de um sistema e, então, utilizam uma estratégia para “mover” o experimento para uma região onde estão contidos os níveis ótimos das variáveis (fatores) envolvidos no experimento; e **(5) experimentos para implementar robustez ao sistema** que possuem como meta tornar o sistema robusto à variação do ruído (variáveis não-controláveis).

Para Montgomery (1997b-1), as principais áreas de aplicação do DOE são para melhoria do processo de fabricação no que se refere à redução de custos, tempo e à variabilidade do processo; e para melhoria do processo de projeto, para avaliação e comparação de configurações básicas de projeto, avaliação de materiais alternativos, seleção de parâmetros de projeto de forma que ele funcione e determinação de parâmetros-chaves do produto que influenciarão em sua performance.

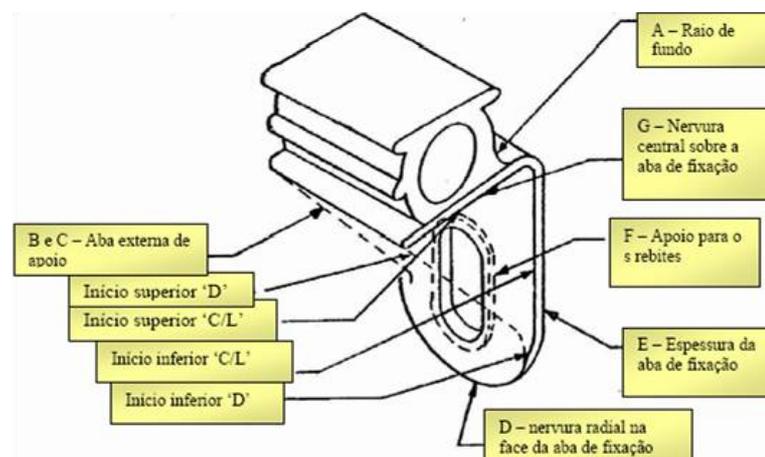


Figura 3.11. Fatores geométricos considerados num estudo de FEA⁵ utilizando o DOE (Santos, 2001).

⁵ Do inglês, *Finite Element Analysis*, que significa Análise por Elementos Finitos.

Condra (1993, p. 27) *apud* Santos (2001, p. 26) cita que o DOE auxilia na análise de elementos finitos, por meio do exemplo de uma guia de combustível em que deseja-se selecionar a melhor combinação das variáveis de projeto de modo a maximizar a resistência mecânica da guia. Esse é um bom exemplo de como o DOE pode ser aplicado no projeto quando utilizado em conjunto com ferramentas como o CAE (*Computer Aided Engineering*), conforme mostrado na Figura 3.11.

Santos (2001, p. 5) apresenta os elementos fundamentais de um experimento: **(1) insumos ou entrada do sistema (em geral o material utilizado); (2) variáveis de entrada (fatores que afetam a resposta do sistema); (3) variável de saída ou resposta do sistema**, conforme a Figura 3.12.

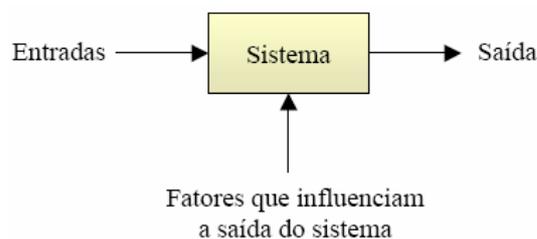


Figura 3.12. Conceito dos elementos de um experimento (Santos, 2001).

Dessa forma, o DOE visa investigar um dado sistema, com o objetivo de verificar o que acontece nele quando modificado os fatores que influenciam a saída do sistema. Segundo Rozenfeld *et al.* (2006) e Amaral (1999), as principais definições utilizadas no DOE são:

1. **Fatores ou tratamentos:** são as variáveis de controle ou entrada.
2. **Níveis:** correspondem às faixas de valores das variáveis de controle
3. **Variável resposta:** parâmetro de saída, resultante de uma variação nas variáveis de entrada;
4. **Aleatorização:** é a prática de realizar a escolha das corridas (ou pontos experimentais) por meio de um processo aleatório (tal como dados ou sorteio). Essa prática, simples em muitos casos, garante as condições de identidade e independência dos dados coletados e evita erros sistemáticos;
5. **Blocos:** são agrupamentos de dados para eliminar fontes de variabilidade que não são de interesse do expectador.

Ao iniciar o projeto de um experimento, deve-se decidir quais os tratamentos que serão ensaiados, quais serão as unidades experimentais testadas e qual a natureza das observações a serem realizadas antes de definir os requisitos de um bom experimento. Segundo Silva (2001, p. 14), deve-se definir os requisitos para realizar um bom experimento segundo os seguintes

parâmetros: (1) a ausência de erro sistemático, (2) a precisão, (3) o intervalo de validação, (4) a simplicidade e (5) o cálculo da incerteza.

Amaral (1999) e Santos (2001) propõem as seguintes etapas para o desenvolvimento de um Planejamento de Experimentos na Indústria:

1. Caracterização do problema;
2. Escolha dos níveis, fatores e intervalos de aplicação;
3. Seleção das variáveis de resposta;
4. Determinação de um modelo de planejamento de experimento;
5. Condução ou execução do experimento;
6. Análise estatística dos dados;
7. Conclusões e recomendações.

Em Santos (2001), encontra-se uma revisão dos conceitos fundamentais sobre o DOE e uma sistemática quanto à aplicação do Projeto de Experimentos na melhoria da confiabilidade de produtos, com exemplos de aplicação nas diversas fases do projeto de produto.

3.2.5 FAST – *Functional Analysis System Technique*

Do inglês *Functional Analysis System Technique*, FAST significa Técnica de Análise Funcional de Sistemas. Para Hoffmeister (2003, p. 54), o FAST permite identificar e testar individualmente cada função obtida para gerar os componentes do produto e analisar a dependência funcional existente entre elas. O FAST é um procedimento de análise segundo uma orientação bidimensional. Horizontalmente, da esquerda para a direita, verifica-se a funcionalidade do produto e, da direita para esquerda, a sua integração sistêmica, questionando-se, respectivamente, como e por que cada função pode e deve ser executada; ao mesmo tempo em que, verticalmente, estabelece-se quando as funções do sistema devem ocorrer, identificando, assim, as suas dependências. Tal análise bidimensional do FAST é melhor compreendida através da Figura 3.13.

A árvore de funções produzidas pelo FAST possui uma orientação horizontal descrita pelas dimensões “como” e “por que”, e essa possibilita que as questões como e por que organizem de maneira lógica as funções do sistema. Iniciando com a função global, pergunta-se como é que a função poderá ser obtida, buscando-se uma visão mais específica. Essa linha de questionamento e pensamento é lida da esquerda para a direita. Para abstrair o problema para um nível mais elevado, pergunta-se por que a função é realizada, sendo que esta é lida da

direita para a esquerda (Rozenfeld *et al.*, 2006, p. 243). Tal procedimento pode ser verificado na Figura 3.14.

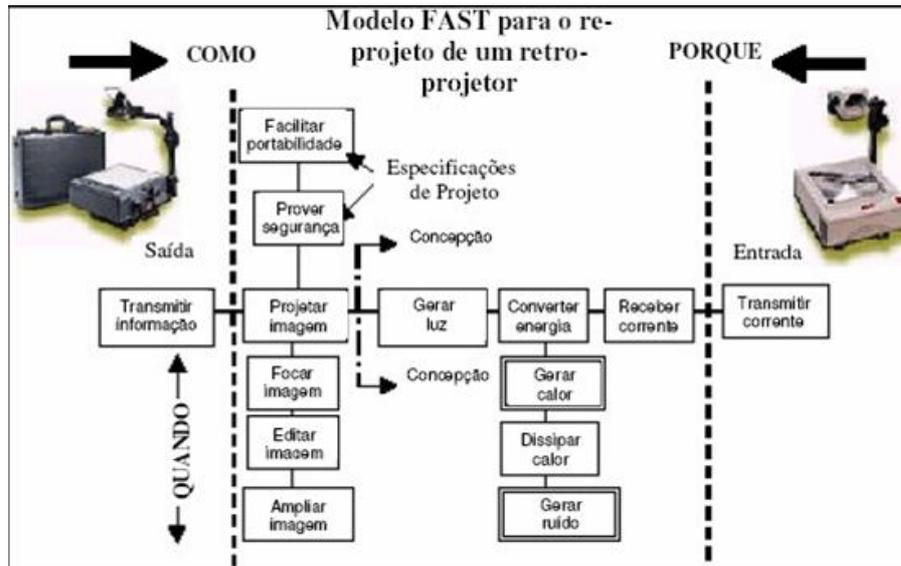


Figura 3.13. Modelo FAST para um reprojeto (Wixson, 2001 *apud* Hoffmeister, 2003).

Segundo Rozenfeld *et al.* (2006), a função colocada à direita da função global do produto representa o propósito ou missão do produto ou processo, conhecida como função básica. As sub-funções resultantes dos questionamentos como são colocadas à direita da função básica. Existem também novas funções colocadas na direita vertical, resultantes dos efeitos indesejáveis. As funções que o produto pode assumir e que não aparecem no processo de decomposição são colocadas na parte superior do diagrama.

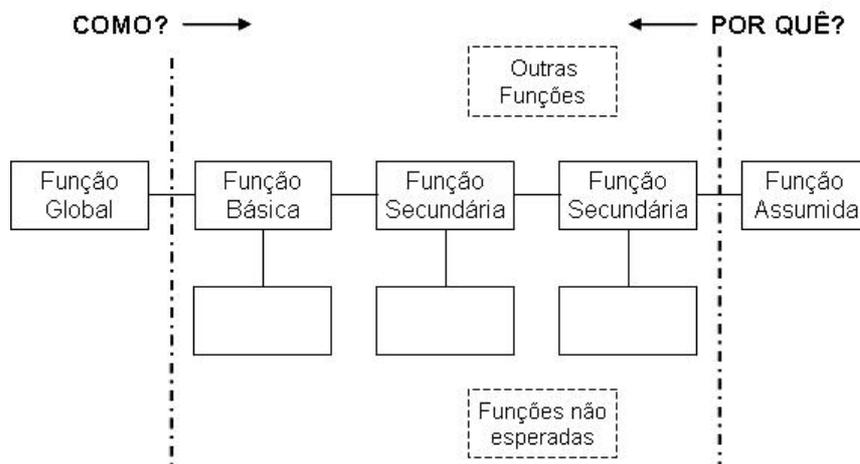


Figura 3.14. Diagrama do Método FAST (Rozenfeld *et al.*, 2006).

3.2.6 Outros métodos, técnicas e ferramentas de projeto de apoio ao PDP

Nos itens anteriores, foram descritos os principais aspectos de alguns dos métodos de projeto de maior participação e importância para o PDP. Neste tópico, a fim de sintetizar a explanação sobre os diversos tipos de métodos de projeto e em virtude do escopo do trabalho,

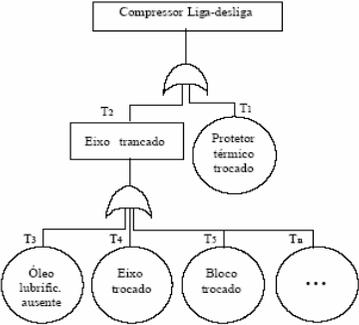
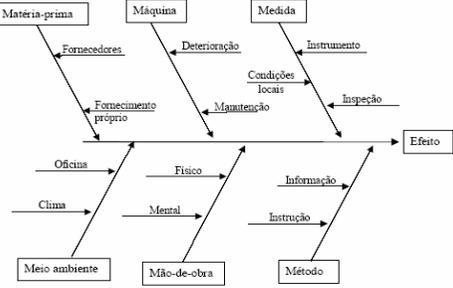
serão apresentados outros métodos de apoio ao PDP considerados também essenciais no desenvolvimento de produtos. As principais características a serem apresentadas de cada método a seguir são: conceito, objetivo e aplicação do método; os procedimentos, estrutura ou exemplo sintetizado da aplicação do método; e algumas referências bibliográficas para futuras pesquisas por parte dos interessados no assunto. Os métodos são apresentados no Quadro 3.5.

3.2.7 Ferramentas de Gestão de Tecnologia segundo o *Temaguide*

O *Temaguide* é um resultado de uma pesquisa idealizada por um grupo de organizações europeias, conhecido como Fundação COTEC, com o objetivo de auxiliar as empresas da Comunidade Europeia na implementação de práticas de gestão e inovação tecnológica (Cotec, 1998). Segundo Cotec (1998), um dos resultados dessa pesquisa foi o agrupamento e a classificação de um conjunto de ferramentas de apoio à Gestão e Inovação da Tecnologia, nomeado como *Technology Management Tools (TM Tools)*, traduzido como **Ferramentas de Gestão de Tecnologia (FGT)**. Tais ferramentas pesquisadas possuem vários objetivos, tais como: gestão de projetos, planejamento para o desenvolvimento de novos produtos, geração de idéias e solução de problemas, trabalho em equipe, melhoramento da eficiência e flexibilidade da empresa, análise de mercado, planejamento estratégico, dentre outros relacionados à particularidade de cada ferramenta.

Tais ferramentas são apresentadas no Apêndice 1 e no Apêndice 2 do trabalho e foram obtidas através de uma síntese e tradução do *Temaguide Part III*, o qual trata das Ferramentas de Apoio à Gestão e Inovação da Tecnologia. O [Apêndice 1](#) apresenta dezoito grupos de FGT, totalizando cinquenta e seis técnicas específicas que compõem os grupos das FGTs. O [Apêndice 2](#) apresenta, segundo o Cotec (1998, p. III), mais três grupos de técnicas diversas, os quais são compostos por vinte técnicas específicas e que podem ser utilizadas para muitas situações e propósitos como, por exemplo, para o controle da qualidade, planejamento e gerenciamento de projetos e planejamento estratégico. Todas as ferramentas e técnicas apresentadas possuem uma breve descrição do conceito e aplicação. Maiores detalhes são obtidos em Cotec (1998, p. III).

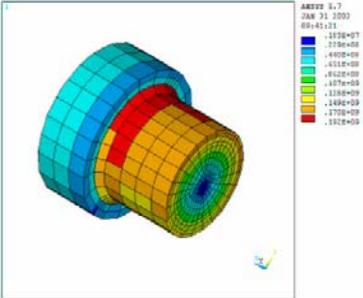
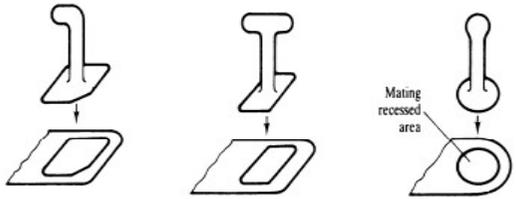
Quadro 3.5. Diversos tipos de métodos de projeto (do autor).

Método, técnica ou ferramenta	O que é o método? Conceito, Objetivo e Aplicação	Procedimentos, Estrutura ou Exemplo de Aplicação	Bibliografia Recomendada																																									
<p>FTA – Fault Tree Analysis (Análise da Árvore de Falhas)</p>	<p>A Análise da Árvore de Falhas (Fault Tree Analysis – FTA), visa melhorar a confiabilidade de produtos e processos através da análise sistemática das possíveis falhas e suas conseqüências, orientando na adoção de medidas corretivas ou preventivas. Identifica as causas primárias das falhas. É considerado o melhor método para análise individual de uma falha específica. O enfoque do método é dado à falha final do sistema.</p>		<p>Helman & Andery (1995) Sakurada (2001)</p>																																									
<p>Diagrama de Ishikawa – Espinha de Peixe – Causa e Efeito</p>	<p>O Diagrama Causa e Efeito mostra a relação entre uma característica de qualidade (efeito) e os seus fatores (causas). Algumas vezes o número de fatores (causas) pode ser muito elevado. Nestes casos, como a análise de um processo, as causas são organizadas em famílias que podem ser: matérias primas, máquinas, medidas, meio ambiente, mão-de-obra, método.</p>		<p>Sakurada (2001)</p>																																									
<p>Matriz Morfológica - Análise Morfológica</p>	<p>Consiste numa pesquisa sistemática de diferentes combinações de elementos ou parâmetros, com o objetivo de encontrar uma nova solução para o problema, permitindo gerar soluções criativas para o problema. Abordagem estruturada para a geração de alternativas de solução para o problema de projeto. Consiste em listar todas as funções do produto, listar os princípios de solução para cada função, representar as funções, os princípios de solução e explorar as combinações.</p>	<table border="1" data-bbox="1223 1075 1715 1417"> <tr> <td rowspan="3">FPI.2 Fixar e regular o sistema mecânico. Regular o alinhamento e o eixo.</td> <td>FE1.2.2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>FE1.2.2.1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>FE1.2.2.1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="3">FPI.3 Rolar o inço</td> <td>FE1.2.2.2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>FE1.3.1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>FE1.3.2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>FE1.3.3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	FPI.2 Fixar e regular o sistema mecânico. Regular o alinhamento e o eixo.	FE1.2.2					FE1.2.2.1					FE1.2.2.1					FPI.3 Rolar o inço	FE1.2.2.2					FE1.3.1						FE1.3.2							FE1.3.3						<p>Baxter (2000) Rozenfeld <i>et al</i> (2006)</p>
FPI.2 Fixar e regular o sistema mecânico. Regular o alinhamento e o eixo.	FE1.2.2																																											
	FE1.2.2.1																																											
	FE1.2.2.1																																											
FPI.3 Rolar o inço	FE1.2.2.2																																											
	FE1.3.1																																											
	FE1.3.2																																											
	FE1.3.3																																											

Continuação do Quadro 3.5, parte 2 de 5.

<p>Análise de Valor - Engenharia de Valor</p>	<p>Objetiva determinar e melhorar o valor de um produto ou processo, primeiramente, pelo entendimento das funções do item e seu valor, posteriormente então seus componentes constituintes e seus custos associados, a fim de reduzir os custos ou aumentar o valor das funções. A análise se processa sobre um produto já existente enquanto a engenharia é aplicada na fase de desenvolvimento e criação de um novo produto. É um esforço organizado para atingir o valor ótimo de um produto, sistema ou serviço, promovendo as funções necessárias ao menor custo.</p>	<pre> graph TD A[1. Orientation / preparation] --> B[2. Information] B --> C[3. Analysis] C --> D[4. Innovation / Creativity] D --> E[5. Evaluation] E --> F[6. Implementation and monitoring] C --> G[Particular and key steps in Value Analysis] D --> G E --> G </pre>	<p>Cotec (1998)</p> <p>Basso (1991)</p> <p>Csillag (1991)</p> <p>Baxter (2000)</p>
<p>Método Taguchi ou Projeto Robusto</p>	<p>Busca assegurar qualidade através do projeto, identificando e controlando as variáveis críticas, denominadas ruídos, causadoras de desvios na qualidade do produto ou processo.</p> <p><u>Objetivos principais:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Projetar produtos ou processos que sejam robustos em relação às condições ambientais; 2. Projetar e desenvolver produtos que sejam robustos à variabilidade de seus componentes; 3. Minimizar a variabilidade em torno de um valor nominal. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar os fatores (ruído e fatores principais do ambiente e processo de fabricação) e os parâmetros de produto (ou processo) relevantes; 2. Planejar e conduzir os experimentos após finalizar o projeto e protótipos do produto; 3. Predizer os níveis ótimos dos parâmetros, procurando otimizá-los, considerando a menor a menor relação sinal/ruído; 4. Validar os resultados, pois os níveis ótimos dos parâmetros obtidos anteriormente são uma aproximação da realidade. 	<p>Fiod (1997)</p> <p>Montgomery (1991)</p> <p>Rozenfeld <i>et al</i> (2006)</p>
<p>CAD</p>	<p><i>Computer Aided Design</i> – Desenho Assistido por Computador: são ferramentas para a criação, a análise e modificação de modelos geométricos de produtos. Softwares como: Solid Woks, Pro Engineer, Mechanical.</p>		<p>www.autodesk.com</p> <p>www.proengineer.com</p> <p>www.solidworks.com</p>

Continuação do Quadro 3.5, parte 3 de 5.

<p>CAE e FEM</p>	<p><i>Computer Aided Engineering</i> – Engenharia Assistida por Computador: engloba uma série de tecnologias e sistemas utilizados para apoiar as atividades de projeto detalhado durante o desenvolvimento de produtos, como a análise baseada no método de elementos finitos (FEM – Finite Elements Method) e a determinação das propriedades de modelos sólidos.</p>		<p>Zienkiewicz & Taylor (1994)</p> <p>www.grante.ufsc.br</p>																																																	
<p>CAM</p>	<p><i>Computer Aided Manufacturing</i> – Manufatura Assistida por Computador: pode representar um conjunto amplo de tecnologias utilizadas na produção, incluindo as máquinas CN (comando numérico), o gerenciamento de ferramentas, o controle de depósitos e de materiais, o controle de qualidade e manutenção.</p>	<p>Métodos de Programação CN: Programação direta na máquina - MID (Material Data Input); Programação Manual; Programação auxiliada por computador.</p>	<p>www.numa.org.br</p>																																																	
<p>Matriz de Avaliação Passa/ Não-passa</p>	<p>Avaliação utilizada para encontrar conceitos que não são adequados e para auxiliar a geração de novas idéias. Permite identificar de maneira rápida os pontos fracos de um conceito, e dependendo da situação, modificar o conceito de modo a ajustá-lo melhor ao problema.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Necessidades do Cliente</th> <th colspan="4">Opções</th> </tr> <tr> <th>I</th> <th>II</th> <th>III</th> <th>IV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ser confiável</td> <td>P</td> <td>P</td> <td>P</td> <td>P</td> </tr> <tr> <td>Ter baixo custo de manutenção</td> <td>P</td> <td>P</td> <td>NP</td> <td>NP</td> </tr> <tr> <td>Ter baixo custo de operação</td> <td>P</td> <td>P</td> <td>P</td> <td>NP</td> </tr> <tr> <td>Ter controle de altura do corte</td> <td>P</td> <td>P</td> <td>P</td> <td>P</td> </tr> <tr> <td>Ser seguro durante a realização da tarefa pelo operador</td> <td>P</td> <td>P</td> <td>P</td> <td>P</td> </tr> <tr> <td>Ser seguro durante a sua manutenção</td> <td>P</td> <td>NP</td> <td>NP</td> <td>P</td> </tr> <tr> <td>Ter baixo custo de manufatura</td> <td>P</td> <td>NP</td> <td>P</td> <td>NP</td> </tr> <tr> <td>Ter controle do alcance do corte</td> <td>P</td> <td>P</td> <td>P</td> <td>P</td> </tr> </tbody> </table>	Necessidades do Cliente	Opções				I	II	III	IV	Ser confiável	P	P	P	P	Ter baixo custo de manutenção	P	P	NP	NP	Ter baixo custo de operação	P	P	P	NP	Ter controle de altura do corte	P	P	P	P	Ser seguro durante a realização da tarefa pelo operador	P	P	P	P	Ser seguro durante a sua manutenção	P	NP	NP	P	Ter baixo custo de manufatura	P	NP	P	NP	Ter controle do alcance do corte	P	P	P	P	<p>Forcellini (2004)</p>
Necessidades do Cliente	Opções																																																			
	I	II	III	IV																																																
Ser confiável	P	P	P	P																																																
Ter baixo custo de manutenção	P	P	NP	NP																																																
Ter baixo custo de operação	P	P	P	NP																																																
Ter controle de altura do corte	P	P	P	P																																																
Ser seguro durante a realização da tarefa pelo operador	P	P	P	P																																																
Ser seguro durante a sua manutenção	P	NP	NP	P																																																
Ter baixo custo de manufatura	P	NP	P	NP																																																
Ter controle do alcance do corte	P	P	P	P																																																
<p>DFMA</p>	<p><i>Design for Manufacturing and Assembly</i> - Projeto para Manufatura e Montagem: são aplicativos que calculam o potencial de melhoria na fabricação de itens e na montagem de produtos, apresentando relatórios com sugestões para a modificação dos itens e dos produtos analisados a partir dos dados fornecidos pelos usuários;</p>		<p>Bralla (1986)</p> <p>www.dfma.com</p>																																																	

Continuação do Quadro 3.5, parte 4 de 5.

<p>Análise SWOT</p>	<p>O termo SWOT vem do inglês e representa as iniciais das palavras Strengths (forças), Weaknesses (fraquezas), Opportunities (oportunidades) e Threats (ameaças), estuda a competitividade de uma organização segundo estas quatro variáveis.</p>	<p>The diagram is a 2x2 matrix. The top-left quadrant is yellow and contains the text 'How to use strengths to defend?'. The top-right quadrant is blue and contains 'Major possibilities'. The bottom-left quadrant is red and contains 'High risk'. The bottom-right quadrant is yellow and contains 'Probably leave these opportunities to others?'. The columns are labeled 'Threats' and 'Opportunities' at the top. The rows are labeled 'Strengths' and 'Weaknesses' on the left side.</p>	<p>Cotec (1998)</p>
<p>ERP (Enterprise Resource Planning)</p>	<p>Os sistemas ERP, <i>Enterprise Resource Planning</i>, também conhecido como Sistemas Integrados de Gestão Empresarial, ajudam na obtenção de informações consolidadas e a consistência de dados redundantes armazenados em mais de um sistema, em um sistema integrado. As utilização de sistemas ERP otimiza o fluxo de informações e facilita o acesso aos dados operacionais, favorecendo a adoção de estruturas organizacionais mais achatadas e flexíveis.</p>	<p>The diagram shows a central purple box labeled 'Base de Dados Central'. It is connected to several surrounding boxes: 'Diretoria e Acionistas' (top), 'Relatórios' (top), 'Finanças e Controladoria' (top-right), 'Pessoal Administrativo' (top-right), 'Manufatura' (right), 'Pessoal de Chão de Fábrica' (right), 'Gerenciamento de Materiais' (right), 'Gerenciamento de Recursos Humanos' (bottom), and 'Funcionários' (bottom). On the left side, there are boxes for 'Vendas e Distribuição', 'Representantes de Vendas e Serviços', and 'Apio à Serviços'. On the right side, there are boxes for 'Fornecedores' and 'Clientes'.</p>	<p>Zancul (2000) www.datasul.com.br Davenport (1998)</p>
<p>Ciclo de Vida do Produto</p>	<p>Pode ser considerada como uma técnica analítica utilizada para explorar oportunidades de refinar e aperfeiçoar o projeto de produtos. Utilizada principalmente para avaliar o impacto ambiental dos produtos e definição dos clientes envolvidos durante todo o ciclo de vida. Representação gráfica da história do produto, descrevendo os estágios pelos quais o produto passa, desde as fases de projeto de produto até a fases de venda, uso, manutenção e retirada do produto do mercado.</p>	<p>The diagram is a circular flow chart representing the product life cycle. It starts with 'Projeto' at the top, which branches into 'Projeto Conceitual', 'Projeto Preliminar', and 'Projeto Detalhado'. The cycle continues through 'Fabricação', 'Montagem', 'Armazenamento', 'Transporte', 'Venda', 'Uso', 'Manutenção', and 'Descarte'. Various needs are associated with these stages: 'Necessidades de Descarte', 'Necessidades de Fabricação', 'Necessidades da Montagem', 'Necessidades da Armazenagem', 'Necessidades de Transporte', 'Necessidades para a Venda', 'Necessidades da Compra', 'Necessidades do Uso', 'Necessidades Funcionais', 'Necessidades para a Manutenção', and 'Necessidades para a Desativação/Reciclagem'. The diagram also includes 'Setores de Consumo' and 'Setores Produtivos'.</p>	<p>Fonseca (2000) Baxter (2000) Rozenfeld et al (2006)</p>

Continuação do Quadro 3.5, parte 5 de 5.

<p>EPP – Especificações de Projeto do Produto</p>	<p>Matriz no qual são estabelecidos elementos sensores, através dos quais pode-se medir se os objetivos estão ou não sendo atingidos nas diversas fases do desenvolvimento do projeto. Pode-se também colocar as saídas indesejáveis, que representam o quê, exatamente, se pretende evitar com a agregação dessa especificação.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO DE PRODUTO</th> </tr> <tr> <th>Requisito</th> <th>Objetivos</th> <th>Sensor</th> <th>Saídas Indesejáveis</th> <th>Observações/ Restrições</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Conjunto de lentes adequado</td> <td>Imagem 100 % nítida</td> <td>Escala</td> <td>Imagem com regiões desfocadas</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2. Temperatura externa da carcaca</td> <td>25° C (máximo)</td> <td>Termo par</td> <td>Comprometimento da segurança</td> <td>Operador tem contato físico c/ o aparelho</td> </tr> <tr> <td>3. Peso</td> <td>3 Kg (máximo)</td> <td>Balança</td> <td>Dificuldades de transporte e manipulação</td> <td>O transporte e material</td> </tr> <tr> <td>4. Cantos vivos</td> <td>Inexistência</td> <td>Inspeção visual</td> <td>Comprometimento da segurança</td> <td>Operador tem contato físico c/ o aparelho</td> </tr> <tr> <td>5. Nível de ruído</td> <td>20 dB (máximo)</td> <td>Medidor NPS</td> <td>Ruído excessivo perturbando a operação e / ou meio</td> <td></td> </tr> <tr> <td>etc.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO DE PRODUTO					Requisito	Objetivos	Sensor	Saídas Indesejáveis	Observações/ Restrições	1. Conjunto de lentes adequado	Imagem 100 % nítida	Escala	Imagem com regiões desfocadas		2. Temperatura externa da carcaca	25° C (máximo)	Termo par	Comprometimento da segurança	Operador tem contato físico c/ o aparelho	3. Peso	3 Kg (máximo)	Balança	Dificuldades de transporte e manipulação	O transporte e material	4. Cantos vivos	Inexistência	Inspeção visual	Comprometimento da segurança	Operador tem contato físico c/ o aparelho	5. Nível de ruído	20 dB (máximo)	Medidor NPS	Ruído excessivo perturbando a operação e / ou meio		etc.					<p>Forcellini (2004)</p>
ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO DE PRODUTO																																											
Requisito	Objetivos	Sensor	Saídas Indesejáveis	Observações/ Restrições																																							
1. Conjunto de lentes adequado	Imagem 100 % nítida	Escala	Imagem com regiões desfocadas																																								
2. Temperatura externa da carcaca	25° C (máximo)	Termo par	Comprometimento da segurança	Operador tem contato físico c/ o aparelho																																							
3. Peso	3 Kg (máximo)	Balança	Dificuldades de transporte e manipulação	O transporte e material																																							
4. Cantos vivos	Inexistência	Inspeção visual	Comprometimento da segurança	Operador tem contato físico c/ o aparelho																																							
5. Nível de ruído	20 dB (máximo)	Medidor NPS	Ruído excessivo perturbando a operação e / ou meio																																								
etc.																																											
<p>Engenharia Simultânea (ES)</p>	<p>Engenharia Simultânea é uma abordagem sistemática para o desenvolvimento integrado de produtos que enfatiza o atendimento das expectativas dos clientes. Inclui valores de trabalho em equipe, tais como cooperação, confiança e compartilhamento, de forma que as decisões sejam tomadas, no início do processo, em grandes intervalos de trabalho paralelo incluindo todas as perspectivas do ciclo de vida, sincronizadas com pequenas modificações para produzir consenso.</p>		<p>Prasad (1996) www.soce.org Ogliari (2004)</p>																																								
<p>Gráfico de Pareto</p>	<p>É um diagrama (gráfico de barras decrescente) que estabelece a forma de distribuição de perdas, muito utilizado para priorizar os efeitos ou as causas. É utilizado para identificação do problema, estratificação do problema, coleta de dados sobre os estratos, priorização e desdobramento.</p>		<p>Silva (2002) Palady (2004)</p>																																								
<p>Plano de Ação</p>	<p>Formulário utilizado para registrar o planejado, o executado, os resultados, os pontos problemáticos e as proposições para melhoria. Permitir o acompanhamento de um plano.</p>		<p>Silva (2002) Palady (2004)</p>																																								

3.3 ASPECTOS GERAIS DOS MÉTODOS DE PROJETO

De acordo com o tema proposto e os objetivos estabelecidos, neste item serão descritos aspectos referentes à usabilidade dos métodos de projeto, problemáticas quanto à utilização e algumas sistemáticas sobre a seleção e implantação deles na indústria.

3.3.1 A usabilidade dos métodos de projeto pela indústria e suas problemáticas

Usabilidade, segundo a ISO 9241-11 (1998), é a eficiência, eficácia e satisfação com a qual os públicos do produto alcançam objetivos em um determinado ambiente. Eficácia é a capacidade de executar tarefa de forma correta e completa. A eficiência são os recursos gastos para conseguir ter eficácia, sejam eles tempo, dinheiro, produtividade ou memória. A satisfação é conceituada como o conforto e a aceitação do trabalho dentro do sistema.

Segundo Bylund *et al.* (2003), embora existam diferentes métodos e ferramentas de melhoria e apoio ao processo de projeto, o número de métodos utilizados pela indústria é relativamente pequeno. Um dos fatores dessa problemática, segundo os autores, é que o ambiente acadêmico, onde a maioria dos métodos foram desenvolvidos, é diferente do ambiente industrial, onde eles são testados e aplicados.

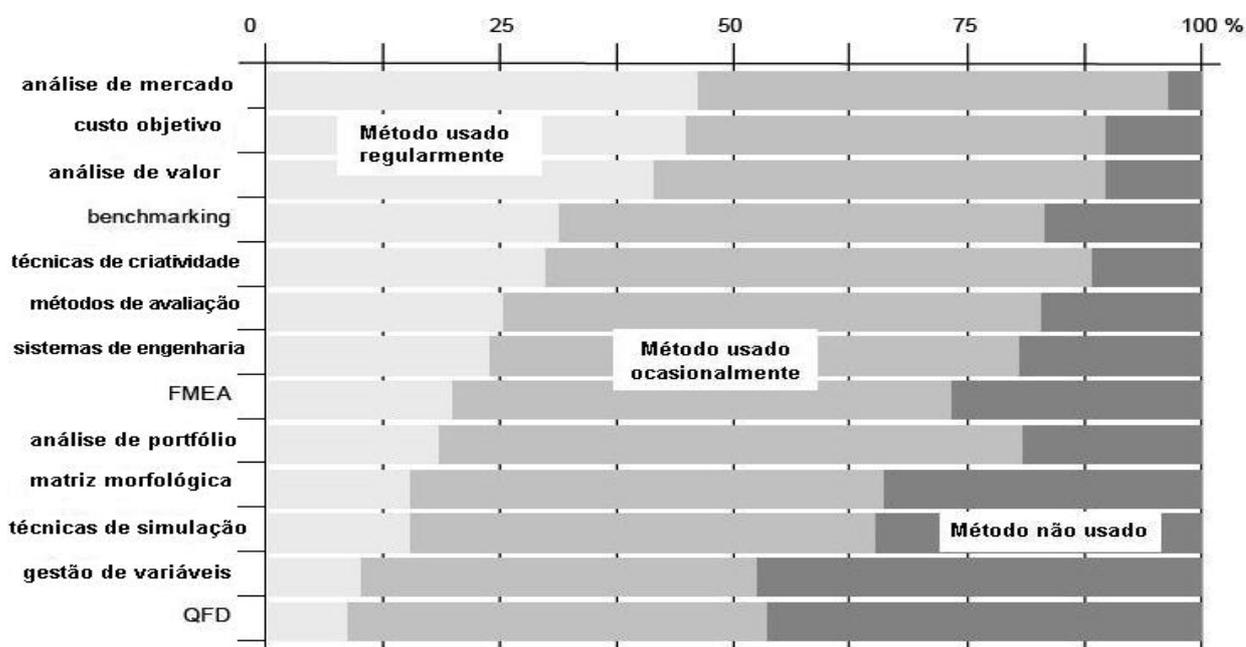


Figura 3.15. O uso de métodos na indústria alemã (adaptado de Grabowski *et al.*, 1997 *apud* Lindemann, 2003).

Lindemann (2003) descreve que já faz alguns anos que os cientistas relatam que a indústria não utiliza os métodos de projeto de um modo adequado. Quase que raramente alguns métodos são utilizados de uma forma eficiente e alguns deles, com grande potencial de

sucesso, acabam se tornando desconhecidos. Grabowski e Geiger (1997) *apud* Lindemann (2003) apresentam o resultado de uma pesquisa realizada em 1995 com empresas alemãs. Ela mostrou que a indústria não utiliza os métodos intensivamente e sim apenas ocasionalmente. Isso prova ser uma forma ineficiente de aplicação dos métodos, pois o uso correto deles requer treinamento e competência, o que se atinge ao utilizar um método regularmente. O resultado dessa pesquisa pode ser verificado por meio da Figura 3.15.

Percebe-se também através da Figura 3.15 que o método de análise de mercado é utilizado regularmente por um alto percentual de empresas, enquanto o QFD possui um percentual baixo de empresas que o utiliza de forma regular, ou seja, um percentual aproximado de 45% de empresas que não o utilizam. Em média, percebe-se que o percentual de empresas que utilizam os métodos de projeto de forma regular é relativamente baixo. Os métodos, em sua maioria, são utilizados ocasionalmente ou não são utilizados.

Segundo Jansch *et al.* (2003), a causa da baixa aplicação de alguns dos métodos de projeto na indústria está relacionada a aspectos como: aplicação inadequada do método, falta de treinamento e, principalmente, metodologia de ensino do método. Nesse contexto, é imprescindível trabalhar com o aspecto humano, referente às características de aprendizagem e ao desenvolvimento de atributos como a motivação, a capacidade de processar informações e a capacidade de distinção entre os métodos, campo de aplicação e potencialidades.

Apesar dos métodos de projeto provarem eficiência em suas aplicações, demonstrando, assim, certa aceitação pela indústria, especialmente em pequenas e médias empresas, o uso deles não vem se consolidando. Braun e Lindemann (2003) relatam que uma das maiores razões dessa problemática é a falta de apoio na transferência do conhecimento e das técnicas ao usuário. Isso inclui, principalmente, uma orientação na escolha de métodos apropriados e na adaptação destes ao uso na prática, para que ocorra uma precisa e bem sucedida aplicação.

Um estudo realizado no Japão por Fujita e Matsuo (2005), por meio de questionários enviados a algumas empresas manufatureiras do setor metal-mecânico, mostrou que o número de empresas que conhecem ou utilizam métodos de projeto é relativamente alto. Segundo os autores, existe a possibilidade de que cada questionário tenha sido preenchido por engenheiros que estavam encarregados pela promoção de métodos de desenvolvimento de produto, causando o alto índice das taxas de conhecimento e utilização.

A pesquisa também mostrou que não é viável, em aspectos de tempo e custo, a utilização de todos os métodos em um único projeto; que o método apropriado depende do tipo de indústria, escala de mercado, projeto, dentre outros aspectos; e que a baixa usabilidade de cada método não pode ser vista como um problema. No entanto, conforme a Figura 3.16, o

baixo índice de empresas que conhecem determinados métodos de projeto indica que a utilização destes no processo de desenvolvimento de produtos das empresas não é racionalmente organizada, ou seja, a escolha não é sistematicamente determinada.

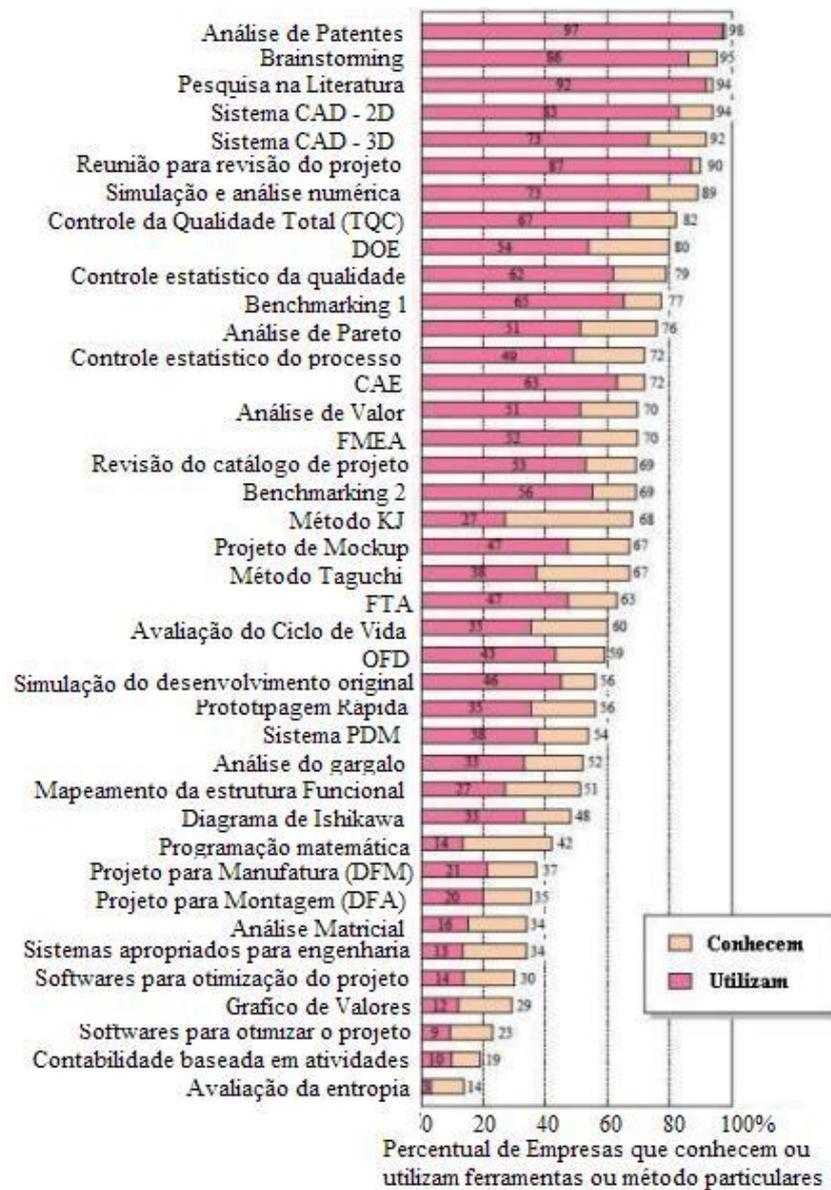


Figura 3.16. Utilização métodos de projeto na indústria japonesa (adaptado de Fujita e Matsuo, 2005).

Fujita e Matsuo (2005) também realizaram um comparativo internacional entre pesquisas realizadas no Reino Unido por Araújo *et al.* (1996) e na Nova Zelândia por Whybrew *et al.* (2001), referentes à utilização de métodos de projeto. A Figura 3.17 mostra o comparativo percentual entre as empresas do Japão, Reino Unido e Nova Zelândia.

Por meio da Figura 3.17, percebe-se que os métodos QFD e Taguchi (ambos criados no Japão nos anos setentas) possuem maiores taxas de utilização em seu país de origem do que no Reino Unido e na Nova Zelândia. Da mesma forma, algumas taxas de utilização dos métodos Projeto para Montagem (DFA) e Projeto para Manufatura (DFM) no Japão são notavelmente menores que no Reino Unido e na Nova Zelândia.

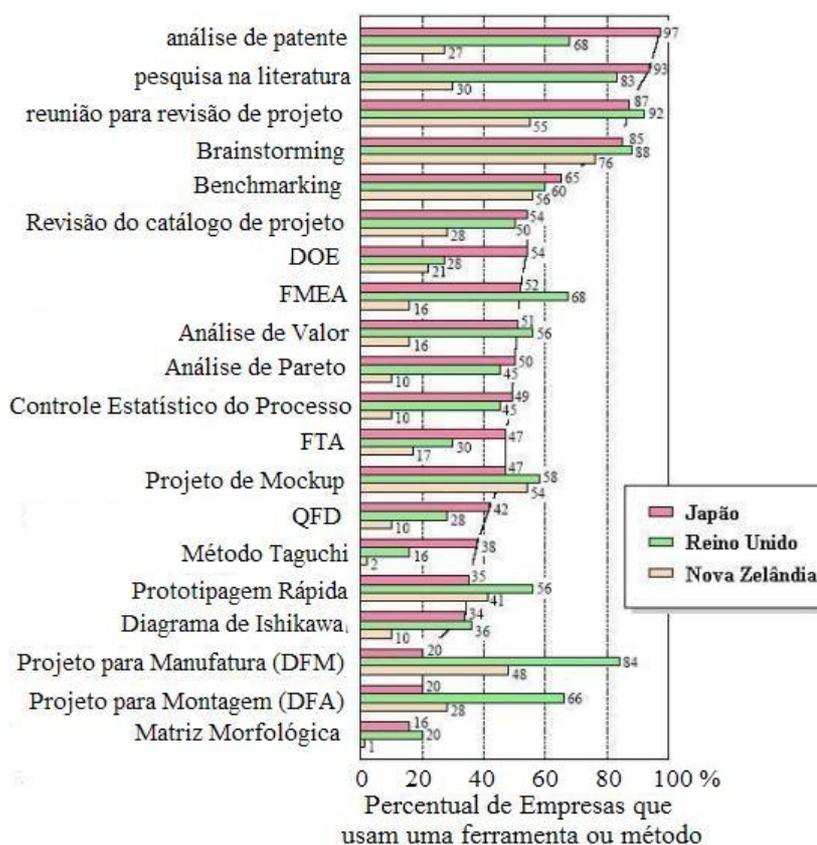


Figura 3.17. Comparativo de utilização de ferramentas e métodos entre o Japão, o Reino Unido e a Nova Zelândia (adaptado de Fujita e Matsuo, 2005).

Brasil (1997), em sua pesquisa com trinta empresas de médio e grande porte localizadas no Sul do país (sendo dezoito no Rio Grande do Sul e doze em Santa Catarina) dos setores metal-mecânico, material elétrico, comunicações, material de transporte e produtos de materiais plásticos e não-metálicos, revelou alguns dos métodos que as empresas utilizam, conhecem mas não utilizam ou não conhecem. A pesquisa revelou que grande parte das empresas não conhecem os métodos de projeto e suas potencialidades, ou seja, a usabilidade dos métodos é relativamente pequena, conforme verificado na Figura 3.18.

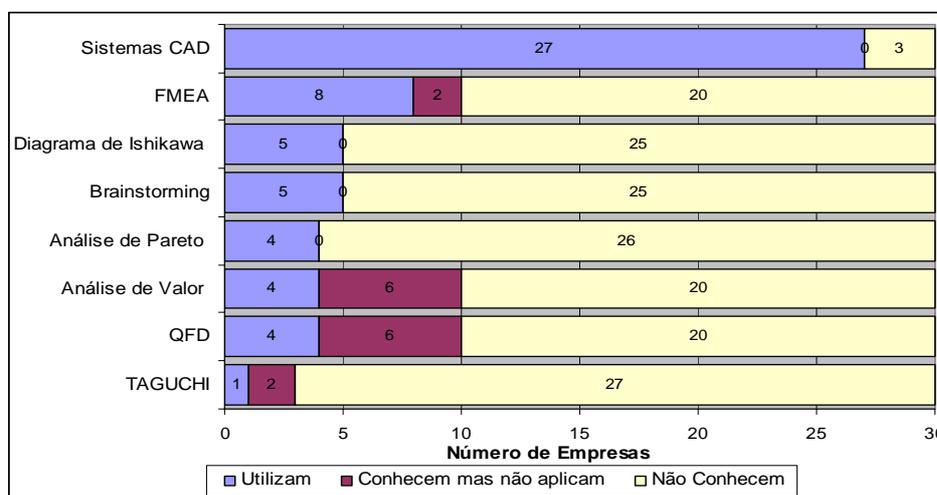


Figura 3.18. O uso de métodos de projeto por empresas de SC e RS (adaptado de Brasil, 1997).

Souza (2003) realizou um diagnóstico das ferramentas de gestão tecnológica (conforme COTEC, 1998) utilizadas por cento e setenta e seis pequenas e médias empresas da região metropolitana da cidade de Curitiba no estado do Paraná e constatou que a frequência de utilização formal da maioria das ferramentas não ultrapassa a 35%, conforme a Figura 3.19. Segundo o autor, as ferramentas com destaque de utilização formal são: Análise de Patentes (36,36%), Análise de Valor (36,36%), Auditoria Tecnológica (32,39%), Gestão Ambiental (31,82%), Gestão de Portfólio (30,11%) e a Produção Enxuta (30,11%).

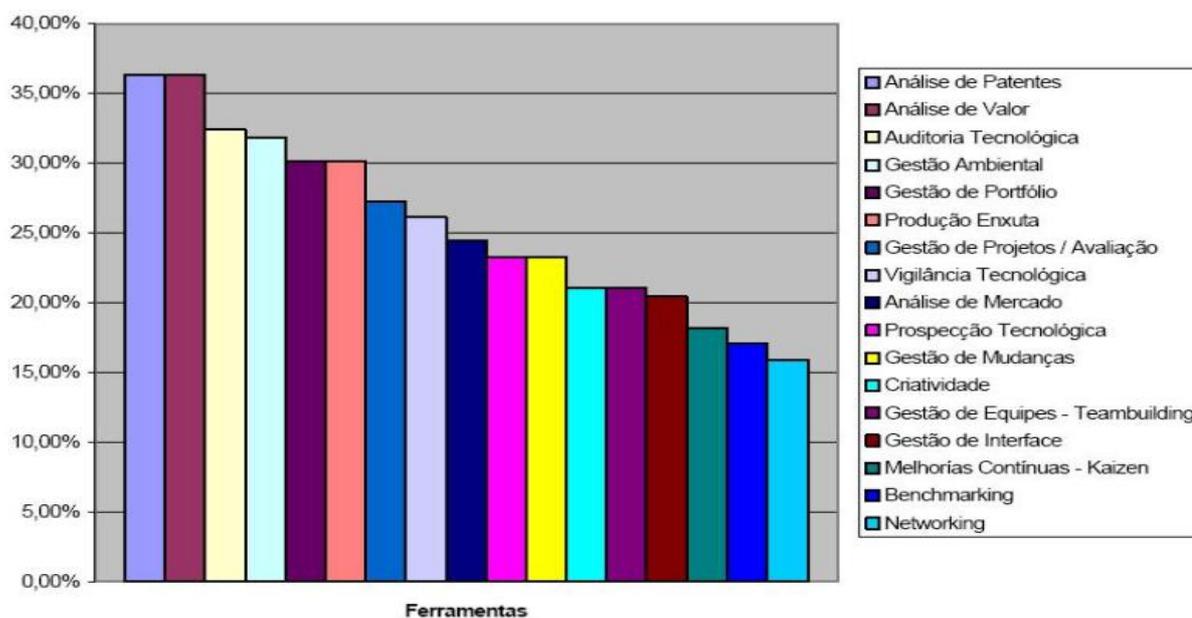


Figura 3.19. Frequência de utilização formal das ferramentas de gestão tecnológica (Souza, 2003).

Segundo López-Mesa (2003), em seu estudo sobre a seleção e uso de métodos e ferramentas de projeto na *Volvo Car Corporation*, as maiores razões para a falta de uso destes recursos na indústria são devido aos seguintes aspectos:

1. Falta de tempo da equipe de projeto para aprender a usar novos métodos;
2. Uso e/ou seleção incorreta dos métodos que leva a resultados insatisfatórios;
3. Alguns métodos são absorvidos baseados na sua popularidade e não atendem o problema para o qual foram escolhidos.

Bylund *et al.* (2003) mencionam que a falta de entendimento dos custos de implantação dos métodos nos estudos em ambiente acadêmico é um fator que desencoraja a aceitação destes na indústria. Outro parâmetro importante mencionado por esses autores, e que uma empresa focaliza quando considera aceitar uma nova forma de trabalhar, é o risco envolvido na adoção desse método. O primeiro exemplo de risco seria o caso do método nunca atingir os resultados esperados, resultando em más soluções, reprojeção e, eventualmente, perda de tempo e dinheiro. O segundo exemplo de risco seria o caso de, inicialmente, o método não

providenciar o valor em potencial, pois os praticantes ainda não possuem experiência suficiente. Uma falha relativa a esses dois riscos possui grande repercussão no produto final e *lead-time*, conseqüentemente, no sucesso do produto no mercado.

3.3.2 Seleção e implantação de métodos de projeto

Jansch *et al.* (2003), relatam que a habilidade de raciocinar e o funcionamento sistemático são elementos essenciais para a aplicação com sucesso dos métodos de projeto na indústria. Dessa forma, é importante que os projetistas estejam familiarizados com tais exigências. Os autores relatam que a inserção de conceitos de pedagogia e psicologia ajudam na implantação dos métodos de projeto.

Segundo Bylund *et al.* (2003), para ocorrer uma aceitação com sucesso dos métodos ou ferramentas de projeto pela indústria, faz-se necessário que duas barreiras sejam superadas: a aceitação do método e o uso bem sucedido dele. Nesse contexto, é extremamente necessário que os gerentes e coordenadores de projeto estejam convencidos que o uso do método beneficiará o desempenho da companhia. Segundo os autores, a limitação quanto ao uso de métodos de projeto pela indústria se deve ao fato deles serem desenvolvidos, na sua maioria, em ambiente acadêmico. Desse modo, deve-se adaptar e reconfigurar os métodos de acordo com o uso ou situação, considerando algumas condições de contorno e sem desviar do conhecimento sobre os elementos de um método e seu princípio de funcionamento.

Para Lindemann (2003), um pré-requisito básico para aplicação dos métodos de projeto na indústria é a disponibilidade de técnicas (*know-how*) de aplicação em diferentes situações. Dessa forma, para o eficiente uso dessas técnicas, as representações do método devem ser orientadas ao usuário e de uma maneira que oriente o uso prático. Segundo o autor, é essencial efetuar um detalhado esclarecimento das tarefas de execução do método, focalizando as condições que influenciam sua aplicação.

Ao chegar à conclusão que a disponibilidade de conhecimento (técnicas de aplicação, *know-how*) sobre um determinado método é um pré-requisito para sua aplicação, faz-se necessário ter um suporte que providencie o conteúdo do método de uma forma modular e estruturada. Dessa forma, alguns pesquisadores desenvolveram modelos para estruturação desse conteúdo, com vistas a facilitar a seleção e uso dos métodos de projeto. Dentre os principais modelos desenvolvidos destacam-se: Modelo de Métodos de Munique (*Munich Model of Methods – MMM*), Modelo de Métodos Orientado ao Processo (*Process-oriented Method Model – PoMM*) e o Modelo Geral do Processo de Aquisição de Ferramentas de Desenvolvimento, que serão apresentados a seguir.

3.3.2.1 Modelo de Métodos de Munique (*Munich Model of Methods – MMM*)

O Modelo de Métodos de Munique (MMM) é uma síntese dos estudos realizados por Braun e Lindemann (2003) e Lindemann (2003). Segundo os autores, alguns métodos como a TRIZ, o QFD, o FMEA e a Análise de Valor são complicados para implantação e os treinamentos oferecidos, na maioria dos casos, passam de vinte dias por método. Lindemann (2003) menciona uma estratégia para facilitar essas situações. Essa estratégia visa dividir o sistema de um método em um número de subsistemas menores, seguindo a hipótese de que a modularização ajuda a entender melhor a função de diferentes passos em um método.

Pode-se também obter maior flexibilidade para adaptar um método a várias condições por meio da decomposição e reconfiguração do método. Utilizando também a idéia de que uma abordagem prática funciona bem melhor que a descritiva, transferiu-se a descrição do método para uma série de perguntas a serem respondidas. A estrutura dessas descrições, seguindo um modelo sugerido por experientes psicólogos no trabalho de Hacker (1998) *apud* Lindemann (2003), definiu um modelo para sustentar a seleção, adaptação e uso/aplicação dos métodos, conforme mostrado na Figura 3.20.

O Modelo de Métodos de Munique (MMM) destaca os atributos do método e correlaciona tais atributos com os passos (fases) do processo de desdobramento do método.



Figura 3.20. Modelo de Métodos de Munique – MMM (adaptado de Lindemann, 2003).

Segundo Lindemann (2003), alguns objetivos devem ser esclarecidos antes da preparação para a seleção e aplicação de um método. Dentre eles destacam-se:

1. Quais questões devem ser respondidas ao usar o método?
2. Quais as entradas (*input*) disponíveis e quais as saídas (*output*) requeridas?
3. Quais as condições de contorno, requerimentos e objetivos?

Além da competência, deve caber à equipe de funcionários, proposta a utilizar o método, as habilidades e as experiências requeridas para a aplicação dele. Dentro de processos reais, situações específicas podem ser observadas para ter a influência nas características requeridas do método. Por causa dessa circunstância, o método dado tem que ser adaptado à situação de uso. Transferir métodos no uso prático é completamente difícil devido exigir um nível elevado de treinamento. Além disso, treinamentos e consultorias é um negócio, portanto não há nenhum incentivo real para aumentar a eficiência de todos os treinamentos oferecidos.

O método não deve ser utilizado como se estivesse seguindo uma receita de cozinha, ou seja, no procedimento, sabe-se o que é a etapa seguinte, mas não se sabe realmente porque essa etapa é necessária. Como isso realmente acontece, tanto na indústria como com no meio acadêmico, cada método deve ser dividido em um número de perguntas a ser respondidas durante a execução. Como existem diversas possibilidades de respostas às perguntas, usando métodos diferentes, há uma vantagem para adaptar o método à situação dada ou para desenvolver um método novo apenas usando submétodos diferentes. Por exemplo, se a empresa deseja comprar um produto e o analisar, faz-se a seguinte pergunta: como encontrar os custos de fabricação? Dessa forma, há um número de possibilidades diferentes para responder a essa pergunta.

Segundo Braun e Lindemann (2003), a combinação dos métodos no processo inteiro de desenvolvimento de produtos pode ser criada com o apoio de uma matriz morfológica, que contenha soluções possíveis (métodos) para responder às perguntas dadas. Além disso, as perguntas têm que ser adaptadas à situação real. Esse é um nível mais adicional de uma rede dos métodos. Outra forma de verificar uma rede de métodos é que alguns deles podem ser utilizados como submétodos dentro de uma das etapas de um método usado no processo, como exemplo os métodos QFD e FMEA, citados anteriormente.

3.3.2.2 Modelo de Métodos Orientado ao Processo (*Process-oriented Method Model*)

O Modelo de Métodos Orientado ao Processo é uma síntese dos estudos realizados por Birkhofer *et al.* (2001) e Birkhofer *et al.* (2002). Segundo os pesquisadores, o objetivo do PoMM é apoiar o PDP e descrever os métodos de projeto em uma maneira padronizada e estruturada, permitindo um acesso individual e flexível.

Analogamente ao PDP, a aplicação de um método de projeto pode também ser concebida como um processo: o procedimento de planejamento que transforma uma entrada dada (ponto inicial) em uma saída definida (ponto final). A saída de um método corresponde ao ponto final do processo real e também à entrada de um método que suporta o processo

seguinte. Conseqüentemente, o projetista que seleciona e usa os métodos necessita de uma descrição orientada ao processo, com a especificação da entrada e da saída, assim como da informação dos parâmetros influentes.

O Modelo de Métodos Orientado ao Processo descreve os métodos de projeto em um modelo de processo (a saber, entrada, seqüência, saída e outros parâmetros influentes como, por exemplo, as habilidades e infra-estrutura do usuário) para apoiar o PDP e assegurar a aplicação útil dos métodos. Para cumprir as exigências de diferentes usuários e várias aplicações, o PoMM contém diferentes módulos para uma descrição estandardizada e estruturada de métodos de projeto, conforme Figura 3.21.

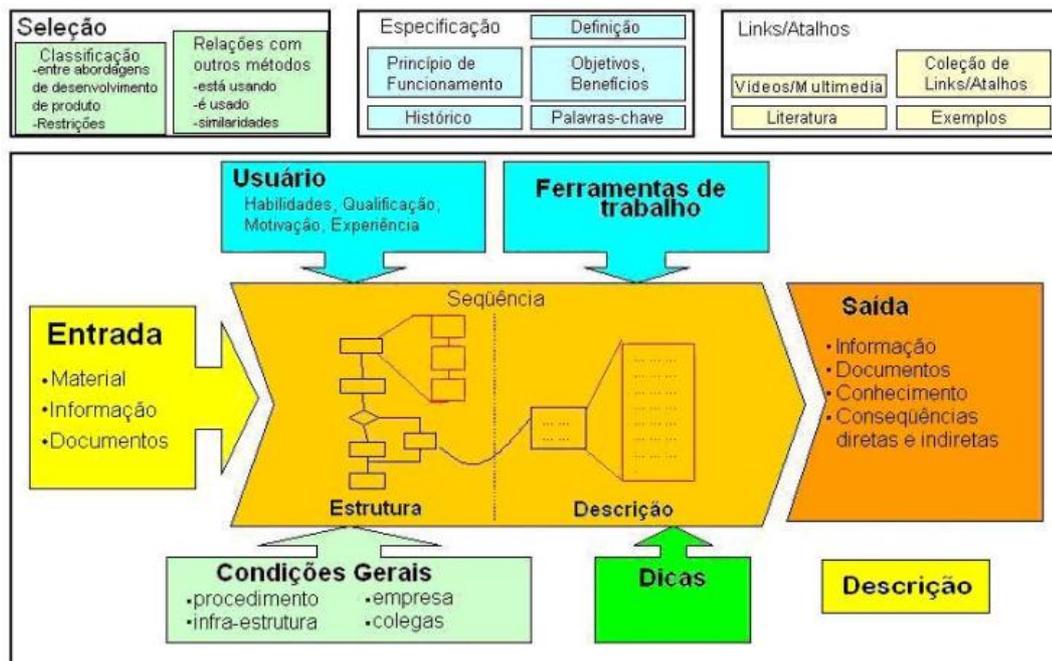


Figura 3.21. PoMM para desenvolvimento de produtos (adaptado de Birkhofer *et al.*, 2002).

Os módulos de descrição são organizados em duas seções: os módulos de processo e os módulos de acesso. Os módulos de processo são projetados de maneira processo-orientada para ser melhor ajustados ao processo designado. Os índices dos módulos de processo têm influência direta na aplicação do método de projeto. Os módulos de processo são: entrada e saída, descrição curta do ponto inicial e o ponto previsto final da aplicação do método; seqüência, descrição do procedimento do método de projeto, que deve ser trabalhada como uma estrutura, por exemplo, uma carta de fluxo, assim como uma passagem coerente de texto; usuário, descrição de habilidades desejadas dos usuários, pré-requisitos, qualificação, motivação e experiência; condições gerais, descrição dos parâmetros influentes externos no método de projeto tal como o tipo, o tamanho e a estrutura de uma empresa, a infra-estrutura (por exemplo, quartos de reuniões) e procedimentos internos; dicas, sugestões ou recomendações úteis para a aplicação bem-sucedida do método, por exemplo, atmosfera

relaxante durante uma sessão de *brainstorming*; e ferramentas de trabalho, descrição de formulários e ferramentas recomendadas para a aplicação do método de projeto, tal como os cartões para coletar idéias em uma sessão de *brainstorming* ou uma lista de exigências.

Os módulos de acesso têm uma característica altamente metódica e são projetados para um acesso flexível e detalhado aos métodos de projeto. Esse módulo é a classificação de um método de projeto, relacionamento a outros métodos, especificações e *links*. Os módulos de acesso são: classificação, atribuição do método de projeto às determinadas fases ou processos no desenvolvimento de produto, por exemplo, esclarecimento da tarefa; relacionamento com outros métodos de projeto, um método de projeto (por exemplo, análise funcional) pode ser usado por outros métodos (por exemplo, análise de valor) e vice-versa; especificação, descrição de artigos e atributos específicos a respeito do método de projeto (palavras-chave, princípios de trabalho, objetivos e benefícios) para apoiar a compreensão e a motivação para a aplicação; ligações, informações complementares a respeito do método de projeto são fornecidas por uma coleção de *links*, por exemplo, da internet, literatura e outros módulos em um grupo de conhecimento para o desenvolvimento de produto. Os módulos da descrição são apropriados ao funcionamento de ferramentas computacionais, podem ser retidos em uma base de dados e/ou em soluções comuns de *software* que permitem uma busca fácil e um acesso detalhado.

O Modelo de Métodos Orientado ao Processo (PoMM) prova ser uma lista de verificação útil para descrever métodos de projeto. Além disso, serve como um guia para ensinar e aplicar os métodos de projeto.

3.3.2.3 Modelo Geral do Processo de Aquisição de Ferramentas de Desenvolvimento

Segundo estudos realizados por Araújo (1996) em diversas empresas (manufatureiras e de consultoria) na Dinamarca, Inglaterra e Suécia, o processo de aquisição de ferramentas acontece em duas situações. Primeiramente, na fronteira da organização de Desenvolvimento de Produtos, em que uma determinada ferramenta é escolhida com vistas a satisfazer uma necessidade organizacional como um todo (melhoria da qualidade do produto, menor tempo de desenvolvimento) ou a necessidades locais (determinação do potencial de mercado de um novo produto). A segunda situação refere-se ao momento no qual um determinado ator (indivíduo ou grupo), confrontado com uma certa tarefa ou problema no âmbito do DP, irá selecionar, a partir da caixa de ferramentas de desenvolvimento disponível na organização, aquela que é percebida como sendo a melhor opção de acordo com a sua situação local. Tais situações são representadas pela Figura 3.22.



Figura 3.22. Situações usuais do processo de aquisição de ferramentas (Araújo, 1996).

A aquisição de novas ferramentas de desenvolvimento é um processo que acontece continuamente na fronteira das organizações de DP. O modelo teórico desenvolvido por Araújo (1996), representado pela Figura 3.23, é uma tentativa de ilustrar as diversas atividades que fazem parte num processo típico de tomada de decisão para aquisição de ferramentas de desenvolvimento de produtos.

O primeiro passo refere-se ao entendimento do problema, necessidade ou tarefa. O segundo ao estabelecimento das funcionalidades necessárias, que tipo de funcionalidade se deve buscar em uma ferramenta de modo a solucionar o problema definido. O terceiro é a procura pelas possíveis soluções. O resultado desse passo será uma lista com um número de ferramentas de desenvolvimento as quais, sobre o ponto de vista funcional, são satisfatórias.

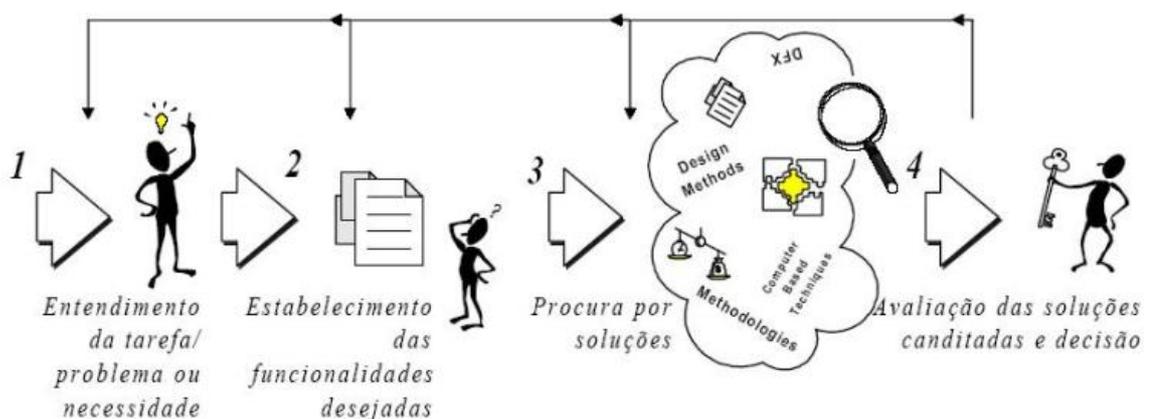


Figura 3.23. Modelo geral do processo de aquisição de ferramentas de DP (Araújo, 1996).

O último passo refere-se exatamente à avaliação das soluções apresentadas no terceiro, visando à seleção da ferramenta mais apropriada. Uma decisão é, então, tomada e o processo segue em frente com a implementação da solução escolhida, em que os recursos são irreversivelmente alocados. A avaliação e a seleção de ferramentas de DP é considerado o passo mais difícil e deve ser entendido como o processo no qual um número finito de soluções candidatas é analisado e seu valor medido. O objetivo é a determinação da melhor ferramenta para uma determinada situação. Dessa forma, a seleção da ferramenta mais apropriada pode

ser baseada em uma função critério a ser estabelecida, baseada em três dimensões fundamentais: a funcionalidade, a adequação ao uso e a qualidade.

O estudo também demonstra que a utilização de um procedimento mais sistemático no processo de seleção de ferramentas pode reduzir drasticamente a possibilidade de decisões errôneas. Por outro lado, elementos de intuição, conhecimento e experiência por parte dos indivíduos envolvidos no processo decisório ainda têm uma grande influência no processo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Percebe-se que os métodos de projeto possuem como objetivo principal auxiliar o delineamento das atividades do processo de desenvolvimento de produtos. Tais métodos podem ser utilizados em diversas áreas, dependendo das necessidades ou problemas a se apresentarem durante o PDP (geração de idéias, de análise de mercado e do cliente, engenharia, tecnologia e processo). Também são utilizados ao longo do PDP e do ciclo de vida do produto. Uma das grandes tendências na área de DP é a busca pela otimização na execução e pela integração desses métodos.

Também foram descritos os diferentes tipos de métodos de projeto existentes e uma descrição mais detalhada, contendo aspectos como conceito, objetivo e procedimentos quanto à aplicação, foi realizada para os métodos QFD, FMEA, TRIZ, DOE e FAST.

Outro aspecto mencionado no capítulo é referente às generalidades dos métodos de projeto. A primeira refere-se à usabilidade dos métodos de projeto pela indústria. Apresentaram-se várias pesquisas sobre os principais métodos de projeto utilizados em diversas indústrias do mundo, além de algumas das principais dificuldades quanto ao uso deles. Nesse contexto, percebeu-se, através da apresentação de diversos estudos realizados, que a maioria das empresas não utiliza métodos de projeto no desenvolvimento de seus produtos. As principais razões dessa problemática estão relacionadas ao não conhecimento, à seleção inadequada, à aplicação inadequada ou à falta de domínio dos referidos métodos, à falta de planejamento e à falta de apoio da alta gerência das empresas.

A segunda generalidade refere-se às principais abordagens sobre a seleção e a implantação dos métodos de projeto na indústria. Nesta, percebe-se que o sistema de suporte do Modelo de Métodos de Munique e do Modelo de Métodos Orientado ao Processo providencia o conteúdo do método de uma forma modular e estruturada para que haja disponibilidade de conhecimento sobre o método, enquanto o Modelo de Aquisição de Ferramentas visa identificar as diversas atividades que fazem parte num processo típico de tomada de decisão para aquisição de ferramentas de desenvolvimento.

CAPÍTULO 4

ESTUDO DE CAMPO E PESQUISA-AÇÃO: DELINEAMENTO E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Segundo Gil (2002), o delineamento é o desenvolvimento da pesquisa com foco nos procedimentos de coleta e análise dos dados. Dessa forma, neste capítulo, são apresentados os procedimentos utilizados no desenvolvimento do estudo de campo e da pesquisa-ação, assim como a apresentação e a análise dos resultados obtidos em ambas as pesquisas.

4.1 DELINEAMENTO DO ESTUDO DE CAMPO E SEUS RESULTADOS

Neste item, será demonstrado todo o planejamento, delineamento e principais resultados do estudo de campo realizado nas empresas manufatureiras de médio e grande porte dos ramos metal-mecânico, material elétrico, produtos de materiais plásticos e da linha branca, localizadas no estado de Santa Catarina.

Para Gil (2002), o estudo de campo é desenvolvido por meio da observação direta das atividades do grupo estudado e de entrevistas com informantes para captar suas explicações e interpretações do que ocorre no grupo. Também são utilizadas outras técnicas, tais como a análise de documentos, gravações das entrevistas ou filmagem.

Para o caso proposto, o estudo de campo foi realizado em empresas com o objetivo de identificar alguns aspectos genéricos referentes à problemática de implantação de métodos de projeto no PDP. Também foram verificados aspectos relativos à usabilidades dos métodos de projeto e aos principais problemas enfrentados durante o PDP das empresas.

Embora existam procedimentos comuns a todos os estudos de campo, não há como definir *a priori* as etapas a serem seguidas num estudo de campo, sendo que cada estudo de campo acaba por ditar seus próprios procedimentos (Gil, 2002). Para esta pesquisa, os procedimentos adotados no estudo originaram-se de uma adaptação e combinação dos métodos propostos por Yin (1994) e Gil (2002). A Figura 4.1 mostra as principais etapas e atividades do estudo de campo aplicado durante a pesquisa.

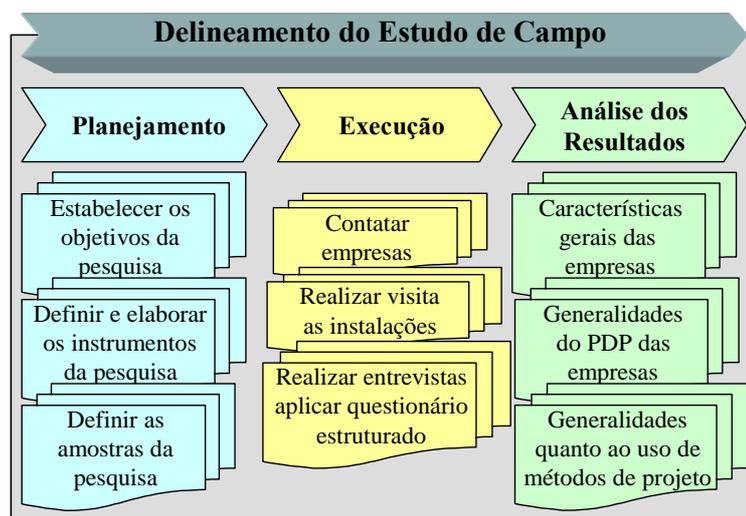


Figura 4.1. Delineamento do estudo de campo nas empresas (do autor).

Na primeira etapa, a pesquisa foi planejada, ou seja, foram estabelecidos os objetivos do estudo de campo, definidos e elaborados os instrumentos para a realização da pesquisa e definidas as empresas para realização dos estudos de campo. Na etapa de execução, as empresas a participarem do estudo foram contatadas e foram executadas as pesquisas de campo propriamente ditas. Finalizando, na etapa de análise dos resultados, as informações coletadas nas empresas foram analisadas e os resultados foram interpretados. Maiores detalhes do delineamento do estudo de campo são apresentados nos próximos itens.

4.1.1 Planejamento do estudo de campo

A fase de planejamento do estudo de campo consistiu no estabelecimento dos objetivos a serem atingidos com a pesquisa, na definição e elaboração dos instrumentos da pesquisa e na seleção das amostras das empresas que participaram do estudo de campo.

4.1.1.1 Estabelecimento dos objetivos

Como o objetivo principal da pesquisa foi investigar as problemáticas relativas à implantação de métodos de projeto na indústria, fez-se necessário estabelecer alguns objetivos específicos ao estudo de campo realizado com as empresas. Dentre eles, citam-se:

1. Identificar as características gerais das empresas: setor e ramo de atividades, tipo de produtos, número de funcionários, porte, mercado de atuação, principais clientes, certificações e posicionamento da empresa em referência às concorrentes;
2. Identificar as características gerais do setor de Desenvolvimento de Produtos (DP) das empresas: número de funcionários, escolaridade predominante dos profissionais, funções normalmente existentes e departamentos envolvidos com o setor;

3. Identificar as características gerais do PDP das empresas: tipo de projeto geralmente desenvolvido, organização geral (formal ou informal), principais fases do processo, clientes envolvidos e principais dificuldades e barreiras enfrentadas durante o PDP;
4. Identificar o conhecimento das empresas sobre o uso de métodos de projeto de apoio ao PDP: métodos utilizados pelas empresas, forma que foram implantados nas empresas, dificuldades quanto à implantação e uso dos métodos e soluções adotadas.

Tais objetivos visaram à identificação de alguns aspectos fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa, que, por sua vez, atuaram como suporte no delineamento da pesquisa-ação (item 4.3) e na geração dos princípios e recomendações para implantação de métodos de projeto de apoio ao PDP. A Figura 4.2 demonstra um mapa dos aspectos fundamentais abordados no estudo de campo.

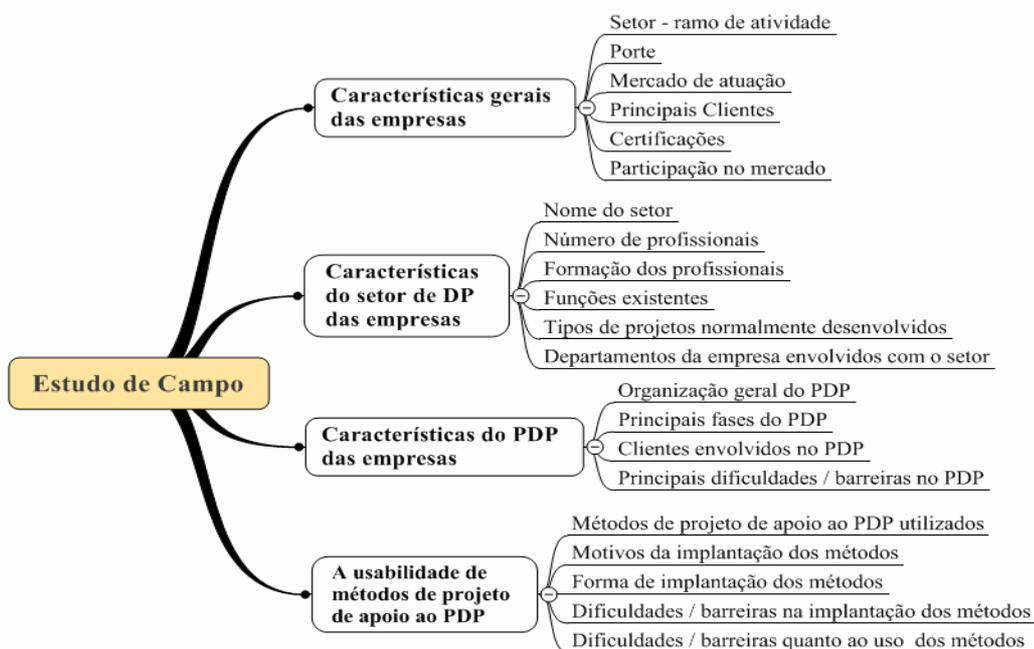


Figura 4.2. Mapa dos aspectos fundamentais abordados no estudo de campo (do autor).

Definidos os objetivos a serem atingidos no estudo de campo com as empresas, a próxima etapa do planejamento será a definição dos instrumentos para a coleta dos dados e, posteriormente, a definição das amostras de empresas.

4.1.1.2 Instrumentos para coleta de dados

A fim de atingir os objetivos propostos no estudo de campo, os instrumentos utilizados para a coleta dos dados foram: visita as instalações das empresas e aplicação de questionário estruturado por meio de entrevista aos profissionais das empresas.

Segundo Gil (2002, p 116), a elaboração de um questionário consiste na tradução dos objetivos específicos da pesquisa em itens bem dirigidos. De acordo com o autor, a entrevista

é uma técnica de coleta de dados em que o investigador se apresenta ante entrevistado e lhe formula perguntas, com o objetivo de obter os dados que interessam a uma investigação.

Por ser uma pesquisa qualitativa e por visar identificar características específicas das empresas referentes ao PDP e ao uso e implantação de métodos de projeto de apoio ao PDP, Yin (1994, p. 78-85) *apud* Montanha Jr. (2004, p.51) sugere que a entrevista seja focalizada com aspecto de uma conversa informal entre o pesquisador e entrevistado, através da realização de entrevistas semi-estruturadas com questões abertas. Dessa forma, foi elaborado um questionário estruturado para a realização das entrevistas no estudo de campo, sendo ele composto por questões abertas e fechadas, como mostrado no [Apêndice 3](#).

Também foram utilizados os seguintes procedimentos antes da execução do estudo de campo nas empresas:

1. Manter um contato inicial com as empresas com o objetivo de solicitar a permissão para efetuar as visitas e as pesquisas. Nessa solicitação, foram explanados os objetivos da visita e da pesquisa e foi encaminhado o questionário para os profissionais das empresas o analisarem;
2. Obtida a permissão, foi identificado o setor e a pessoa que seria entrevistada e marcada a data e o horário da execução da pesquisa em cada empresa.

Por solicitação dos participantes da pesquisa, não foram mencionadas as razões sociais das empresas e foi mantido o anonimato de seus profissionais.

4.1.1.3 Seleção das amostras

Conforme apresentado do Capítulo 1, o universo da pesquisa são as empresas de médio e grande porte localizadas no estado de Santa Catarina, com atividades voltadas aos setores metal-mecânico, elétrico e produtos de materiais plásticos.

As empresas selecionadas, participantes do estudo de campo, localizam-se nas regiões Norte, Meio-Oeste e Oeste de Santa Catarina, pelo fato dessas regiões possuírem maior participação no cenário empresarial catarinense nos setores metal-mecânico, elétrico e de plásticos; e pela facilidade de acesso da equipe de pesquisa a essas empresas.

No que se refere ao número de empresas que participaram do estudo de campo, ele ficou limitado ao tempo, escopo da pesquisa e disponibilidade de acesso às referidas empresas. Dessa forma, procurou-se ter uma aleatoriedade na seleção delas, a qual se baseou no setor, ramo de atividades e na participação do mercado. Esse aspecto foi considerado a fim de proporcionar uma amostragem dentro de uma distribuição normal, ou seja, que não

representasse situações de extremos. Com isso, procurou-se obter resultados dentro de uma realidade empresarial e não de determinadas empresas específicas.

Também foram definidos quais os indivíduos das empresas a serem entrevistados, devido à impossibilidade de entrevistar todas as pessoas envolvidas nas atividades de desenvolvimento de produtos. Nesse sentido, os entrevistados foram os responsáveis ou os envolvidos diretamente com o departamento de projetos ou desenvolvimento de produtos das empresas e, em alguns casos, houve a participação de mais de uma pessoa nas entrevistas.

No próximo item, será apresentada a execução do estudo de campo e, em seguida, a análise e a interpretação dos resultados obtidos.

4.1.2 Execução do estudo de campo

No primeiro momento, foram solicitadas as visitas e explanados os objetivos da pesquisa aos responsáveis pelo PDP das empresas, via correio eletrônico e/ou telefone. Obtidas as permissões das visitas, foram definidas as datas, os horários e os integrantes das empresas que participariam da pesquisa e que acompanhariam os pesquisadores nas visitas.

Para execução propriamente dita dos estudos de campo, primeiramente, foi realizado uma visita às instalações de cada empresa, com o objetivo de conhecer os processos produtivos, linhas de produtos e discutir sobre alguns aspectos relacionados ao PDP. Posteriormente, aplicou-se o questionário estruturado através de entrevistas com os profissionais do departamento de projeto ou de desenvolvimento de produto de cada empresa.

A apresentação e a análise dos resultados obtidos no estudo de campo encontram-se no próximo item.

4.1.3 Apresentação e análise dos resultados

Após a execução das referidas visitas às instalações e a aplicação do questionário estruturado por meio de entrevistas para os profissionais das empresas, as informações obtidas no estudo de campo foram formalizadas através de um relatório individual a cada empresa. Tal relatório constituiu no preenchimento do questionário apresentado no Apêndice 3.

Posteriormente, os dados foram sintetizados e agrupados segundo os seguintes aspectos: **(1) características gerais das empresas; (2) características do setor de Desenvolvimento de Produtos (DP); (3) características do PDP; e, (4) usabilidade de métodos de projeto pelas empresas.** Tais aspectos atendem aos objetivos propostos e mostraram as características gerais e específicas das empresas pesquisadas.

Em ressalva, vale salientar que a razão social das referidas empresas e algumas informações coletadas no estudo de campo não serão apresentadas no trabalho por solicitação dos participantes da pesquisa. Dessa forma, as empresas, quando mencionadas, serão nomeadas pela sigla EMPx, de empresa, seguido de uma numeração.

4.1.3.1 Características gerais das empresas

Neste tópico, as empresas foram analisadas em referência ao setor/ramo de atividades, porte, mercado de atuação, principais clientes, certificações e participação no mercado.

O setor e ramo de atividades foram divididos em metal-mecânico, materiais elétricos, produtos de materiais plásticos e da linha branca. O porte da empresa foi em referência ao número de funcionários, sendo classificadas conforme Quadro 1.2 do Capítulo 1. O mercado de atuação foi dividido em nacional e internacional. Os principais clientes foram divididos em distribuidores (vendedores, revendedores, assistência técnica) e usuário final (consumidores, usuários da indústria e comércio). Quanto às certificações das empresas, foi verificado se elas estão ou não certificadas com a ISO 9001:2000, a qual trata do Sistema de gestão da qualidade – Requisitos. Esse aspecto foi analisado devido ao requisito 7.3 da ISO 9001:2000 que trata do Projeto e Desenvolvimento da realização do produto. Também foram identificadas outras certificações que as empresas possuem para atender ao mercado nacional e internacional. Quanto à participação no mercado, as empresas foram classificadas em relação à participação no mercado nacional ou mundial, apresentando alguns percentuais, características de liderança e/ou qualidade.

O Quadro 4.1 apresenta as características gerais das empresas participantes do estudo de campo. O setor e ramo de atividades das empresas pesquisadas foi diversificado em metal-mecânico, materiais elétricos, materiais plásticos e da linha branca, com as devidas linhas de produtos mencionadas no Quadro 4.1. Quanto ao porte das empresas, três foram classificadas como Médias Empresas (MdE) e cinco como Grandes Empresas (GE). Quanto ao mercado de atuação, todas as empresas atuam no mercado nacional e internacional, mostrando, assim, o interesse das empresas em divulgar seus produtos e ampliar suas vendas no mercado mundial. Dessa forma, verifica-se também que a maioria dos clientes das empresas pesquisadas são distribuidores e o usuário final.

Referente à certificação das empresas, percebe-se que a maioria é certificada pela ISO 9001:2000. Apenas duas MdE não possuem tal certificação. Uma delas está em processo de certificação e a outra está em processo de certificação da ISO 14001 (norma que trata de questões ambientais dos produtos e processos produtivos da empresa). Percebeu-se também

que as Grandes Empresas (GE) pesquisadas possuem outras certificações que concedem a elas abertura do mercado de seus produtos em outros países, tais como: Estados Unidos da América, países da União Européia, África e Ásia. Dentre as referidas certificações internacionais e os países requerentes, citam-se: CE (Comunidade Européia); UL (EUA), PTB (Alemanha), BVQI (Inglaterra), PSE (Japão), SABS (África do Sul), IRAM (Argentina). Algumas das empresas são certificadas pelo Sistema de Gestão Integrada (SGI), do BVQI (*Bureau Veritas Quality International*), o qual ratifica as políticas de qualidade nos processos e serviços (ISO 9001:2000), ambiental (ISO 14001) e de saúde e segurança dos colaboradores (OHSAS 18001) por meio de padrões reconhecidos internacionalmente. A norma QS 9000 é considerada uma interpretação da ISO 9001 para o setor automotivo e é adotada pelas empresas que se relacionam a esse setor.

Quadro 4.1. Características gerais das empresas pesquisadas no estudo de campo (do autor).

Características Gerais das Empresas							
Código	Setor - Ramo de Atividades	Porte	Mercado Atuação	Principais Clientes	Certificações		Participação no Mercado
					ISO 9001:2000	Outras	
EMP 1	Metal-mecânico: componentes de reposição da linha automotiva.	Média Empresa (MdE)	Nacional e Internacional	Distribuidores	Sim	-	Líder brasileira no ramo e mercado de atuação.
EMP 2	Metal-mecânico: máquinas agrícolas e para construção civil.			Distribuidores e usuário final	Em certificação	-	Líder nacional em algumas linhas de produtos.
EMP 3	Metal-mecânico: máquinas industriais pra linha automotiva.			Distribuidores e usuário final	Não	Em processo de certificação da ISO 14001	Alta credibilidade do mercado
EMP 4	Setor da linha branca: refrigeradores, fogões, máquina de lavar roupas, secadoras.	Grande Empresa (GE)		Usuário final	Sim	ISO 14001 e OHSAS 18001, pelo SGI do BVQI.	40% no mercado nacional, maior empresa do setor na América Latina
EMP 5	Metal-mecânico e material elétrico: sistemas eletroeletrônicos e			Distribuidores e usuário final	Sim	ISO 14001, INMETRO, CE, UL, PSE, IRAM, SABS, BVQI, PTB.	Maior indústria de motores elétricos da América Latina.
EMP 6	Metal-mecânico: máquinas industriais e componentes para as indústrias automotivas.			Distribuidores e usuário final	Sim	QS 9000, IRAM, UL, ASME, OSHA, CFR, CE.	Líder brasileira em sua linha de produto, maior fabricante da América Latina.
EMP 7	Metal-mecânico: componentes para refrigeradores.			Distribuidores	Sim	ISO 14001 e OHSAS 18001, pelo SGI do BVQI.	Líder mundial do mercado na linha de produtos, com 25%.
EMP 8	Materiais plásticos: produtos pra construção civil (saneamento e elétrico) e irrigação.			Distribuidores e usuário final	Sim	ISO 14001	60% do mercado nacional e uma das cinco maiores empresas do mundo no

A participação no mercado demonstrou o *know-how* das empresas em seus referidos mercados de atuação e produtos. Percebe-se que todas as empresas pesquisadas possuem uma boa atuação no mercado nacional e internacional.

4.1.3.2 Características do setor de DP das empresas

Este item consiste na análise do setor de Desenvolvimento de Produtos (DP) das empresas participantes do estudo de campo. Foram identificadas características como: nome do setor de DP, número de profissionais no setor, formação dos profissionais, funções normalmente existentes, tipos de projetos normalmente desenvolvidos e departamentos da empresa envolvidos com o setor de DP. Tais características são apresentadas no Quadro 4.2.

Os tipos de projetos normalmente desenvolvidos pelas empresas foram classificados segundo o *modelo de Jansson apud Condoor et al. (1992)*, em: projeto original, projeto de variante ou reprojeto, projeto adaptativo e projeto de desenvolvimento. Segundo Fonseca (2000), o **projeto original** é aquele com alto grau de novidade conceitual e alto grau de complexidade na sua configuração (ex.: o projeto do primeiro televisor); o **projeto de variante ou reprojeto** é aquele projeto com pouco grau de novidade conceitual e pouco grau de complexidade na mudança da configuração (ex.: modelos sucessivos de televisores); o **projeto adaptativo** é aquele projeto com alto grau de novidade conceitual e pouco grau de complexidade na configuração (ex.: projeto do “display” alfa numérico, como interface homem-computador, baseado num televisor); e **projeto de desenvolvimento** é aquele com pouca novidade conceitual e alto grau de complexidade na sua configuração (ex.: o projeto do televisor colorido).

Quadro 4.2. Características do setor de Desenvolvimento de Produtos (DP) das empresas (do autor).

Código	Características do Setor de DP das Empresas					
	Nome do Setor de DP	Núm. de Profiss.	Formação dos Profissionais	Funções Existentes	Tipos de Projetos normalmente desenvolvidos	Departamentos da empresa envolvidos com o setor de DP
EMP 1	Engenharia do Produto	8	Nível Técnico e Superior em Engenharia	Projetista e Engenheiro de Produto e Processo	Reprojetos e Projetos adaptativos	Marketing, qualidade, custos, processos, vendas e ferramentaria.
EMP 2	Departamento Técnico	6	Nível Técnico e Superior em Engenharia	Projetista e auxiliar de projeto	Reprojetos e Projetos em desenvolvimento	Vendas, custos e produção.
EMP 3	Departamento Técnico	4	Nível Técnico e Superior em Engenharia	Projetista	Reprojetos e Projetos em desenvolvimento	Vendas, custos e fabricação
EMP 4	Pesquisa & Desenvolvimento de Produtos	16	Superior em Engenharia e Mestrado em Engenharia.	Engenheiro Projetista	Projetos originais, Projetos adaptativos e Projetos de desenvolvimento.	Marketing, qualidade, processos, fabricação, ferramentaria, vendas e custos.
EMP 5	Departamento Técnico	58	Nível Superior em Engenharia e Mestrado em Engenharia.	Analista, Especialista e Projetista	Reprojetos e Projetos de desenvolvimento	Vendas, marketing, fabricação, qualidade, assistência técnica e custos.
EMP 6	Departamento de Produtos	18	Nível Superior em Engenharia e Mestrado em Engenharia.	Projetista, Engenheiro de Produtos e Técnico Laboratorial.	Reprojetos e Projeto de desenvolvimento.	Fabricação, vendas, custos, qualidade e montagem
EMP 7	Engenharia	30	Nível Superior em Engenharia e Mestrado em Engenharia.	Projetista e Pesquisador	Projetos de desenvolvimento	Marketing, qualidade, processos, fabricação, ferramentaria, vendas e custos.
EMP 8	Desenvolvimento de Produtos	77	Graduandos, Engenheiros e Pós-graduados em Engenharia e Materiais.	Gerente, Engenheiro de Produto e Projetista.	Projetos originais, Projetos adaptativos e Projetos de desenvolvimento	Fabricação, vendas, custos, marketing e materiais.

As duas primeiras características (nome do setor de DP e número de profissionais no setor) são peculiares a cada uma das empresas, porém nota-se que nas MdE o número varia de 4 a 8 profissionais e nas GE este número varia de 16 a 77 profissionais. Percebeu-se que a formação mínima exigida dos profissionais para atuar no DP da EMP 1, EMP 2 e EMP 3 (MdE) é de nível técnico. Atuam também nessas empresas profissionais com nível superior em Engenharia. Já para as demais empresas (GE), a formação mínima exigida dos

profissionais para atuar no setor de DP é de nível superior, preferencialmente em Engenharia, porém, atuam nestas empresas alguns profissionais com nível técnico e em tecnologia. Identificou-se também que há uma crescente aceitação de profissionais com pós-graduação em Engenharia, em nível de mestrado e até de doutorado nas GEs. As funções atribuídas aos profissionais também são peculiares às empresas e a função de maior atribuição é a de projetista e a de engenheiro de produto.

Referente aos tipos de projeto, normalmente desenvolvidos pelas empresas, destacam-se: o projeto em desenvolvimento (EMP 2, EMP 3, EMP 4, EMP 5, EMP 6, EMP 7 e EMP 8) e o reprojeção (EMP 1, EMP 2, EMP 3, EMP 5 e EMP 6). O projeto adaptativo é praticado pelas empresas EMP 1 e EMP 4, enquanto o projeto original é praticado somente pelas empresas EMP 4 e EMP 8. Dentre os departamentos das empresas que participam no setor de DP, destacam-se: vendas, custos e processos (colocado por algumas empresas como sendo fabricação, montagem e ferramentaria). O departamento de *marketing* possui participação no setor de DP das empresas EMP 1, EMP 4, EMP 5, EMP 7 e EMP 8. As empresas EMP 2, EMP 3 e EMP 6 não possuem ainda o departamento de *marketing*.

4.1.3.3 Características do PDP das empresas

Neste tópico, as empresas foram analisadas segundo a organização geral do PDP, principais fases, clientes envolvidos e as principais dificuldades ou barreiras enfrentadas durante o PDP. A organização geral do PDP foi classificada em: “possui” ou “não possui” um PDP formalizado. Nesse aspecto, percebe-se através do Quadro 4.3 que as Grandes Empresas pesquisadas possuem um PDP formalizado, enquanto as Médias Empresas possuem um PDP, mas não formalizado.

O Quadro 4.3 mostra que todas as empresas pesquisadas possuem um Processo de Desenvolvimento de Produtos estruturado. As principais fases desse processo é peculiar ao tipo de produto e ao tipo de projeto desenvolvido em cada empresa. Por outro lado, identificou-se que algumas empresas utilizam conceitos de engenharia reversa no projeto de seus produtos, dentre elas destacam-se: EMP 1, EMP 2, EMP 3, EMP 5 e EMP 6. Foi identificado também que a documentação do PDP de algumas das empresas é uma seqüência de execução do projeto de produto, elaborada de acordo com o conhecimento dos profissionais da empresa e transcrita para o papel para atender, principalmente, às exigências e requisitos da ISO 9001:2000. Maiores detalhes sobre as principais fases do PDP de cada empresa podem ser verificados no Quadro 4.3. Referente à participação dos clientes no PDP, observou-se nas empresas EMP 4, EMP 7 e EMP 8 uma participação efetiva de todos os

clientes (internos, intermediários e externos). Nas demais empresas, somente os clientes internos e intermediários estão envolvidos com o PDP. Percebe-se no Quadro 4.3 que as empresas que não possuem a participação de clientes externos no PDP apresentam dificuldades na definição das necessidades dos clientes e nas especificações de projeto.

Quadro 4.3. Características do PDP das empresas pesquisadas no estudo de campo (do autor).

Características do PDP das Empresas				
Código	Organização Geral do PDP	Principais Fases do PDP	Clientes envolvidos no PDP	Principais dificuldades / barreiras no PDP
EMP 1	Não Formalizado	1-Solicitação de análise para o desenvolvimento de produto; 2-Planejamento do projeto; 3-Projeto e desenvolvimento do produto 4-Projeto e desenvolvimento do processo; 5-Validação do produto e processo; 6-Produção 7-Lançamento do produto.	Internos e intermediários	Definição clara dos dados de entrada dos projetos (especificações e necessidades). Falta de comunicação com o cliente externo. Avaliação dos protótipos e testes de campo (controle das falhas que ocorrem nos produtos em campo). Falta um histórico do conhecimento e lições aprendidas. Falta formalizar a sistemática de DP de alguns produtos.
EMP 2		1-Solicitação do produto; 2-Análise da viabilidade; 3-Desenvolvimento do produto; 4-Fabricação de protótipo; 5-Validação do produto; 6-Liberação para produção.	Internos e intermediários	Estudo da viabilidade do produto. Levantamento das informações necessárias para o início do projeto. Dificuldades no desenvolvimento de fornecedores. Falhas na definição dos prazos de projeto. Elevado número de alterações do produto após fabricação.
EMP 3		1-Necessidades e análise do mercado; 2-Desenhos; 3-Protótipo e testes; 4-Aprovação; 5-Fabricação.	Internos e intermediários	Gerenciamento do PDP. Análise detalhada dos custos dos produtos e processos.
EMP 4	Formalizado	1-Geração de idéias; 2-Concepção; 3- Conversão; 4-Implementação (Execução); 5- Avaliação final (Validação); 6-Produção.	Internos, intermediários e externos	Escopo do projeto, em definir todas as atividades e diretrizes do projeto. Elevado tempo de execução do projeto.
EMP 5		1-Planejamento de Produto, 2-Definição e análise do modelo, 3-Investigação, 4- Desenvolvimento, 5-Fabricação de protótipo; 6- Ensaios; 7-Aprovação da viabilidade Econômica; 8-Detalhamento do projeto; 9- Projeto do processo; 10-Análise crítica do processo; 11-Fabricação.	Internos e intermediários	Necessidade de gerenciar as atividades de projeto de forma simultânea. Falhas na definição das necessidades dos clientes. Tempo de desenvolvimento muito extenso, pouca agilidade no processo. Baixa previsibilidade das falhas de projeto.
EMP 6		1-Definição da necessidade do projeto; 2- projeto conceitual; 3- Processo de estruturação; 4- Processo de implantação; 5- Processo de conclusão; 6- Produção.	Internos e intermediários	Definição clara das especificações do produto (premissas de projeto). Falta de interação com os demais departamentos da empresa, principalmente nas fases conceitual e de estruturação do produto. Elevado número de alterações no projeto, principalmente após o protótipo. Dificuldade em gerenciar o projeto ao longo do DP.
EMP 7		1-Idéia; 2-Planejamento do Projeto; 3- Aprovação do projeto; 4-Concepção; 5- Conversão; 6-Execução; 7-Especificação de materiais e processo; 8-Gestão de rotina (PDCA).	Internos, intermediários e externos	Encontrar soluções para o cliente e problema de projeto (qual a solução que vai se apresentar ao cliente? Essa solução existe?) Dificuldades de priorizar projetos. Problemas na identificação das restrições de projeto (inserir conceitos de TOC).
EMP 8		1-Definição do produto; 2-Geração e seleção de idéias, 3-Análise da viabilidade financeira e de mercado; 4-Pré-projeto; 5-Aprovação pela diretoria; 6-Desenvolvimento do projeto; 7- Projeto do processo.	Internos, intermediários e externos	Baixa eficácia no PDP. Dificuldade na geração de idéias para o projeto.

Em resumo ao Quadro 4.3, as principais dificuldades e/ou barreiras enfrentadas pelas empresas no PDP são:

1. Definição clara das necessidades dos clientes e especificações de projeto de produto, principalmente nas três MdE e uma GE;
2. Elevado número de falhas ou alterações no projeto e a falta de um controle das falhas – gestão do conhecimento;

3. Dificuldades no gerenciamento do desenvolvimento do produto;
4. Dificuldades relacionadas ao planejamento do projeto;
5. Elevado tempo de execução dos projetos e baixa eficácia no PDP;
6. Falta de interação com os clientes envolvidos no projeto;
7. Dificuldades de encontrar soluções e geração de idéias para o projeto;
8. Dificuldades para definição dos custos e viabilidade do projeto.

Outra problemática, nas empresas do estudo de campo, é que nem todas as fases do PDP são executadas a rigor, ou seja, em alguns casos, dependendo do tipo de projeto e prazos disponíveis, o projeto segue uma sistemática independente do PDP.

4.1.3.4 A usabilidade dos métodos de projeto nas empresas do Estudo de Campo

As empresas foram analisadas segundo a utilização de métodos de projeto de apoio ao PDP, ou seja, quais os motivos e a forma como os métodos foram implantados nas empresas, quais as dificuldades/barreiras enfrentadas durante a implantação desses métodos e quais as dificuldades/barreiras quanto ao uso dos métodos nas empresas. O resultado da pesquisa pode ser visualizado no Quadro 4.4.

Conforme o Quadro 4.4, os métodos de projeto mais utilizados pelas empresas são: sistemas CAD, CAE, CAM; análise da viabilidade econômica; *benchmarking*; ensaios em protótipos; pesquisa de patentes e *checklist*. Os métodos menos utilizados, mas que são de suma importância no PDP, foram: QFD, FMEA, análise funcional do produto, matriz morfológica e engenharia e análise do valor (EVA).

Em síntese, os principais motivos da implantação dos métodos nas empresas são:

1. Melhoria e controle da qualidade dos produtos;
2. Redução do número de falhas dos produtos – aumento da confiabilidade dos produtos;
3. Redução dos custos de projeto;
4. Redução do tempo de desenvolvimento do projeto;
5. Exigência dos clientes ou normas;
6. Controle do projeto e processo.

Percebeu-se que o principal motivo da implantação dos métodos de projeto nas empresas foi a necessidade de melhoria e controle da qualidade de seus produtos, conseqüentemente o aumento da confiabilidade e, assim, a redução do número de falhas nos produtos, redução dos custos e aumento da satisfação dos clientes.

Quadro 4.4. A usabilidade de métodos de projeto de apoio ao PDP (do autor).

A usabilidade de Métodos de Projeto de apoio ao PDP nas empresas					
Código	Métodos de projeto de apoio ao PDP utilizados	Motivos da implantação dos métodos	Forma de implantação dos métodos	Dificuldades/Barreiras na implantação dos métodos	Dificuldades/Barreiras quanto ao uso dos métodos
EMP 1	Engenharia Reversa; Engenharia Simultânea; <i>Benchmarking</i> ; Sistemas CAD, CAE, CAM; Ensaios em Protótipos; FMEA de Processo; <i>Brainstorming</i> ; Estrutura do Produto; Seleção de Materiais.	Necessidades internas para melhoria dos processos e controle da qualidade. Por exigência dos clientes intermediários.	Treinamentos (Cursos) e Consultorias	Saber qual dos métodos pode ser implantado na empresa. Barreiras humanas quanto ao aprendizado do método - carência na formação técnica.	Dificuldade de reunir o pessoal na execução do método, devido ao excesso de atividades.
EMP 2	Engenharia Reversa; <i>Brainstorming</i> ; Sistema CAD; Ensaios em Protótipos; Análise da Viabilidade Econômica; <i>Checklist</i> ; Pesquisa de Patentes.	Necessidade de melhoria da qualidade. Redução do tempo no desenvolvimento e de alterações no projeto.	Treinamentos e Experiência dos profissionais da empresa	Elevado tempo para o aprendizado dos conceitos do método. Não conhecer os métodos existentes.	Elevado tempo na execução dos métodos.
EMP 3	<i>Benchmarking</i> ; Pesquisa de Patentes; <i>Brainstorming</i> ; Ensaios em Protótipos; Sistema CAD.	Melhoria e controle da qualidade. Controle do projeto e processo.	Treinamentos e Cursos	O não conhecimento dos métodos existentes. Tempo de adaptação.	Dificuldades na adaptação do uso do método.
EMP 4	Matriz <i>Pugh</i> ; QFD; FMEA; Matriz de Decisão; DOE; Matriz Morfológica; Síntese Funcional; Sistemas CAD, CAE, CAM; SWOT; Análise da Viabilidade Econômica; Engenharia Simultânea; Pesquisa de Patentes; outros.	Melhoria na qualidade. Redução do tempo e custos em processo e projeto. Confiabilidade do produto (redução de falhas com o consumidor).	Treinamentos. Consultoria com orientação em projetos. Multiplicadores e Melhores práticas.	Tempo para o aprendizado do método. Dificuldades no aprendizado dos conceitos. Restrição por parte dos projetistas no sentido de não confiarem nos métodos.	Percepção de algumas valorações. Subjetividade nos resultados de alguns métodos. Falta de tempo para execução de alguns dos métodos. Elevado tempo de execução de alguns dos métodos.
EMP 5	Métodos de Criatividade; Sistemas CAD, CAE, CAM; Ensaios em Protótipos; Engenharia Simultânea; Engenharia Reversa; <i>Benchmarking</i> ; Análise da Viabilidade Econômica.	Necessidades de fornecer os produtos com qualidade igual ou superior a dos concorrentes. Reduzir falhas no produto e no processo de fabricação.	Treinamentos (Cursos) e Consultorias	Dificuldades no aprendizado dos conceitos dos métodos. Rejeição quanto a real aplicação do método, gera confusão das potencialidades do método.	Resistência por parte da equipe, que associa o uso dos métodos como sendo excesso de burocracia (ou até mesmo excesso de qualidade ou medo que os métodos apontem erros de engenharia).
EMP 6	Análise da Viabilidade Econômica; Sistemas CAD, CAE, CAM; <i>Benchmarking</i> ; Ensaios em Protótipos; Prototipagem Rápida; <i>Brainstorming</i> ; Pesquisa de Patentes.	Redução de custos. Melhoria da qualidade dos produtos. Confiabilidade dos componentes. Controle e rapidez no PDP.	Treinamentos (Cursos) e Consultorias	Não conhecer quais e onde (fase do PDP) os métodos podem ser implantados na empresa. Falta de tempo no aprendizado dos conceitos dos métodos.	Falta de tempo na execução das atividades do método. Precisão na execução dos métodos, assimilar conceitos do método. Falta de crença por parte da equipe de projeto nas potencialidades do método.
EMP 7	Engenharia Simultânea; DOE; QFD; FTA; FMEA; CEP; Simulações; 6 Sigma; <i>Checklist</i> ; Diagrama <i>Ishikawa</i> ; Análise de Valor; <i>Brainstorming</i> ; Pareto	Melhoria da qualidade. Confiabilidade e eficiência dos produtos. Redução de custos do projeto.	Treinamentos. Consultoria, Monitoramento em projetos.	Falta de tempo no aprendizado dos conceitos dos métodos.	Falta de tempo na execução do método. Falta de percepção da importância de alguns dos métodos e de suas valorações.
EMP 8	BSC; EVA; <i>Benchmarking</i> ; <i>Brainstorming</i> ; QFD; FMEA; Sistemas CAD, CAE, CAM; DOE; ERP; Gantt; EDT; Análise Crítica; <i>Checklist</i> ; <i>Ishikawa</i> , SWOT.	Melhoria na qualidade e eficiência. Eliminar problemas nos produtos. Gestão de competências interna. Atender a ISO 9001.	Treinamentos. Consultoria, Monitoramento em projetos.	Mudança de aspectos culturais e comportamentais da empresa e dos profissionais.	Disseminação do conhecimento quanto a uso.

Quanto à forma de implantação dos métodos de projeto nas empresas, verificou-se que, na maioria dos casos, a implantação se procedeu por meio de consultoria externa e treinamento dos profissionais. Algumas das empresas utilizaram também outros meios, tais como: melhores práticas, multiplicadores da empresa e monitoramento da aplicação das

técnicas nos projetos. A seguir, serão citadas, em síntese, as principais dificuldades na implantação dos métodos de projeto nas empresas participantes do estudo de campo. São elas:

1. Seleção do método adequado para empresa;
2. Não conhecer os métodos existentes e suas potencialidades;
3. Aprendizado dos conceitos dos métodos;
4. Tempo necessário para o aprendizado dos métodos, consome ou falta tempo;
5. Barreiras humanas e culturais da empresa, no sentido de não confiarem nas potencialidades dos métodos de projeto.

Nota-se que as duas primeiras dificuldades/barreiras na implantação dos métodos de projeto nas empresas possuem uma afinidade, ou seja, o fato das empresas não conhecerem os métodos existentes e suas potencialidades trazem dificuldades na seleção do método mais adequado à situação-problema apresentada na empresa, ou vice-versa. Essa mesma lógica se aplica ao terceiro e quarto item, em que as dificuldades no aprendizado do método se devem à falta de tempo dos profissionais para o aprendizado, ou que a dificuldade no aprendizado do método acaba consumindo tempo dos profissionais. As principais dificuldades apresentadas quanto ao uso dos métodos de projeto nas empresas pesquisadas foram:

1. Falta tempo ou há dificuldade em reunir o pessoal para a execução dos métodos devido o excesso de atividades;
2. Elevado tempo de execução dos métodos;
3. Dificuldades de adaptação e disseminação dos conhecimentos relativos a um determinado método, em assimilar os conceitos e percepções de algumas valorações;
4. Barreiras humanas e culturais da empresa, onde a equipe de projeto não crê no método ou associa o uso dele à burocracia ou à um juiz dos erros humanos.

Quanto às dificuldades/barreiras do uso dos métodos de apoio ao PDP, verifica-se que o aspecto tempo, na maioria das empresas pesquisadas, dificulta a aplicação contínua dos métodos. Outro aspecto bastante relevante são as barreiras humanas e culturais das empresas, as quais dificultam a disseminação dos conceitos e a aplicação dos métodos.

4.1.4 Considerações finais do estudo de campo

Percebeu-se, por meio do estudo de campo, que a maioria das empresas pesquisadas possui um PDP formalizado; porém, em muitos casos, o desenvolvimento de produtos não é estruturado por métodos de apoio ao projeto, segundo as dificuldades apresentadas no PDP das empresas. Segundo a pesquisa, as maiores dificuldades para implantação dos métodos de

projeto na indústria estão relacionadas ao fato das empresas não conhecerem os métodos existentes e suas potencialidades e terem dificuldades na seleção daquele mais adequado à situação-problema da empresa. Outra dificuldade bem caracterizada é referente ao aprendizado dos conceitos dos métodos que, muitas vezes, é influenciado pela falta de tempo dos profissionais e por barreiras culturais da empresa.

O estudo de campo servirá de diretriz para implantação dos métodos de projeto na empresa da pesquisa-ação, no que se refere aos métodos utilizados pela indústria, dificuldades enfrentadas no PDP, problemáticas quanto à implantação e uso dos métodos de projeto. Conseqüentemente, os resultados obtidos auxiliaram na geração dos princípios e recomendações orientadores à implantação dos métodos de projeto de apoio ao PDP. No próximo item, serão apresentados o delineamento e os principais resultados da pesquisa-ação.

4.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA-AÇÃO E SEUS RESULTADOS

Neste subitem, será demonstrado todo o planejamento, o delineamento e os principais resultados obtidos na pesquisa-ação realizada em uma empresa manufatureira de grande porte do ramo metal-mecânico, localizada na região Norte do estado de Santa Catarina.

De acordo com Gil (2002), a pesquisa-ação é um método bastante flexível e não necessita de uma ordenação cronológica de suas fases, ou seja, é determinada pela dinâmica do grupo. Tal método de pesquisa foi selecionado devido à participação efetiva dos membros envolvidos no processo e por ser um método muito utilizado pela indústria.

Para a execução da pesquisa-ação na empresa, foram utilizados alguns procedimentos a fim de obter resultados significativos. Dentre eles, destacam-se:

- a. Busca de apoio das lideranças e supervisores da empresa com propósito de eliminar barreiras e inseguranças entre o pesquisador e os membros da empresa;
- b. Busca de aliança com os membros ou setores da empresa com interesse na pesquisa;
- c. Apresentação das informações e dos resultados obtidos aos membros envolvidos;
- d. Preservação da identidade dos envolvidos (empresa e seus colaboradores).

Segundo Gil (2002), a pesquisa-ação se procede por meio de fases que se delineiam de forma aleatória e que dependem muito da dinâmica do grupo de pesquisadores e da situação pesquisada. As principais etapas da pesquisa-ação utilizada são visualizadas na Figura 4.3. Na seqüência, será demonstrado o planejamento, a execução e os principais resultados de todas as etapas da pesquisa-ação.

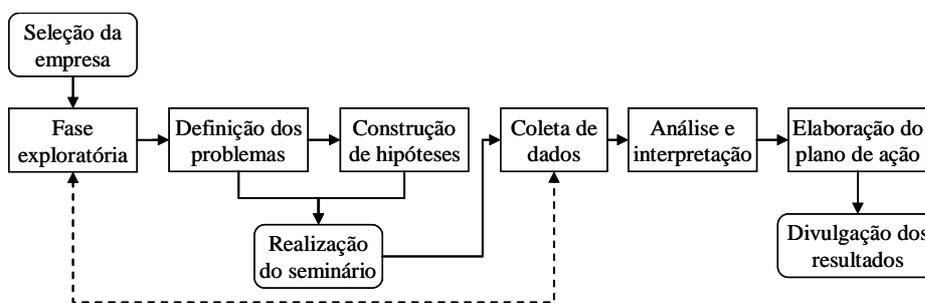


Figura 4.3. Fluxo e interação das principais etapas da pesquisa-ação (do autor).

4.2.1 Seleção da empresa

Esta primeira etapa consistiu na escolha da empresa a participar da pesquisa-ação. Para a seleção foi utilizado o método de intencionalidade, o qual considerou algumas características relevantes para a pesquisa e para o pesquisador. Dentre as características relevantes, citam-se: disponibilidade da empresa em participar da pesquisa-ação, permissão ao pesquisador para delinear a pesquisa-ação dentro da referida empresa e para ter acesso a todas as informações pertinentes ao PDP, intenção da empresa em implantar métodos de projeto em seu referido PDP e disponibilidade da empresa em patrocinar o delineamento da pesquisa.

Durante o próprio delineamento do estudo de campo, uma das empresas mostrou-se interessada em participar da pesquisa-ação. Verificou-se, então, o atendimento das características mencionadas anteriormente com os profissionais da empresa e, posteriormente, iniciaram-se as etapas subsequentes da pesquisa-ação.

Para a pesquisa-ação, foi selecionada uma grande empresa manufatureira do setor metal-mecânico. A fim de preservar a identidade da empresa, ela foi nomeada no trabalho como Empresa da Pesquisa-Ação, ou com a sigla EPA. A divulgação dos resultados da pesquisa-ação ficou condicionada a posterior interferência por parte da diretoria e gerência do departamento de desenvolvimento de produtos da empresa, de modo a salvaguardar algumas informações de seu domínio tecnológico.

4.2.2 Fase exploratória

Segundo Gil (2002), a fase exploratória da pesquisa-ação objetiva determinar o campo de investigação, as expectativas dos interessados e o tipo de auxílio que eles podem fornecer durante a pesquisa. Consiste no contato direto com o campo de pesquisa, implica no reconhecimento visual do local, na consulta a documentos diversos e na discussão com representantes das categorias envolvidas da empresa.

Para a presente pesquisa, a fase exploratória consistiu na coleta de dados referentes às características gerais da EPA e de seu PDP. Dentre os objetivos propostos, citam-se:

1. Caracterizar e conhecer a empresa, ou seja, o mercado; linha de produtos; estrutura, departamentos e seus responsáveis; e principais clientes;
2. Conhecer e identificar as principais características do setor de DP e do PDP da empresa como a equipe de projeto, funções existentes, fases do PDP, objetivos de cada fase, como se procedem as atividades de DP e departamentos envolvidos no DP;
3. Coletar informações relacionadas à usabilidade de métodos de apoio ao PDP como métodos utilizados pela EPA e dificuldades relacionadas à implantação e ao uso deles;
4. Coletar necessidades de melhoria do PDP da empresa, com os profissionais do setor de DP e de outros departamentos da empresa que participam do PDP. Identificar quais as principais dificuldades (problemas) enfrentadas durante o PDP;
5. Familiarizar o pesquisador com os procedimentos e normas adotados pela empresa e, principalmente, com os integrantes do setor de DP e demais setores da empresa.

A coleta de dados da fase exploratória da pesquisa-ação se procedeu através de visitas, aplicação de questionários e entrevistas coletivas e individuais com os profissionais do setor de DP e demais departamentos da empresa. Tais questionários encontram-se no [Apêndice 4](#) e no [Apêndice 5](#) do trabalho. Além da aplicação dos questionários, foi utilizada outra técnica para facilitar a coleta de dados, ou seja, a participação indireta do pesquisador nas atividades de desenvolvimento de produtos da empresa como, por exemplo, a participação em reuniões, o acompanhamento das atividades de DP, observações e análise da comunicação entre os colaboradores da empresa. Os principais resultados da fase exploratória na empresa da pesquisa-ação são apresentados do item 4.3.2.1 ao item 4.3.2.4 e no item 4.3.3.

4.2.2.1 Caracterização da empresa da pesquisa-ação

A Empresa da Pesquisa-Ação (EPA) é uma empresa do setor metal-mecânico fundada em 1963, com ramos de atividades voltados à fabricação de máquinas industriais e de componentes para o setor automotivo. A EPA é uma grande empresa com atuação no mercado nacional e internacional e seus principais clientes são distribuidores e usuários finais da indústria e comércio. Ela é certificada pelas normas ISO 9001:2000, QS 9000, IRAM, UL, ASME, OSHA, CFR e CE e é líder brasileira em sua linha de produtos, sendo também a maior da América Latina.

A estrutura organizacional da EPA é caracterizada como estrutura funcional. Dentre os principais departamentos e setores da empresa, nos quais se realizaram as entrevistas e a aplicação dos questionários estruturados, citam-se:

1. Departamento de Vendas (dos produtos tipo A e tipo B);

2. Departamento Administrativo de Vendas e Televendas (SAC);
3. Departamento de Exportação (América do Norte e América Latina);
4. Departamento de Compras e Engenharia de Custos;
5. Departamento de Produtos – DPRD;
6. Departamento de Manufatura dos Produtos A e B (setor de PCP e Processos);
7. Setor de Qualidade dos Produtos;
8. Outros departamentos e setores que produzem componentes para o setor automotivo.

4.2.2.2 Caracterização do setor de DP da EPA

O setor de Desenvolvimento de Produtos (DP) da EPA é denominado Departamento de Produtos, sendo representado pela sigla DPRD. Tal departamento é composto por dezoito profissionais, com formação de técnico em mecânica; superior em engenharia mecânica, elétrica e *design*; e mestrado em engenharia mecânica e elétrica. As principais funções no DPRD são: gerente do departamento, engenheiro de produto e técnico de produto.

O DPRD é dividido em quatro células: Desenvolvimento de Produtos tipo A; Desenvolvimento de Produtos tipo B; Desenvolvimento de Produtos tipo C; e Manutenção e Melhorias de Produtos. Também existem outros setores que auxiliam o DPRD, principalmente no desenvolvimento e ensaio de protótipos. Tais setores são nomeados como Laboratório e Fabricação de Protótipos. Vale mencionar que a célula de desenvolvimento de produtos tipo C é nova no DPRD.

Os tipos de projetos normalmente desenvolvidos no DPRD da EPA são o reprojeto e o projeto de desenvolvimento. Os principais clientes que participam no DP da EPA são os internos (Departamento de Vendas, Compras, Manufatura, Setor de Qualidade e Engenharia de Custos), os intermediários (distribuidores e fornecedores) e os externos (consumidores).

4.2.2.3 Caracterização do PDP da EPA

A empresa da pesquisa-ação possui um PDP formalizado que originou da necessidade de atender aos requisitos da ISO 9001:2000, da necessidade de controlar o processo de desenvolvimento de produtos e da necessidade de melhorar a qualidade de seus produtos. O PDP da EPA é apresentado na Figura 4.4.

Conforme informações obtidas na EPA, o PDP se inicia através de uma Solicitação de Projeto e Desenvolvimento (SPD) e é formalizada através de um documento chamado Solicitação de Produto (SP). Uma SP pode ser oriunda do departamento de vendas,

exportação ou do próprio DPRD e via planejamento estratégico (efetuado entre a diretoria e os gerentes dos departamentos da empresa). Após a abertura de uma SP, ela passa por uma análise de viabilidade do produto, executada pelos gerentes do DPRD ou pela diretoria da empresa, dependendo da origem da solicitação. Nessa análise, são avaliados os aspectos técnicos, prazos, custos de entrega e a previsão de demanda do produto. Aprovada a SP, é definido um coordenador do projeto que realiza um planejamento da primeira fase do PDP, ou seja, redefine os prazos, faz um cronograma, realiza uma análise financeira do produto, abre uma ordem de serviço para obtenção de verbas e redefine as premissas do produto (ou requisitos do produto). No **planejamento**, são definidas em quantas fases se realizará o desenvolvimento do produto; quais os subprocessos necessários; como e quando será realizada a análise crítica e validação; e definidas as responsabilidades. A atividade de planejamento é genérica e antecede todas as fases do PDP da EPA.

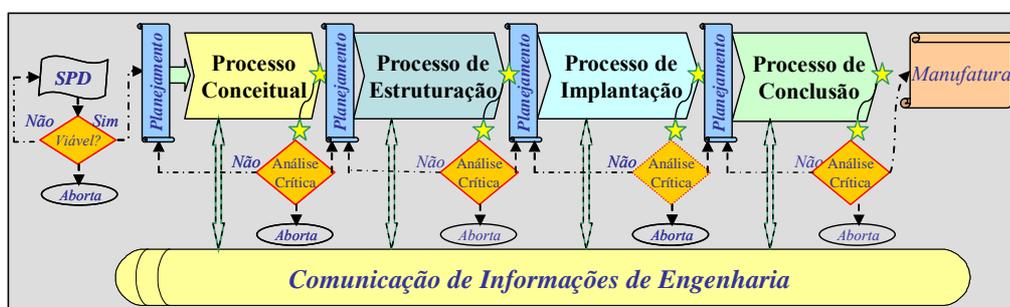


Figura 4.4. Processo de Desenvolvimento de Produtos da EPA (adaptado da versão original da EPA).

Na primeira fase do PDP, de **Processo Conceitual**, são definidos os requisitos do produto (técnicos e estatutários), realizado um estudo de mercado, efetuada uma análise dos recursos disponíveis e necessários, analisada a necessidade de um relatório de premissas de projeto e realizado um pré-projeto. A segunda fase, de **Processo de Estruturação**, consiste em desenvolver fornecedores, realizar cálculos, desenvolver protótipos e modelos, desenvolver o *design* do produto, registrar marcas e patentes, analisar os custos do projeto, verificar e validar a fase. A terceira fase, de **Processo de Implantação**, consiste em desenvolver planos de controle, treinamento, medições e ensaios; executar testes de ferramentas e dispositivos; criar manuais, lista de peças de reposição e a divulgação; revisar os custos do produto; desenvolver embalagens e adesivos; e verificar e validar a fase. A última e quarta fase, de **Processo de Conclusão**, consiste na programação do lote-piloto, realização de treinamento da assistência técnica, desenvolver a garantia da qualidade interna e externa, construção do lote-piloto, verificação e validação da fase. Ao final de cada fase do PDP é realizada uma análise crítica em que são analisados os processos, os subprocessos, o planejamento e o relatório de premissas de projeto. Como resultados finais do PDP da EPA,

têm-se as especificações de engenharia, os planos de produção, de qualidade e o projeto do produto. Posteriormente, o projeto é encaminhado à manufatura para início da produção.

4.2.2.4 Usabilidade de métodos de projeto na EPA

Os principais métodos de projeto de apoio ao PDP implantados e utilizados na EPA são: análise da viabilidade econômica, *benchmarking* competitivo, pesquisa de normas e patentes, sistemas CAD, CAE, CAM, testes em protótipos, prototipagem rápida, *brainstorming*, planos de ação e DOE. As principais razões da implantação e utilização dos referidos métodos de projeto no PDP da EPA são: redução de custos no produto, aumento da qualidade, aumento da confiabilidade dos componentes, controle e rapidez no PDP. Tais métodos foram implantados na empresa por meio de treinamentos e consultoria externa.

As principais dificuldades referentes à implantação e ao uso dos métodos de projeto na EPA, diagnosticadas na fase exploratória da pesquisa-ação, foram:

1. Os profissionais da empresa não possuem conhecimento sobre quais os métodos de projeto podem ser implantados na empresa, em que fase do PDP podem ser implementados e como deve se proceder tal implantação;
2. Dificuldades na aplicação contínua dos métodos nos projetos da empresa. Conforme explanação dos profissionais, esse problema é devido à falta de tempo, à dificuldade de aprendizado e a falta de difusão dos conceitos dos métodos entre os profissionais da empresa, como é o caso do método DOE;
3. Barreiras culturais da empresa e falta de crença por parte da equipe de projeto nas potencialidades de alguns dos métodos de projeto. Por exemplo, a aplicação do Sistema CAE na EPA, que inicialmente recebeu restrições, comprovou sua importância após o comparativo dos resultados com os testes em protótipos.

4.2.3 Definição dos problemas no PDP da EPA

Esta etapa da pesquisa-ação consistiu em definir e privilegiar as principais barreiras e dificuldades relativas ao PDP da EPA. Com o objetivo de solucionar os problemas da EPA de forma prática, tais problemas foram considerados como oportunidades de melhorias no PDP, a fim de conseguir maior participação e motivação dos interessados na pesquisa. Por exemplo, se uma pesquisa tem por objetivo investigar as causas do alto consumo de energia elétrica, imediatamente a esse objetivo procura-se associar um problema prático, ou seja, como reduzir o consumo de energia elétrica?

Inicialmente, as necessidades e expectativas apresentadas pelos membros da EPA foram: como aprimorar, proporcionar melhorias ou transformar o PDP da empresa, tornando sua execução operacional e viável? Dessa forma, também através dos resultados obtidos na fase exploratória da pesquisa-ação, foram identificados e priorizados os principais problemas no PDP da EPA, conforme descritos a seguir:

1. Como desenvolver as atividades de projeto de produto de forma sistematizada, detalhada e formalizada em conformidade ao PDP existente?

Conseqüentemente, será possível gerenciar, controlar e avaliar as fases e atividades do PDP. Conforme explanação dos profissionais, coordenadores de projetos e responsáveis do DPRD da EPA, o desenvolvimento e controle dos projetos de produto na empresa dependem muito da experiência e cultura dos profissionais. Conclui-se, inicialmente, que, embora exista um PDP formalizado e estruturado na EPA, ele não é praticado de forma sistematizada, tornando-se, assim, um processo visto como burocrático e não de apoio ao DP.

2. Como reduzir o número de retrabalhos nas atividades de desenvolvimento de produtos?

Conforme explanação dos profissionais do DPRD da EPA, os retrabalhos são atribuídos à falta de uma definição clara dos dados de entrada de projeto (necessidades dos clientes e requisitos de projeto) e/ou devido à falta de formalização das lições aprendidas no desenvolvimento de outros projetos.

3. Como reduzir o número de alterações nos produtos?

Tais alterações são solicitadas por meio de um documento chamado Solicitação de Alteração de Produtos (SAP) e ocorrem após o desenvolvimento do projeto de produto, ou seja, quando o produto é liberado para produção ou quando ele já se encontra no mercado (em uso). Conforme informações obtidas na EPA, cerca de 50% das SAPs são solicitadas pelo departamento de manufatura (fabricação, processos e montagem), 30% pelo setor qualidade, 10% por diversos departamentos (departamento de vendas, exportação e SAC) e 10% pelo próprio DPRD. Tais alterações nos produtos são executadas, em sua maioria, pelo setor de Manutenção e Melhoria de Produtos do DPRD da EPA. Por solicitação da direção da EPA, os tipos de alterações que ocorrem nos produtos não serão citados no trabalho.

4. Como definir e priorizar os projetos de produtos a serem desenvolvidos na empresa?

Atualmente, um produto é definido e priorizado por meio do preenchimento e análise de um documento chamado Solicitação de Produto (SP). Conforme informações obtidas na EPA, cerca de 90% das SPs são originárias dos departamentos de venda e exportação e, destes,

aproximadamente 5% são considerados novos conceitos de produtos. Os 10% restantes das SPs são provenientes do planejamento estratégico da empresa e do próprio DPRD, sendo, em sua maioria, considerados novos conceitos de produtos.

Conforme explanação dos coordenadores de projetos do DPRD, o elevado número de SPs aprovadas têm ocasionado um elevado número de atividades aos profissionais do setor de DP. Alguns dos projetos são interrompidos devido ao surgimento de outros projetos prioritários, enquanto outros são executados de forma parcial, ou seja, algumas das atividades do PDP são eliminadas. Outro aspecto referente ao PDP é que os dados de entrada para os projetos de novos conceitos de produtos são considerados, na maioria dos casos, insuficientes e não há uma coerência entre o que se deseja no produto com os prazos disponíveis.

4.2.4 Construção de hipóteses

Após a definição e priorização dos principais problemas no PDP da EPA, esta etapa consistiu em definir as principais hipóteses, ou seja, oferecer soluções aos problemas apresentados. Segundo Gil (2002), na pesquisa-ação, as hipóteses são de natureza qualitativa.

Foi estabelecida a hipótese de que a implantação de métodos, técnicas e/ou ferramentas no PDP da EPA é condição prévia para o desenvolvimento das atividades de projeto de produto de forma sistematizada, detalhada e formalizada conforme o PDP existente; para a definição clara das entradas de projeto; redução do número de retrabalhos nas atividades de desenvolvimento de produtos; redução do número de alterações nos produtos; e definição e priorização dos projetos de produto a serem desenvolvidos na empresa.

Outro aspecto prático mencionado na fase exploratória da pesquisa-ação, que justifica a hipótese e a problemática de pesquisa, é que os profissionais da EPA não possuem conhecimento sobre quais os métodos de projeto podem ser implantados na empresa, em que fase do PDP podem ser implementados e como deve se proceder tal implantação.

4.2.5 Realização do seminário

Consistiu na realização de reuniões entre o pesquisador e os membros da empresa envolvidos com a pesquisa (representantes do departamento de produto, qualidade, manufatura e coordenadores de projetos). Nele, foram apresentados, por meio de relatórios e apresentações, os objetivos, metodologia, prazos, delineamento e principais resultados da pesquisa, ou seja, os problemas e hipótese evidenciados nas fases anteriores.

Da realização do seminário, foram colhidas propostas e opiniões dos participantes e, de sua discussão e aprovação, foram elaboradas as diretrizes de pesquisa e de ação.

4.2.6 Coleta de dados

A coleta de dados se diferencia da fase exploratória pelo nível de detalhamento das informações, as quais são mais específicas ao tema proposto e aos problemas e hipóteses definidos no ambiente da empresa. Essa fase teve também como objetivo desenvolver alguns dos princípios e recomendações orientadores à implantação de métodos de projeto na indústria, referentes à seleção do método adequado, a ser descrito no Capítulo 6. As técnicas utilizadas nessa etapa foram as mesmas da fase exploratória; porém com a participação mais intensa do pesquisador nas etapas do PDP da empresa da EPA.

Inicialmente, não era de conhecimento o tipo de melhoria que seria efetuada no PDP da EPA, ou seja, se a melhoria seria incremental ou inovadora, devido à falta de conhecimento do nível de maturidade do PDP da empresa. Conseqüentemente, não se sabia quais os métodos de projetos seriam implantados na empresa. Como a hipótese de que a implantação de métodos de projeto é a condição prévia para solucionar os principais problemas no PDP da EPA, essa fase visou, além de identificar os pontos de maior necessidade de melhoria no PDP da EPA, identificar quais métodos mais se adaptam a empresa.

A identificação dos pontos de melhorias foi realizada através de uma análise detalhada do PDP da EPA, a qual conduziu a escolha do(s) método(s) de projeto mais adequado(s) à situação apresentada. Tal análise se procedeu por meio de uma avaliação comparativa do PDP da EPA com o modelo de referência de PDP apresentado no Capítulo 2. Nessa avaliação, foram levadas em consideração as principais fases do macroprocesso de desenvolvimento do modelo de referência de PDP e todas as suas atividades. Ela se procedeu através do questionamento de como a empresa estava executando cada atividade do PDP e quais os principais resultados, ou seja, foi avaliado se a empresa realiza tal atividade do PDP e quais os principais resultados equivalentes a essa atividade.

Na avaliação comparativa foram utilizados os seguintes pesos: 0%, considerada atividade inexistente na empresa (a empresa não desenvolve tal atividade sendo ela necessária) ou não apresenta seus resultados; 25%, a empresa atende insuficientemente à atividade e seus resultados; 50%, a empresa atende parcialmente à atividade e seus resultados; 75%, a empresa atende satisfatoriamente à atividade e seus resultados; e, 100%, a empresa atende plenamente à atividade e seus resultados.

Caso uma atividade não se aplicasse ao atual PDP da empresa, sua análise foi desconsiderada e identificada com o código NA (não se aplica). A condição aplica ou não se aplica foi em referência ao tipo de projeto normalmente desenvolvido pela empresa e baseou-se na complexidade e inovação do produto/projeto em questão (Capítulo 2).

<p>O que? <u>Matriz de avaliação comparativa do nível de desenvolvimento das atividades do PDP da empresa com o Modelo de Referência do PDP</u></p>							<p>Legenda: 0% = Não atende ou não realiza 25% = Atende insuficientemente 50% = Atende parcialmente 75% = Atende satisfatoriamente 100% = Atende plenamente</p>
<p>Onde? No setor de DP da empresa e demais departamentos envolvidos no PDP.</p>							<p>OBS. Nº</p>
<p>Quem? Pesquisador, gerentes, coordenadores e integrantes do setor de DP.</p>							
<p>Como? Através da pesquisa-ação, questionamentos e acompanhamento da execução prática das atividades do PDP da empresa.</p>							
<p>Quando? Na fase de coleta de dados da pesquisa-ação.</p>							
<p>Por quê? Identificação das necessidades de melhorias no PDP da empresa e referência para seleção dos métodos de projeto necessários ao PDP da empresa.</p>							
<p>Questão geral Como a empresa está executando essa atividade no desenvolvimento de seus produtos ou quais os resultados obtidos pela empresa nessa atividade? <i>Atividades e alguns resultados esperados</i></p>							
		<p>Avaliação</p>					
		0%	25%	50%	75%	100%	
Fase 2.1 - Projeto Informacional	2.1.1	Atualizar o plano do Projeto Informacional			X		
	2.1.2	Revisar e atualizar o escopo do produto. Resultado: declaração do escopo do produto			X		
	2.1.3	Detalhar o ciclo de vida do produto e definir seus clientes. R: estágios do ciclo de vida do produto.		X			
	2.1.4	Identificar os requisitos dos clientes do produto. R: requisitos dos clientes.	X				
	2.1.5	Definir os requisitos do produto. R: requisitos do produto.	X				
	2.1.6	Definir as especificações-meta do produto. R: especificações-meta do produto.		X			
	2.1.7	Monitorar a viabilidade econômica				X	
	2.1.8	Avaliar fase		X			
	2.1.9	Aprovar fase			X		
	2.1.10	Documentar as decisões tomadas e registrar lições aprendidas		X			
Fase 2.2 - Projeto Conceitual	2.2.1	Atualizar o plano do projeto conceitual			X		
	2.2.2	Modelar funcionalmente o produto. R: requisitos funcionais, função global, lista de funções do produto.	X				
	2.2.3	Desenvolver princípios de solução para as funções. R: princípios de solução.	X				
	2.2.4	Desenvolver as alternativas de solução para o produto. R: alternativas de projeto ou de solução.		X			
	2.2.5	Definir a arquitetura para as alternativas de projeto. R: layout do produto.			X		
	2.2.6	Analisar sistemas, subsistemas e componentes (SSC). R: concepções para o produto; BOM inicial		X			
	2.2.7	Definir ergonomia e estética do produto. R: concepções para o produto			X		
	2.2.8	Definir fornecedores e parcerias de co-desenvolvimento. R: fornecedores e parcerias de co-desenvolvimento qualificados				X	
	2.2.9	Selecionar a concepção do produto. R: concepção escolhida		X			
	2.2.10	Definir plano macro de processo. R: relatório de processo de manufatura macro; plano de processo macro; plano de montagem macro.	X				
	2.2.11	Atualizar estudo de viabilidade econômico-financeiro				X	
	2.2.12	Avaliar fase		X			
	2.2.13	Aprovar fase			X		
	2.2.14	Documentar as decisões tomadas e registrar lições aprendidas		X			
Fase 2.3 - Projeto Detalhado	2.3.1	Atualizar o plano do projeto detalhado			X		
	2.3.2	Criar e detalhar SSCs, documentos e configurações. R: especificações dos SSCs; desenhos finais com tolerâncias; estrutura do produto (BOM); planos de processo; protótipo funcional.				X	
	2.3.3	Decidir fazer ou comprar SSCs. R: Decisão make-or-buy; Informação de fornecedores; cotação dos SSCs comprados.				X	
	2.3.4	Desenvolver fornecedores. R: informação de fornecedores; certificação fornecedores; contratos com fornecedores; confirmação de cotação.				X	
	2.3.5	Planejar processo de fabricação e montagem. R: planos de processo de fabricação e montagem.		X			
	2.3.6	Projetar recursos de fabricação. R: projetos dos recursos de fabricação.		X			
	2.3.7	Avaliar SSCs, configuração e documentação do produto e processo. R: especificações dos SSCs (atualizadas); desenhos finais com tolerâncias (atualizadas); estrutura do produto (BOM) (atualizadas); planos de processo (atualizadas)			X		
	2.3.8	Otimizar produto e processo. R: especificações dos SSCs (otimizadas); desenhos finais com tolerâncias (otimizadas); estrutura do produto (BOM) (otimizadas); planos de processo (otimizadas).	X				
	2.3.9	Criar material de suporte do produto. R: manual de operações do produto; material de treinamento; manual de descontinuidade do produto.				X	
	2.3.10	Projetar embalagem. R: projeto da embalagem.				X	
	2.3.11	Planejar fim de vida do produto. R: plano de fim-de-vida do produto	X				
	2.3.12	Testar e homologar produto. R: homologação do produto.				X	
	2.3.13	Enviar documentação do produto a parceiros. R: documentos compartilhados.			X		
	2.3.14	Monitorar a viabilidade econômico-financeira				X	
	2.3.15	Avaliar fase		X			
	2.3.16	Aprovar fase			X		
	2.3.17	Documentar as decisões tomadas e registrar lições aprendidas		X			

OBS.: quando a atividade do modelo de referência do PDP não se aplica à empresa, preencher o campo "OBS. Nº" com NA (não se aplica)

Figura 4.5. Resultado da avaliação do nível de desenvolvimento do PDP da EPA (do autor).

Como a empresa possui diversidade nos tipos de projetos desenvolvidos, ou seja, desenvolve tanto projetos radicais como projetos *follow source*, e buscando prevenir erros do tipo descartar uma atividade importante para a empresa desenvolver, todas as atividades do modelo de referência do PDP foram consideradas na avaliação. Portanto, a avaliação objetivou verificar o nível de desenvolvimento das atividades do PDP da EPA em relação ao modelo de referência do PDP. Ela procedeu-se formalmente por meio do preenchimento de um documento nomeado de “matriz de avaliação do nível de desenvolvimento do PDP da empresa”. A Figura 4.5 mostra os resultados dessa avaliação.

A avaliação comparativa ou o preenchimento da matriz foi efetuado pelo pesquisador através da verificação de documentos, acompanhamento das práticas de desenvolvimento de produtos e entrevistas com os gerentes e integrantes do setor de DP, onde as atividades e principais resultados do PDP da EPA foram analisados de forma detalhada. Dessa forma, coube como pré-requisito do pesquisador o conhecimento pleno do modelo de referência do PDP (atividades e principais resultados) e das práticas de desenvolvimento de produtos da empresa (procedimentos, atividades, principais resultados, métodos de projeto utilizados).

4.2.7 Análise e interpretação dos dados

Essa fase consistiu em dar um tratamento nos dados obtidos, ou seja, analisar e interpretar os resultados. A análise e interpretação indicaram qual(ais) o(s) método(s) de projeto mais adequado(s) à situação apresentada pela EPA e basearam-se na classificação dos resultados obtidos na avaliação do PDP da empresa. Na classificação, primeiramente, foram priorizadas as atividades com resultados de atendimento de 0%, posteriormente com atendimento de 25%, depois as com 50% e assim por diante. Uma atividade classificada por 0% de atendimento, significou que a empresa não atende tal atividade e não obtém seus resultados, ou seja, a atual execução e resultados dessa atividade estão em estado crítico. Sugere-se, então, tomar ações com alta prioridade através da implantação de um ou mais métodos de projeto equivalente(s) a tal atividade. A interpretação de outros níveis é mostrada no Quadro 4.5.

Para as atividades que apresentam o mesmo resultado da avaliação e, conseqüentemente, a mesma prioridade, sugeriram-se, como critério de desempate, as fases do PDP onde tais atividades são pertinentes. Nesse critério, as fases iniciais do PDP são consideradas de maior prioridade, ou seja, deve-se priorizar, primeiramente, a implantação de métodos de projeto na fase de Projeto Informacional, posteriormente na fase de Projeto Conceitual e, ao final, na fase de Projeto Detalhado. Esse segundo critério foi adotado devido

às informações obtidas nas fases iniciais serem consideradas em todas as outras fases do PDP; portanto são informações essenciais ao longo de todo o PDP. Na persistência de empate, sugeriu-se utilizar essa mesma lógica; porém nas atividades de cada fase. Os principais resultados da análise dos dados, em que se indicaram a classificação e os principais métodos, técnicas ou ferramentas de apoio ao PDP sugeridos para serem implantados no PDP da EPA, de acordo com o nível de desenvolvimento de suas atividades, é apresentado no Quadro 4.6.

Quadro 4.5. Interpretação das escalas de avaliação das atividades do PDP (do autor).

Resultado da avaliação		Prioridade	Parecer / Sugestões / Ação
0%	Não atende ou não realiza	Alta prioridade	Está crítico. Sugere-se implantar um método, técnica ou ferramenta que suporte a atividade e sistematize o PDP.
25%	Atende insuficientemente	Média prioridade	Está irregular. Precisa de melhorias nessa atividade do PDP, estudar a possibilidade da utilização de outro método, técnica ou ferramenta mais eficiente.
50%	Atende parcialmente	Baixa prioridade	Está regular. Sugere-se avaliar a aplicação do atual método e resultados da atividade; se necessário melhorar a aplicação ou utilizar outro método, técnica ou ferramenta mais eficiente.
75%	Atende satisfatoriamente	Sem prioridade	Está bom. Sugere-se controlar a aplicação do atual método e resultados da atividade e buscar a melhoria contínua.
100%	Atende plenamente	Sem prioridade	Está ótimo. Não necessita de melhorias no PDP. Sugere-se controlar os resultados das atividades e gerenciar o conhecimento desenvolvido.

Inicialmente, para a situação do PDP da EPA, foram classificadas somente as atividades com nível de desenvolvimento de 0%, ou seja, as atividades consideradas críticas e de alta prioridade de melhoria e implantação de métodos de projeto. Dentre elas, destacaram-se:

1. Identificar os requisitos dos clientes do produto;
2. Definir os requisitos do produto, ou seja, as características mensuráveis do produto;
3. Modelar funcionalmente o produto, ou seja, obter requisitos funcionais, a função global e a lista de funções do produto;
4. Desenvolver os princípios de solução para as funções, ou seja, chegar aos diversos princípios de solução para as funções do produto;
5. Definir o plano macro de processo, ou seja, obter relatório de processo de manufatura macro, plano de processo macro, plano de montagem macro;
6. Otimizar o produto e o processo, ou seja, obter especificações dos SSCs, desenhos finais com tolerâncias, estrutura do produto (BOM), planos de processo otimizados;
7. Planejar o fim de vida do produto, ou seja, chegar a um plano de fim de vida.

Posteriormente, as ações se procederiam às outras atividades prioritárias do PDP; porém sugeriu-se, após executadas as ações de melhorias nas atividades com menor nível, que o PDP da empresa sofresse uma nova avaliação. Essa nova avaliação se justifica pelo motivo que as

ações de melhorias nas atividades prioritárias, através da implantação de métodos de projeto, podem produzir efeitos indiretos e, muitas vezes, imprevisíveis às outras atividades do PDP da empresa. Dessa forma, podem ser identificados outros benefícios da implantação dos métodos de projeto e atuar de forma mais efetiva na melhoria do PDP da empresa.

Quadro 4.6. Quadro de identificação dos métodos de projeto adequados à situação do PDP (do autor).

Fase PDP	Atividades	Resultado Avaliação	Prioridade	Métodos, técnicas e ferramentas de apoio ao PDP sugeridos
Fase 2.1 - Projeto Informacional	2.1.1 Atualizar o plano do Projeto Informacional	50%		Melhores práticas de gestão de projetos, Técnicas e procedimentos de análise financeira, Gráficos de PERT(<i>Project Evaluation and Review Technique</i>), EDT (Estrutura de Decomposição do Projeto) ou WBS (<i>Working Breakingdown Structure</i>), <i>Checklist</i> , Avaliações de especialização, SWOT (<i>Strength, Weakness, Opportunities, Threatnes</i>)
	2.1.2 Definir o escopo do produto	50%		Questionário e entrevistas; pesquisas orientadas; análise de foco.
	2.1.3 Detalhar o ciclo de vida do produto e definir seus clientes	25%		Estrutura de desdobramento do ciclo de vida; <i>checklist</i> ; matrizes de mapeamento.
	2.1.4 Identificar os requisitos dos clientes do produto	0%	1º	Questionário estruturado; entrevistas; <i>checklists</i> ; <i>brainstorming</i> ; diagrama de afinidades; QFD (Casa da Qualidade); diagrama de <i>Mudge</i> ; clínicas de avaliação (<i>focus group</i>); <i>benchmarking</i> de produto.
	2.1.5 Definir os requisitos do produto	0%	2º	Matriz de atributos; <i>checklist</i> ; QFD (Casa da Qualidade); análise paramétrica; análise matricial; diagrama de <i>Mudge</i> ; <i>brainstorming</i> .
	2.1.6 Definir as especificações-meta do produto	25%		Matriz de atributos; <i>checklist</i> ; QFD (Casa da Qualidade); análise paramétrica; análise matricial; diagrama de <i>Mudge</i> ; <i>brainstorming</i> .
	2.1.7 Monitorar a viabilidade econômica	75%		Técnicas e procedimentos de análise financeira.
	2.1.8 Avaliar fase	25%		Técnicas de revisões, avaliações, relatórios.
	2.1.9 Aprovar fase	50%		Critério de avaliação e tomada de decisão.
	2.1.10 Documentar as decisões tomadas e registrar lições aprendidas	25%		Relatórios, arquivos.
Fase 2.2 - Projeto Conceitual	2.2.1 Atualizar o plano do projeto conceitual	50%		Métodos idem à atividade 2.1.1
	2.2.2 Modelar funcionalmente o produto	0%	3º	Abstração orientada, modelagem funcional, matriz de decisão, PAST.
	2.2.3 Desenvolver princípios de solução para as funções	0%	4º	Abstração orientada, catálogos de solução, <i>brainstorming</i> , sinergia, matriz morfológica, TRIZ.
	2.2.4 Desenvolver as alternativas de solução para o produto	25%		Matriz morfológica, <i>brainstorming</i>
	2.2.5 Definir a arquitetura para as alternativas de projeto	50%		Catálogo de solução, métodos de criatividade, matriz indicadora de módulos, matriz de interfaces, matriz indicadora de módulos (MIM).
	2.2.6 Analisar sistemas, subsistemas e componentes (SSC)	25%		Abstração orientada, modelagem funcional, matriz de decisão, DFXs.
	2.2.7 Definir ergonomia e estética do produto	50%		Benchmarking, análise da ergonomia cognitiva e física
	2.2.8 Definir fornecedores e parcerias de co-desenvolvimento	75%		Análise de fornecedores e cadeia de suprimentos
	2.2.9 Selecionar a concepção do produto	25%		Matriz Passa-Nãopassa, Matriz de decisão
	2.2.10 Definir plano macro de processo	0%	5º	Análise dos processos de manufatura e seus atributos, análise da adequabilidade de materiais e processo de manufatura.
	2.2.11 Atualizar estudo de viabilidade econômico-financeiro	75%		Engenharia do Valor ou Análise do Valor
	2.2.12 Avaliar fase	25%		Métodos idem à 2.1.8
	2.2.13 Aprovar fase	50%		Métodos idem à 2.1.9
	2.2.14 Documentar as decisões tomadas e registrar lições aprendidas	25%		Métodos idem à 2.1.10
Fase 2.3 - Projeto Detalhado	2.3.1 Atualizar o plano do projeto detalhado	50%		Métodos idem à 2.1.1
	2.3.2 Criar e detalhar SSCs, documentos e configurações	75%		Classificação, identificação e codificação, Padronização de projetos, especificação de tolerância, GD&T, métodos de cálculos e normas, Sistemas CSM, CAD/CAE/CAM/CAOO, PDM/EDM (GED), PLM.
	2.3.3 Decidir fazer ou comprar SSCs	75%		Planilhas de cálculo, modelos de orçamentação, sistemas de cotação, sistemas de comunicação.
	2.3.4 Desenvolver fornecedores	75%		ERP/ SCM; Sistema de cotação; Sistema de comunicação.
	2.3.5 Planejar processo de fabricação e montagem	25%		Sistema CAPP (<i>Computer Aided Process Planning</i>), fórmulas e regras de fabricação, cartas de tolerância, CNC, Desenhos CAD, figuras, ilustrações, fotos, filmes, planos de inspeções, folha de instrução, CEP (Controle Estatístico do Processo).
	2.3.6 Projetar recursos de fabricação	25%		Projeto de fábrica - ferramental, máquinas e instalações.
	2.3.7 Avaliar SSCs, configuração e documentação do produto e processo	50%		Simulações CAE, CAT (<i>Computer Aided Tolerancing</i>), FMEA, Análise de falha, Realidade virtual; Análise de tolerância; Cálculos específicos; Análise experimental de tolerâncias; Planejamento de experimentos (DOE); Método Taguchi (Projeto Robusto); Prototipagem rápida, modelos analógicos, modelos icônicos.
	2.3.8 Otimizar produto e processo	0%	6º	CAT, DFA, FMEA, Métodos DFX.
	2.3.9 Criar material de suporte do produto	75%		Sistemas eletrônicos de edição, filmes, realidade virtual, outros.
	2.3.10 Projetar embalagem	75%		Análise da logística, projeto para embalagens e transporte.
	2.3.11 Planejar fim de vida do produto	0%	7º	DFE (<i>Design for Environment</i>), DFD (<i>Design for Desassembly</i>)
	2.3.12 Testar e homologar produto	75%		Garantia da qualidade, atendimento dos requisitos da ISO 9001.

4.2.8 Elaboração do plano de ação

Segundo Gil (2002), a pesquisa-ação se concretiza com o planejamento de uma ação destinada a enfrentar o problema que foi objetivo de investigação. Isso implica na elaboração de um plano ou projeto que indique quais os objetivos que se pretende atingir, a população a ser beneficiada, a identificação de medidas que podem contribuir para melhorar a situação, os procedimentos a serem adotados para assegurar a participação da população e incorporar suas sugestões e a determinação da forma de controle do processo e de avaliação de seus resultados. Para o caso da EPA, as ações de melhorias do PDP iniciaram-se nas atividades consideradas críticas e se procederam através da implantação de métodos de projeto, conforme mencionado anteriormente.

Como indicado no Quadro 4.6, existem diversas opções de métodos, técnicas e/ou ferramentas que podem atender a cada atividade considerada crítica no PDP da EPA. Dessa forma, para selecionar exatamente qual o método de projeto a ser utilizado a cada atividade crítica, foi levado em consideração o *know how* do pesquisador nos métodos pertencentes a cada uma das referidas atividades, já que ele seria o responsável pelo delineamento das implantações. Também se verificou que as atividades consideradas críticas e com alta prioridade de melhoria podem ser atendidas com a implantação de um único método de projeto. Por exemplo, as atividades 2.1.4 e 2.1.5 do Quadro 4.6 podem ser atendidas pelo método QFD, conforme suas potencialidades descritas no Capítulo 3.

Outro aspecto considerado na elaboração do plano de ação foi o interesse da empresa nas atividades consideradas como críticas em que se proporcionariam melhorias. Dessa forma, os profissionais da empresa mostraram interesse em priorizar as atividades relacionadas à definição dos requisitos dos clientes, definição dos requisitos de projeto e otimização do produto. Embora se tenha efetuada uma classificação das atividades consideradas como críticas (0% de atendimento) e adotados alguns critérios de desempate, a decisão sobre quais delas deveriam ser solucionadas primeiramente ficou por conta da gerência do setor de DP da EPA. A consideração desse aspecto foi importante, pois ajudou na tomada de decisões e proporcionou maior motivação dos profissionais da EPA; conseqüentemente se conseguiu maior apoio da gerência da empresa para a implantação dos métodos.

Portanto, em referência às atividades críticas priorizadas pelos profissionais, o *know how* do pesquisador sobre alguns dos métodos de projeto que procedem as referidas atividades e fato de que alguns métodos de projeto atendem mais que uma atividade do PDP, foi definido que os métodos QFD e FMEA fossem implantados na empresa. Em virtude do escopo e do tempo da pesquisa, outros métodos não puderam ser implantados no PDP da EPA para

atender ao restante das atividades identificadas como críticas. Eles ficaram como sugestões de melhoria para a empresa.

Também foi definido no plano de ação, com intuito de facilitar a implantação dos métodos, em qual projeto de produto os referidos métodos seriam utilizados. As características específicas ao projeto do produto em que os métodos foram aplicados não serão mencionadas no trabalho, a fim de preservar a estratégia da empresa. Apenas foi mencionado que se trata de um projeto de produto que necessitou aplicar todas as fases do PDP da EPA, já que a empresa também adota a estratégia de definir o escopo do projeto durante a fase de planejamento do projeto. Outros aspectos do plano de ação, relacionados ao planejamento e procedimentos adotados na implantação dos referidos métodos e à avaliação da implantação, serão apresentados no Capítulo 6.

4.2.9 Divulgação dos resultados

Esta etapa se procedeu da mesma forma que a realização do seminário; porém com a finalidade de divulgar os resultados obtidos nas etapas de coleta de dados, análise e interpretação dos resultados e elaboração do plano de ação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Percebeu-se por meio do estudo de campo que, embora os métodos de projetos estejam inseridos no PDP das empresas pesquisadas, o aspecto tempo tem dificultado a utilização contínua deles nas empresas e, em alguns casos, existem barreiras humanas e culturais que dificultam a disseminação dos conceitos e a aplicação dos métodos. A maior dificuldade na implantação dos métodos de projeto nas empresas é o fato delas não conhecerem os diferentes métodos existentes e suas potencialidades, e não saberem onde utilizar tais métodos em seus referidos processos de desenvolvimento de produtos. O estudo de campo nas empresas serviu como diretriz na implantação dos métodos de projeto na empresa da pesquisa-ação, no que se refere às problemáticas quanto à implantação e ao uso dos métodos de projeto na indústria.

Através da pesquisa-ação na empresa manufatureira de grande porte, foi possível identificar os principais problemas relacionados ao PDP da empresa por meio da comparação dele com o modelo de referência. Dessa forma, desenvolveu-se, como apresentado, o primeiro princípio e recomendação que oriente a implantação de métodos de projeto na indústria, relacionado à seleção do método adequado à situação da empresa.

O próximo capítulo apresentará todo o delineamento e principais resultados da implantação dos métodos QFD e FMEA no PDP da EPA.

CAPÍTULO 5

PROJETO DE IMPLANTAÇÃO DE MÉTODOS DE PROJETO NO PDP DA EMPRESA DA PESQUISA-AÇÃO

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Neste capítulo, serão descritos todos os procedimentos utilizados para a implantação dos métodos QFD e FMEA no PDP da empresa participante da pesquisa-ação, conforme definido no plano de ação do Capítulo 4.

Para a implantação dos métodos na EPA, foram considerados e observados aspectos obtidos no Capítulo 3, referentes aos conceitos e procedimentos básicos na aplicação dos métodos, razões e problemas quanto ao uso deles; e informações do Capítulo 4 sobre as dificuldades e barreiras quanto à implantação e ao uso dos métodos de projeto na indústria (resultados do estudo de campo e da fase exploratória da pesquisa-ação). Tais informações foram consideradas como premissas para implantação dos métodos na empresa, a fim de proporcionar um eficaz delineamento das atividades de implantação.

O termo “projeto de implantação de métodos” foi utilizado com a finalidade de demonstrar todo o planejamento, execução, avaliação, melhorias e padronização dos procedimentos utilizados na implementação dos devidos métodos no PDP da empresa. Dessa forma, como descrito no item 2.4 do Capítulo 2, propõe-se que as demonstrações da implantação dos métodos QFD ou FMEA sirvam de guia para trabalhos similares em outras organizações, podendo eles sofrer adaptações dos procedimentos e das atividades conforme as necessidades das entidades interessadas em utilizá-los.

Os procedimentos e as atividades de implantação dos métodos na empresa participante foram estabelecidos com base no estudo de diversos autores e pela analogia a esses conhecimentos, os quais serão apresentados quando da explanação da implantação dos referidos métodos. Os procedimentos considerados como genéricos foram apresentados como etapas da implantação dos métodos e basearam-se no ciclo de melhoramento contínuo, PDCA. Tais etapas podem ser visualizadas na Figura 5.1.

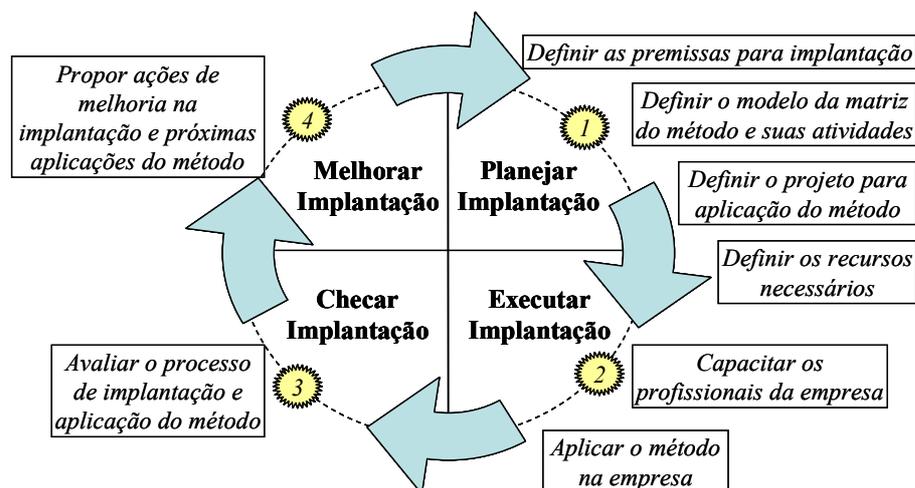


Figura 5.1. Etapas genéricas da implantação dos métodos de projeto na EPA (do autor).

A etapa de planejamento da implantação consiste em: definir as premissas para a implantação do método na empresa; estabelecer o modelo da matriz do método e suas principais atividades; o projeto para aplicação do método e os recursos necessários para implantação. A execução da implantação consiste em treinar a equipe e aplicar o método no projeto de produto da empresa conforme o planejamento. A etapa de checar a implantação consiste em avaliar a aplicação do método no projeto e sua inclusão na rotina de trabalho da empresa. A etapa de melhorar a implantação consiste em gerar recomendações e criar procedimentos padronizados para aprimorar a utilização e incentivar o uso contínuo do método na empresa.

Tanto o QFD, quanto o FMEA, durante o processo de implantação, foram aplicados em um mesmo projeto de produto, devido à disponibilidade de projetos na EPA e em função dos prazos da pesquisa. Informações específicas do projeto de produto e de determinados resultados da aplicação dos métodos não serão apresentadas no trabalho por solicitação da diretoria e atendimento à política interna da empresa da pesquisa.

5.1 PROJETO DE IMPLANTAÇÃO DO MÉTODO QFD

Conforme apresentado no Capítulo 4, o objetivo principal da implantação do QFD na EPA é proporcionar melhorias nas atividades de definição dos requisitos dos clientes e definição dos requisitos de projeto. Dentre as principais etapas do projeto de implantação do QFD na empresa, citam-se: (1) Planejamento da implantação do QFD; (2) Execução da implantação do QFD; (3) Controle da implantação do QFD; (4) Ações de melhorias na implantação do QFD; e, (5) Divulgação dos resultados da implantação. A seguir serão demonstrados todo o delineamento e os principais resultados dessas etapas.

5.1.1 Planejamento da implantação do QFD

A etapa de planejamento da implantação do QFD teve como objetivo definir os aspectos que possibilitassem a implantação com êxito do método na empresa. Nesse sentido, foram definidas: premissas para implantação do QFD; o modelo da matriz QFD e suas principais atividades; o projeto no qual o QFD seria aplicado durante sua implantação; e os recursos necessários para implantação dele na empresa. Tais aspectos foram designados como atividades da implantação e são descritas a seguir.

5.1.1.1 Definição de premissas para a implantação do QFD

As premissas para implantação do QFD são observações, cuidados, pontos críticos, fatores de sucesso e/ou recomendações que devem ser ressaltadas quando do uso ou implantação do método em uma empresa. Outro objetivo dessa definição foi possibilitar uma ação preventiva às dificuldades e barreiras quanto à implantação de métodos de projeto nas empresas, mencionadas no Capítulo 3 e Capítulo 4. A seguir, são apresentadas algumas das premissas consideradas durante o processo de implantação do QFD na EPA.

Gontijo (1995), em sua pesquisa sobre a implantação do QFD em uma organização, cita os seguintes possíveis pontos críticos que podem gerar erros na aplicação desse método:

1. O relacionamento entre a necessidade do cliente e o objetivo da empresa a ser atingido, pois a necessidade do cliente pode ser expressa verbalmente e expressa não verbalmente;
2. A transformação das necessidades em requisitos. É importante definir e distinguir o que são necessidades do que são requisitos;
3. Definir os índices (pesos) dos requisitos dos clientes, considerado um dos principais pontos de possibilidade de erro, pois tais índices são definidos pelo cliente e tem um caráter multiplicativo que influencia na correlação da matriz principal do QFD.

Carnevali *et al.* (2004) realizaram uma pesquisa de campo exploratória nas quinhentas maiores empresas brasileiras por faturamento distribuídas por todo o território nacional que tinham conhecimento, usavam, estavam implementando ou tinham planos de implementar o QFD. Dentre os aspectos mais importantes para o sucesso na implantação do QFD, identificados pelos autores, citam-se:

1. Ter apoio da alta gerência;
2. Analisar e interpretar as informações e resultados adequadamente;
3. Conduzir a pesquisa de mercado eficaz;

4. Proporcionar um treinamento adequado.

Cheng *et al.* (1995) também definem os seguintes fatores de sucesso na implantação do QFD em uma empresa:

1. Efetuar um bom treinamento dos membros da equipe que irão participar do processo de implantação do QFD;
2. Escolher os produtos em que o QFD será desenvolvido no processo de implantação;
3. Escolher a equipe e um bom líder para implantação do método;
4. Definir as responsabilidades e autoridade para executar e coordenar as atividades de implantação do QFD;
5. Concentrar esforços em poucos grupos, ou seja, sugere-se que somente poucas equipes (ou mesmo uma equipe) estejam envolvidas no processo de implantação do QFD.

As ações e os resultados gerados na utilização das premissas em cada uma das atividades de implantação do QFD na EPA serão apresentados a seguir.

5.1.1.2 Definição do modelo da matriz QFD e suas principais atividades

Em referência aos procedimentos e conceitos sobre a aplicação do QFD apresentados no Capítulo 3 e aos objetivos da implantação do método na EPA, o modelo da matriz QFD utilizado na implantação foi o Modelo das Quatro Fases; destas, foi utilizada a Casa da Qualidade. Do modelo da Casa da Qualidade do QFD, recomendado por Fonseca (2000) e apresentado no Capítulo 3, os campos selecionados para serem utilizados inicialmente pela EPA estão representados pela Figura 5.2.

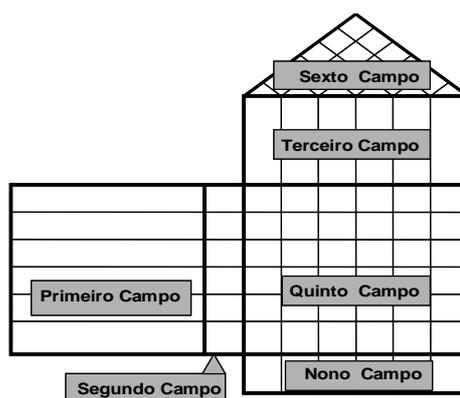


Figura 5.2. Campos do QFD, Casa da Qualidade, utilizados na EPA (adaptado de Fonseca, 2000).

Percebe-se que nem todos os campos do QFD foram definidos para serem implantados na empresa. Isso ocorreu em função da EPA já dispor de outros métodos ou técnicas para obter os resultados relativos a alguns dos campos do QFD. Outro aspecto é que os campos inicialmente selecionados são os que representam a principal função e objetivos do método

QFD, não comprometendo, assim, sua aplicação. Com isso, suponha-se que, reduzindo-se a quantidade de atividades, reduz-se o comprometimento da equipe e a quantidade de informações a serem geradas, tornando mais fácil a tarefa de implantar um método de projeto.

Assim, nota-se que o referido método foi adaptado à empresa a fim de atender aos objetivos dela e facilitar a implantação dele, sem comprometer a função principal. De forma a aproveitar a total potencialidade do método, ou seja, de utilizá-lo de forma completa, sugeriu-se como ação futura a inclusão dos outros campos da matriz QFD (Casa da Qualidade) na empresa. Esse momento acontecerá quando a equipe possuir um *know how* sobre o método.

Para preencher os devidos campos selecionados e obter resultados na aplicação do QFD (Casa da Qualidade), foi necessário definir algumas atividades. Dentre elas, destacam-se:

1. Estudo informativo do problema de projeto do produto;
2. Definição dos clientes, ciclo de vida e atributos do produto;
3. Planejamento para a coleta das necessidades dos clientes;
4. Coleta e definição das necessidades dos clientes;
5. Conversão das necessidades dos clientes em requisitos dos clientes;
6. Definição dos índices dos requisitos dos clientes;
7. Conversão dos requisitos dos clientes em requisitos de projeto;
8. Montagem da matriz do QFD (Casa da Qualidade);
9. Execução da matriz principal do QFD (Casa da Qualidade);
10. Hierarquização dos requisitos de projeto segundo o grau de importância;
11. Execução da matriz do telhado da Casa da Qualidade.

Posteriormente, os requisitos de projeto foram dispostos em uma matriz chamada de Especificação de Projeto do Produto, que possui como objetivo demonstrar melhor a hierarquia e caracterizar os requisitos do produto, a fim de facilitar a posterior aplicação deles e garantir que os resultados do QFD sejam bem visualizados. Assim, chega-se a hipótese de que a implantação de um método pode estimular a implantação de outros métodos, técnicas ou ferramentas de projeto, sejam eles de forma a apoiar a execução ou facilitar a divulgação dos resultados do primeiro.

5.1.1.3 Definição do projeto para aplicação do método

O projeto de produto no qual o FMEA foi aplicado durante o processo de implantação foi de um novo produto (equipamento para o tratamento de ar comprimido) e envolveu todas as atividades e fases do PDP da EPA.

5.1.1.4 Definição dos recursos necessários

Essa atividade consistiu em definir os recursos necessários para aplicação e implantação do método QFD (Casa da Qualidade) na empresa. Eles foram divididos em humanos e materiais e encontram-se descritos a seguir.

a. Definição dos recursos humanos

Os recursos humanos necessários para delinear as atividades de implantação do QFD na empresa, assim como suas atribuições, foram:

- **O coordenador da implantação**, responsável pelo delineamento de todas as atividades de implantação, em dar suporte aos profissionais na etapa de execução da implantação e em organizar os dados obtidos na aplicação do QFD. Esse cargo ficou sob responsabilidade do pesquisador, em função de seu domínio conceitual do método.
- **A equipe de projeto**, composta pelo coordenador do projeto, projetistas e outros profissionais dos departamentos da empresa que participavam no referido projeto. O coordenador do projeto foi responsável em delegar atribuições, liderar a equipe, organizar os resultados e avaliar a aplicação e implantação do QFD. Os projetistas e demais profissionais foram responsáveis pela execução das atividades do QFD e pela avaliação da aplicação e implantação do QFD.

Maiores detalhes sobre os recursos humanos e suas atribuições específicas a cada uma das atividades do QFD serão apresentados na etapa de execução da implantação.

b. Definição dos recursos materiais e financeiros

Para a implantação do QFD na EPA, foram necessários os seguintes recursos materiais:

- **Sistema computacional** para a execução, formalização e divulgação dos resultados das atividades do QFD. Como as atividades do método foram definidas em função da real necessidade da empresa e em virtude de, inicialmente, a empresa não mostrar interesse em investir em um *software* específico ao método, o QFD foi executado via o *software Microsoft Excel*;
- **Materiais didáticos** para treinar os profissionais e auxiliá-los na execução das atividades do método. Tais materiais foram elaborados pelo coordenador da implantação do método em forma de apostila contendo a apresentação do método.

Outros recursos que apoiaram as etapas de implantação do método não foram contabilizados em função da empresa disponibilizar seus recursos humanos, materiais e de auxílio financeiro ao pesquisador para o delineamento de todas as etapas de implantação.

5.1.2 Execução da implantação do QFD

A etapa de execução da implantação do QFD foi dividida em duas fases: **capacitação dos profissionais** da empresa e **aplicação do QFD** na empresa. Essas serão descritas a seguir.

5.1.2.1 Capacitação dos profissionais

A fase de capacitação consistiu na realização de um treinamento dos profissionais que participariam da implantação do QFD na empresa. Conforme descrito nas premissas, o treinamento é considerado um fator de sucesso para a implantação do método, e deve ser adequado à implantação a fim de possibilitar um bom aprendizado dos profissionais sobre o método. Sendo assim, foram estabelecidas algumas ações e aspectos no treinamento.

Um dos primeiros aspectos considerados no treinamento foi o material didático. Ele deveria conter informações essenciais e suficientes para o aprendizado do QFD a ser executado na empresa. Dessa forma, os principais tópicos mencionados no treinamento foram:

- a. Definição e conceitos fundamentais sobre o QFD;
- b. Aplicação e benefícios do QFD – importância da voz do cliente no PDP;
- c. Procedimentos gerais para a execução do QFD – estrutura e etapas;
- d. Definição clara do modelo e das atividades do QFD a ser utilizado pela empresa;
- e. Exemplo de aplicação do QFD.

O treinamento se procedeu de forma concisa, específica e direta aos profissionais, a fim de facilitar o aprendizado e não se tornar uma atividade fadigosa. As atividades do método a serem aplicadas no projeto de produto foram definidas de forma clara aos profissionais que seriam os responsáveis pela execução na empresa. A capacitação dos profissionais se estendeu durante a etapa de execução do QFD na empresa para sanar algumas dúvidas referentes aos conceitos e ao delineamento das atividades de aplicação do método.

5.1.2.2 Aplicação do QFD na empresa

Essa fase consistiu na aplicação prática do QFD em um projeto de produto da empresa. Tal aplicação possuiu como objetivo facilitar a implantação do método, no sentido de mostrar, na prática, a importância dele para o processo de desenvolvimento de produtos da empresa.

Os principais conceitos utilizados na aplicação do QFD (Casa da Qualidade) foram obtidos em Fonseca (2000). A seguir será apresentado o delineamento das atividades do QFD definidas na etapa de planejamento da implantação. Alguns dos resultados de cada atividade não serão apresentados por solicitação da diretoria da empresa.

a. Estudo informativo do problema de projeto do produto

O estudo informativo do problema de projeto do produto teve como objetivo interagir os profissionais com as informações pertinentes ao produto a ser desenvolvido e possibilitar uma aplicação do QFD (Casa da Qualidade) com êxito. Dentre as principais tarefas executadas no estudo informativo do problema de projeto do produto na empresa, citam-se:

- Análise do problema de projeto é a definição dos dados do estudo de *marketing* prévio (desejos explícitos, descrição do problema de projeto, objetivos, metas, restrições); definição do tipo de produto (bens de capital, bens de consumo, outros); tipo de projeto (projeto de desenvolvimento, projeto original, projeto adaptativo ou reprojeto); volume planejado de fabricação e tipo de produção (produção individual ou personalizada, produção de pequena série, produção em série e produção massiva); desejos explícitos expostos no problema de projeto; e restrições do projeto ou do produto (normas);
- Procura das informações necessárias para o trabalho de projeto, tais como: patentes sobre o produto que vai ser projetado, tecnologias e métodos de fabricação disponíveis e informação sobre produtos similares;
- Definição dos produtos concorrentes.

Tal estudo informativo teve influência direta em todas as outras atividades de aplicação do QFD e auxiliou na definição dos clientes, atributos do produto, no planejamento e coleta das necessidades dos clientes.

b. Definição dos clientes, ciclo de vida e atributos do produto

Segundo Fonseca (2000), existem três categorias de clientes: internos, intermediários e externos. A identificação dos clientes foi fundamental para definição das necessidades. Dessa forma, na aplicação do QFD no projeto da empresa, os principais clientes definidos foram:

- Departamento de produtos, manufatura, qualidade e engenharia de custos, como clientes internos;
- Usuários, consumidores dos produtos e assistência técnica; como clientes externos;
- Departamento de compras, vendas e distribuidores; como clientes intermediários.

O ciclo de vida do produto foi definido em relação ao tipo do produto projetado; tipo de projeto a ser executado; a escala de produção; características funcionais, de uso e manuseio do produto; as possibilidades de serviços de manutenção; e a filosofia de desativação, reciclagem

ou descarte. Uma visão geral dos clientes e do ciclo de vida e desenvolvimento do produto utilizado na aplicação do QFD na empresa é verificada na Figura 5.3.

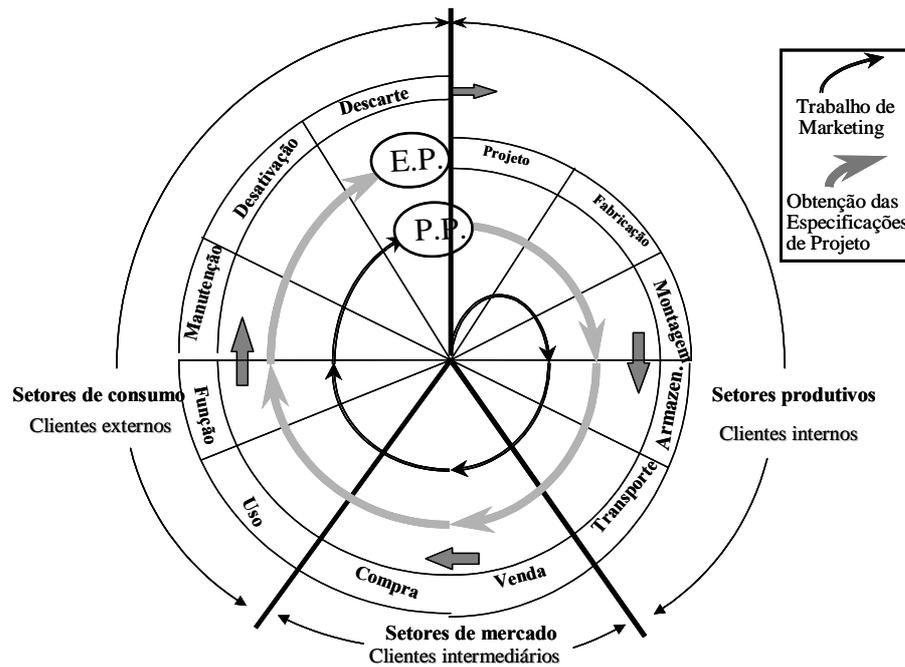


Figura 5.3. Visão geral dos clientes envolvidos no ciclo de vida e desenvolvimento do produto (Fonseca, 2000).

Os principais atributos do produto utilizados na aplicação do QFD na empresa são representados pela Figura 5.4.

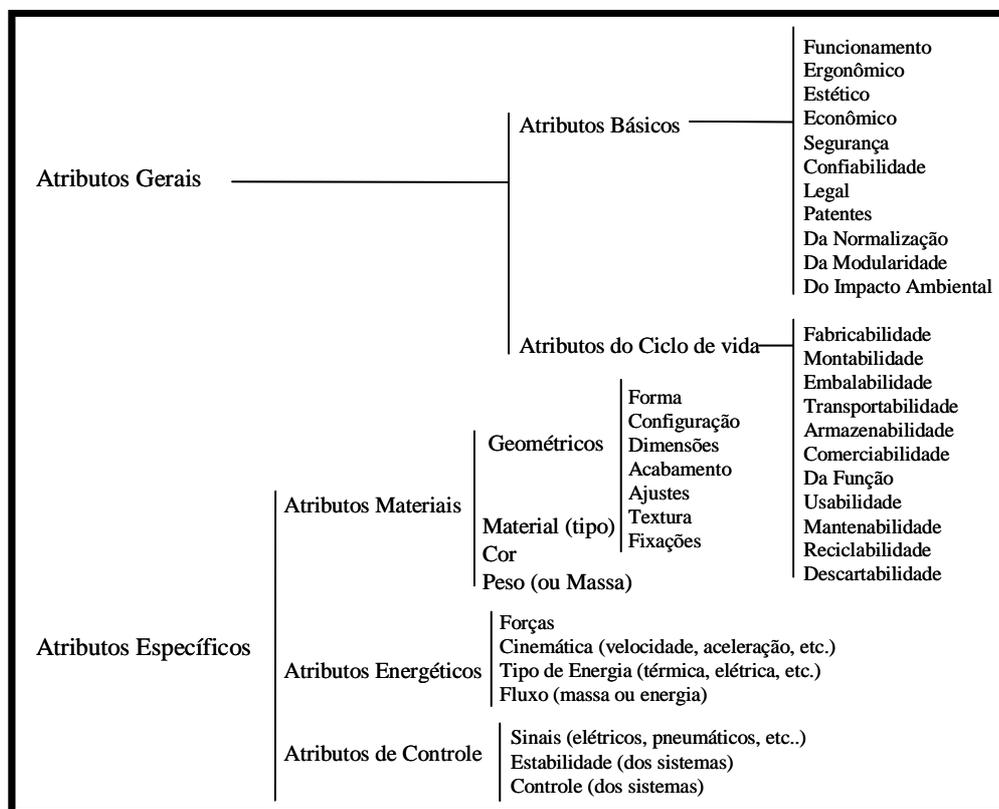


Figura 5.4. Resumo dos atributos do produto considerados na aplicação do QFD (Fonseca, 2000).

c. Planejamento para a coleta das necessidades dos clientes

O planejamento para coleta das necessidades dos clientes se procedeu através da elaboração de questionários estruturados aos clientes do produto (internos, intermediários e externos), em referência ao ciclo de vida e atributos do produto. Elaborados os questionários, foram definidas e agendadas as entrevistas e visitas aos clientes envolvidos ao longo do ciclo de vida do produto da empresa.

d. Coleta e definição das necessidades dos clientes

A coleta das necessidades dos clientes do projeto da empresa se procedeu através da realização de entrevistas, visitas e aplicação dos questionários estruturados aos clientes. O coordenador do projeto de produto e o coordenador da implantação do QFD na empresa foram os responsáveis pela coleta das necessidades dos clientes. A participação do coordenador do projeto na coleta das necessidades dos clientes foi fundamental, pois ele verificou, na prática, a importância dessa (em ouvir os clientes) e, conseqüentemente, a importância da implementação do QFD no PDP da empresa.

Executadas as entrevistas e visitas, os dados originais da pesquisa, também chamados de vozes dos clientes, foram formalizados e agrupados segundo os atributos gerais do produto (básicos e do ciclo de vida), para serem interpretados como necessidades dos clientes.

Caso não fosse possível o trabalho de campo com os clientes, Fonseca (2000) sugere a identificação das necessidades deles pela equipe de projeto, a qual define tais necessidades baseada nos trabalhos anteriores de *marketing*, na experiência dos projetistas, em *check-list* ou nos atributos do produto, usando, em qualquer caso as informações obtidas pelo trabalho precedente de captação de informações.

Posteriormente, as necessidades dos clientes foram classificadas e sintetizadas segundo as fases do ciclo de vida de procedência. Os principais resultados dessa atividade foram: uma lista das vozes dos clientes, o agrupamento e classificação das necessidades dos clientes.

e. Conversão das necessidades dos clientes em requisitos dos clientes

Para a tradução das necessidades em requisitos dos clientes do projeto da empresa, foi utilizado o seguinte conceito, segundo Fonseca (2000): todo o requisito de cliente é uma frase curta composta pelos verbos ser, estar ou ter, seguida de um ou mais substantivos. Por exemplo, se um cliente expressa que o produto deve possuir massa suficiente para garantir um produto pesado (por exemplo, o projeto de um âncora), o requisito de usuário seria “ter peso grande”. Caso o requisito de cliente não seja uma frase composta pelos verbos ser, estar ou

ter, seguida de um ou mais substantivos, ele denotará, nesse caso, uma possível função do produto. A Figura 5.5 mostra tal processo de transformação.

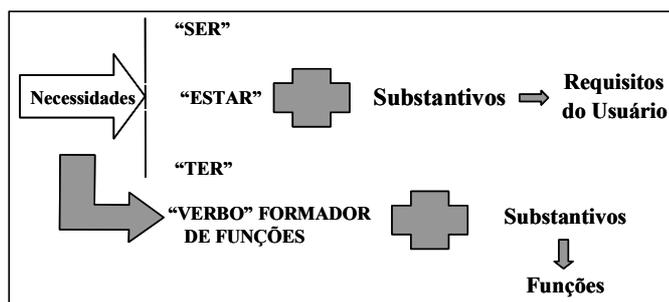


Figura 5.5. Conversão de necessidades em requisitos de usuário (adaptado de Fonseca, 2000).

A conversão das necessidades em requisitos dos clientes foi efetuada pelo coordenador do projeto de produto da empresa e pelo coordenador da implantação do QFD na empresa. Os resultados dessa fase formaram uma lista de requisitos dos clientes e uma lista das prováveis funções do produto.

f. Definição dos índices dos requisitos dos clientes

Conforme explanado nas premissas de implantação, a definição dos índices dos requisitos dos clientes é um dos pontos de maior possibilidade de erro durante a aplicação do método. Dessa forma, visando melhorar tal situação, tais índices foram definidos, para o caso da empresa, em referência à média aritmética entre dois pesos. O primeiro peso trata-se do número de citações da voz do cliente equivalente a cada requisito do cliente, conforme apresentado no Quadro 5.1.

Quadro 5.1. Escala do número de citações da voz do cliente equivalentes a cada requisito do cliente (do autor).

Número de citações	Peso	Número de citações	Peso
Uma citação	1	Seis citações	6
Dois citações	2	Sete citações	7
Três citações	3	Oito citações	8
Quatro citações	4	Novo citações	9
Cinco citações	5	Mais que dez citações	10

O segundo, refere-se ao peso atribuído aos atributos do produto equivalentes aos requisitos do cliente. Na etapa de coleta das necessidades, os clientes avaliaram os principais atributos do produto numa escala de 0 a 10. Tal avaliação foi utilizada por equivalência na ponderação dos requisitos do cliente. Um exemplo disso pode ser visto no Quadro 5.2.

Portanto, por exemplo, se o requisito “ser seguro” foi citado pelos clientes oito vezes e os clientes ponderaram o atributo “segurança do produto” com peso 10, o índice do requisito do cliente “ser seguro” ficou com peso 9, ou seja, a média aritmética entre o peso 8, das oito

Após a conversão, os requisitos de projeto foram compilados, agrupados e sintetizados segundo os atributos básicos do produto. O resultado dessa atividade foi uma lista dos requisitos de projeto, a qual foi aprovada pelo coordenador do projeto. Participaram da conversão dos requisitos dos clientes em requisitos de projeto a equipe do projeto de produto da empresa (coordenador e projetistas) e o coordenador da implantação do QFD.

h. Montagem da Matriz QFD (Casa da Qualidade)

Identificados, sintetizados e aprovados todos os requisitos dos clientes, os requisitos do projeto e os índices dos requisitos dos clientes, a montagem da matriz QFD consistiu na disposição de tais informações nos campos da matriz QFD, a fim de representar graficamente a Casa da Qualidade. Para a montagem da matriz, foi utilizado o *software Microsoft Excel*.

i. Execução da matriz principal do QFD

Essa etapa de execução do QFD consistiu no preenchimento do quinto campo da Casa da Qualidade, ou seja, foi realizada a avaliação dos requisitos dos clientes *versus* requisitos de projeto. Tal avaliação se procedeu de maneira similar à literatura de Akao (1990), Cheng *et al.* (1995) e Fonseca (2000). Para o caso em questão da implantação do método na empresa, participaram dessa avaliação os envolvidos com o projeto em que o QFD foi aplicado, ou seja, o coordenador do projeto, dois projetistas, um representante do setor de qualidade, um representante do setor de processo e manufatura e o gerente do departamento da empresa.

Para a avaliação dos requisitos de cliente *versus* requisitos de projeto, foi utilizada a escala apresentada pela Figura 5.6 que representa o grau de relacionamento entre o requisito de cliente e o requisito de projeto.

Grau de Relacionamento	
Requisitos dos Clientes X Requisitos de Projeto	
<input type="checkbox"/>	5 Forte
<input type="checkbox"/>	3 Médio
<input type="checkbox"/>	1 Fraco
<input type="checkbox"/>	0 Nulo
<input type="checkbox"/>	Em Branco

Figura 5.6. Grau de relacionamento entre requisito de cliente e requisito de projeto (do autor).

O peso 5 significa que o relacionamento entre um requisito do cliente e o requisito de projeto é forte, por exemplo, “ser compacto” *versus* “dimensões do produto”; o peso 3 indica que tal relacionamento é médio, por exemplo, “ser compacto” *versus* “formato dos componentes”; o peso 1 significa que o relacionamento é fraco, por exemplo, “ter baixo nível

de ruído” *versus* “vida útil do produto”; e o peso 0 significa que o relacionamento entre o requisito dos clientes com o requisito de projeto é nulo, por exemplo, “ser compacto” *versus* “cor do produto”. A opção “em branco” foi utilizada caso o avaliador não tivesse habilidades e competências técnicas e conceituais suficientes para responder tal relacionamento, ou seja, não possuísse certeza do real peso que deveria adotar para o relacionamento entre requisito de cliente e requisito de projeto. Tal opção teve como objetivo evitar respostas errôneas que poderiam trazer falsos resultados na avaliação da matriz principal do QFD, comprometendo, assim, a validade dos resultados do projeto.

Para facilitar o preenchimento da matriz principal do QFD, o coordenador do projeto juntamente com o coordenador da implantação, realizaram um pré-relacionamento entre todos os requisitos, a fim de eliminar os relacionamentos já considerados nulos (por exemplo, ser resistente *versus* cor do produto). O objetivo desse pré-relacionamento foi reduzir o tempo de preenchimento da matriz principal. Tais relacionamentos considerados como nulos foram incluídos na matriz principal antes da equipe do projeto preenchê-la.

Antes de iniciar a execução da matriz principal do QFD, foram explanados todos os procedimentos aos participantes dessa atividade. A avaliação se procedeu de forma independente, ou seja, cada participante preencheu uma matriz principal. O objetivo da avaliação individual foi ganhar tempo no preenchimento da matriz, devido à falta de consenso nas avaliações em grupo e a dificuldade em reuni-lo; e, evitar que opiniões importantes sejam inibidas pelo grupo. Após o preenchimento das diversas matrizes por diferentes participantes no projeto, os dados obtidos foram dispostos em uma única matriz, por meio da média aritmética entre cada um dos relacionamentos, formando, assim, a matriz principal do QFD.

j. Hierarquização dos requisitos de projeto segundo o grau de importância

O principal resultado do QFD é a hierarquização dos requisitos de projeto, que servirá de base para a formulação posterior das especificações de projeto. A hierarquização ou classificação desses requisitos ocorreu de forma decrescente à pontuação obtida em cada requisito de projeto. Tal pontuação originou do cálculo entre o grau de relacionamento da matriz principal e os índices dos requisitos dos clientes, ou seja, consistiu num somatório do produto entre a avaliação da matriz principal (grau de relacionamento) e cada índice aplicado aos requisitos dos clientes, conforme procedimento apresentado no Capítulo 3.

k. Execução da matriz do telhado da Casa da Qualidade

Essa atividade consistiu no preenchimento do sexto campo da matriz QFD, onde foi avaliado o tipo de relacionamento entre os próprios requisitos de projeto. O principal

resultado dessa avaliação é a identificação dos requisitos de projetos conflitantes em meta, por exemplo, “aumentar a vida útil do produto” é conflitante com “redução do custo do produto”.

Relacionamento entre os Requisitos de Projeto	
3	Fortemente Positivo
1	Positivo
0	Nulo
-1	Negativo
-3	Fortemente Negativo

Figura 5.7. Tipo de relacionamento entre os requisitos de projeto (do autor).

O preenchimento do telhado da Casa da Qualidade foi realizado pela equipe do projeto em que o QFD foi aplicado durante a implantação na empresa. Para a execução da matriz do telhado, também chamada de teto da Casa Qualidade, foi utilizada a escala apresentada pela Figura 5.7, que representa o tipo de relacionamento existente entre os requisitos do projeto.

O peso 3 significa que o relacionamento entre os requisitos de projeto analisados é “fortemente positivo”, por exemplo, aumentando o requisito “vida útil do produto” aumentará fortemente o requisito “confiabilidade do produto”, ou vice-versa; o peso 1 significa que o relacionamento entre os requisitos de projeto analisados é “positivo”, ou seja, como no exemplo anterior; porém o relacionamento é menor. O peso -1 e o peso -3 indicam que o tipo de relacionamento entre os requisitos de projeto é negativo ou conflitante em meta como, por exemplo, para o peso -3 em que, aumentando o requisito “confiabilidade do produto”, “aumentará o custo do produto”, sendo o objetivo reduzir o custo do produto.

I. Elaboração da matriz das Especificações de Projeto do Produto (EPP)

Para Fonseca (2000), existe uma diferença entre requisitos de projeto e especificações de projeto. Os requisitos de projeto são expressões mensuráveis de atributos específicos do produto que ainda não definem os alvos a serem atingidos durante o projeto, nem definem objetivos concretos, menos ainda as restrições que devem atender. Dentro do contexto da pesquisa, a matriz de EPP objetivou facilitar a implantação do método QFD na empresa, ou seja, demonstrar de forma mais clara a hierarquia dos requisitos de projeto.

Para o caso da aplicação e implantação do QFD na EPA, também foram utilizados aspectos relacionados ao percentual de participação de cada requisito, as ações que a equipe de projeto deve cumprir e o atendimento das ações durante o desenvolvimento do projeto (*checklist*). Um exemplo da matriz de EPP utilizada na implantação do QFD na EPA é apresentado no Quadro 5.4.

Quadro 5.4. Matriz de Especificação de Projeto do Produto utilizada na EPA (do autor).

Class.	Potuação	Participação do requisito		Requisitos de projetos	Metas / objetivos	Sensor	Saídas indesejáveis	Ações da equipe de projeto	Atendimento / checklist das ações		
		%	% Ac.						Sim	Não	Por quê
1	612	5,4%	5,4%	Confiabilidade do produto	Ausência de falhas no regime de trabalho normal e dentro do prazo definido em projeto	Nº de falhas no período estipulado em projeto	Apresentar falhas antes do período determinado em projeto	- Proteção do circuito elétrico da unidade - Dimensionamento da capacidade 10% acima da calculada			
2	590	5,2%	10,6%	Custo objetivo do produto	Preço de venda 15% inferior ao preço atual dos produtos concorrentes	Definição do preço a partir das definições de custos	Preço de venda estimado acima do limite estipulado no início do projeto	- Desenvolvimento de fornecedores alternativos - Intercambiabilidade de peças entre modelos			
3	578	5,1%	15,7%	Vida útil do produto	Mínima 05 anos Máxima 08 anos	Controle da vida estimada dos componentes	Não atender de forma econômica os requisitos de desempenho antes da mínima vida útil especificada	- Especificação de componentes com vida útil mínima definida para condições definidas de funcionamento			
4	556	4,9%	20,6%	Índice de desempenho e eficiência do produto	Atender às normas ISO xxxx, classe x.x	Teste de desempenho em condições controladas	Desempenho em desacordo com os parâmetros das normas ISO xx, classe x.x	Dimensionamento da capacidade 10% acima da calculada			
.	.	.	.	-	-	-	-	-			
x	y	w %	100,0%	-	-	-	-	-			

Como em muitos dos casos fica impossível atingir as metas de todos os requisitos de projeto devido aos limites de custo e de tempo, a EPA selecionou o grupo de requisitos com percentual acumulativo de 75% para serem atingidos ao longo do projeto. Tal percentual acumulativo de participação dos requisitos foi escolhido segundo os interesses da EPA e poderia variar segundo os limites do projeto.

Após o preenchimento da matriz das Especificações de Projeto do Produto, a aplicação do método QFD no referido projeto de produto da EPA se encerrou. A seguir, será apresentado o controle da implantação do QFD na EPA, o qual consistiu de uma avaliação das informações obtidas na aplicação do método e de uma avaliação do processo de implantação.

5.1.3 Controle da implantação do QFD

O controle da implantação do QFD consistiu em duas avaliações, uma do processo de implantação e a outra da importância da implantação do referido método no PDP da EPA, onde foi avaliada a importância das informações obtidas da aplicação do método no referido projeto da EPA. Os principais resultados das avaliações estão descritos a seguir.

5.1.3.1 Avaliação do processo de implantação do método QFD no PDP da EPA

A avaliação do processo de implantação do QFD no PDP da EPA se procedeu por meio da aplicação de um questionário ao coordenador do projeto e ao gerente do DPRD. Tal questionário encontra-se no [Apêndice 6](#). Os principais resultados obtidos dessa avaliação são apresentados no Quadro 5.5 e Quadro 5.6.

Verifica-se, através do Quadro 5.5, que os procedimentos utilizados para a implantação do método QFD atenderam, quase por totalidade (média 4), às expectativas da EPA.

Quadro 5.5. Resultados da avaliação do processo de implantação do QFD na EPA (do autor).

Aspecto avaliado		Peso					
		1	2	3	4	5	
Estrutura e modelo de QFD	<i>Inadequado</i>				X		<i>Adequado</i>
Objetivos estabelecidos	<i>Inadequados</i>					X	<i>Adequados</i>
Atendimento dos objetivos	<i>Não atendeu</i>				X		<i>Plenamente</i>
Qualidade das informações obtidas	<i>Ruim</i>				X		<i>Ótima</i>
Atendimento das expectativas	<i>Não atendeu</i>				X		<i>Plenamente</i>
Tempo utilizado na implantação	<i>Inadequado</i>				X		<i>Adequado</i>

Referente ao tempo necessário para a implantação do QFD na referida empresa, o mesmo foi caracterizado segundo as principais etapas do projeto de implantação. Portanto, o tempo consumido durante todo o processo de implantação do QFD na EPA foi:

- Planejamento da implantação: 12 dias úteis, sendo, 7 dias para definição das premissas, 3 dias para definição do modelo do método e 2 dias para a definição do projeto e recursos necessários para a implantação;
- Execução da implantação: 38 dias úteis, sendo, 3 dias para a capacitação dos profissionais e 35 dias para a aplicação do QFD no projeto de produto da empresa. Tais dias úteis foram distribuídos em 2 meses.
- Controle da implantação: 2 dias úteis. Nestes 2 dias também foram definidas as ações de melhoria na implantação do QFD.

Dentre as principais contribuições do método QFD para empresa, mostradas no Quadro 5.6, citam-se: o aumento do relacionamento da equipe de projeto com os clientes (internos, intermediários e externos), a facilidade de identificação das necessidades dos clientes e o fácil controle das ações no projeto.

Outro aspecto importante mencionado e interpretado pelos responsáveis foi que o processo de implantação do QFD na empresa consistiu numa aplicação em um dos projetos e implementação deste no PDP. Os envolvidos também mencionaram que o QFD deve ser aplicado na empresa em projetos originais e na fase de projeto conceitual.

A principal dificuldade enfrentada e mencionada durante o processo de implantação do QFD na empresa, conforme o Quadro 5.6, foi em reunir a equipe do projeto para execução das etapas do método. Isso aconteceu pelo fato dos projetistas estarem empenhados em outras atividades do projeto. Desse modo, foi sugerido como melhoria para futuras aplicações do QFD na empresa a utilização de formas alternativas para coleta dos dados, desde as necessidades dos clientes até a fase de execução da matriz principal do QFD, fazendo com que a execução de tais atividades faça parte do PDP da empresa.

Quadro 5.6 Resultados da avaliação do processo de implantação do QFD na EPA (do autor).

Aspectos avaliados	Descrição dos resultados / contribuições / sugestões
1 Contribuições do método QFD para a empresa	- As atividades da equipe são orientadas para atingir as metas dos requisitos de maior pontuação; - Proporciona melhor controle das ações de projeto; - Permite uma compreensão das prioridades entre os requisitos de projeto baseados em dados, o que deu mais segurança no momento do atendimento desse requisito; - Aumentou o relacionamento/troca de informações entre os demais departamentos da empresa.
2 Como as atividades do método QFD desenvolvidas na empresa foram interpretadas?	Como uma aplicação em um dos projetos e implementação no PDP da empresa.
3 Tipo de projeto na empresa no qual o QFD deve ser aplicado	Em projetos originais (na fase de projeto conceitual, antes do início do detalhamento).
4 Importância em implementar o QFD no PDP da empresa	No momento não há técnica na empresa que traduza as necessidades dos clientes em requisitos de projeto.
5 Dificuldades quanto à aplicação do método QFD na empresa	Atraso na execução de algumas atividades devido que a equipe do projeto estava envolvida em outras atividades do projeto.
6 Sugestões para futuras aplicações do método QFD na empresa	Desenvolver formas alternativas para a coleta de dados, tornando o QFD parte do PDP da empresa.
7 A empresa está em condições de aplicar novamente o método QFD em outro projeto?	Sim, pois foram obtidos diversos conceitos e observações que podem ser utilizados numa próxima aplicação do QFD na empresa.

Outro aspecto importante mencionado foi que a referida empresa obteve diversos conceitos e observações que a permitiriam aplicar novamente o método QFD em seus projetos. De forma geral, percebeu-se que os conceitos e a necessidade de aplicação do método QFD foram inseridos na empresa, validando, assim, sua implantação.

5.1.3.2 Avaliação da importância na implantação do QFD na EPA

Essa etapa consistiu em validar a importância da aplicação do QFD na EPA. Tal validação se procedeu através da avaliação das informações obtidas, onde os requisitos de projeto foram avaliados segundo o risco deles receberem prioridades inadequadas pelos projetistas caso não fosse aplicado o QFD no projeto de produto da empresa. Os riscos foram divididos em três níveis, sendo eles: alto, médio e baixo risco. A Figura 5.8 mostra o modelo da matriz de avaliação da aplicação do QFD na empresa.

A matriz de avaliação foi preenchida pela equipe do referido projeto, ou seja, pelo coordenador e projetistas. Tal avaliação também mostrou o impacto da aplicação do método no referido projeto de produto da empresa. O principal resultado obtido na avaliação da aplicação do QFD no projeto da EPA foi o seguinte:

- **50,6%** dos requisitos de projeto apresentaram **alto risco** de serem priorizados de forma inadequada caso o QFD não fosse aplicado no projeto da empresa;
- **24,1%** dos requisitos de projeto apresentaram **médio risco** de serem priorizados de forma inadequada caso o QFD não fosse aplicado no projeto da empresa;
- **25,3%** dos requisitos de projeto apresentaram **baixo risco** de serem priorizados de forma inadequada caso o QFD não fosse aplicado no projeto da empresa.

Avaliação da importância da aplicação do QFD				
Class.	Requisitos de Projeto	Qual o risco deste requisito de projeto ter recebido uma prioridade inadequada caso não fosse aplicado o método QFD?		
		Alto	Médio	Baixo
1	"Requisito de projeto x"	x		
2	"Requisito de projeto y"	x		
3	"Requisito de projeto z"		x	
4	"Requisito de projeto w"	x		
5	"Requisito de projeto t"			
6	"Requisito de projeto u"			x
.	-	-	-	-
.	-	-	-	-
.	-	-	-	-
n	"Requisito de projeto abc"	-	-	-
		Σ (alto)	Σ (médio)	Σ (baixo)
		% (alto)	% (médio)	% (baixo)
		50,6%	24,1%	25,3%

Figura 5.8. Modelo da matriz de avaliação da aplicação do QFD na EPA (do autor).

A equipe do projeto mencionou que até o devido momento o processo de obtenção dos requisitos de projeto era uma atividade complicada e obscura nos projetos de produtos da empresa. Com o uso do o método QFD, tal definição se tornou mais clara, facilitando, assim, o desenvolvimento de projetos segundo as expectativas desejadas pelos clientes.

Após a avaliação, a equipe do referido projeto percebeu a fundamental importância da aplicação do QFD na empresa. Através dessa real importância, e em virtude das deficiências do PDP da EPA, tal avaliação ajudou no processo de implantação do método e fez com que o gerente do departamento de projetos da EPA aprovasse tal necessidade de melhoria.

5.1.4 Ações de melhorias da implantação do QFD

Essa etapa consistiu em propor ações de melhorias aos procedimentos utilizados durante a implantação e aplicação do método QFD na empresa, em referência aos problemas apresentados e sugestões propostas pelos envolvidos no processo. O principal objetivo dessa etapa foi gerar melhorias e recomendações que permitissem a aplicação contínua do método na empresa. Dentre as principais ações de melhoria propostas à empresa, citam-se:

- a. Criação de procedimento padrão para a aplicação do QFD na empresa, baseado nas experiências obtidas e nos procedimentos utilizados no processo de implantação (fase de aplicação do método), buscando alinhar tais procedimentos com o PDP da empresa;
- b. Proporcionar treinamentos constantes e atualizados, sobre o QFD, à equipe de projeto envolvida com a implantação, com o objetivo de garantir que os conceitos do método permaneçam inseridos na empresa e que as futuras aplicações sejam bem-sucedidas;

- c. Treinar os demais colaboradores do departamento de projetos da empresa objetivando disseminar os conceitos do QFD a todos os envolvidos com o desenvolvimento de produtos, estimulando, assim, o uso do método em outros projetos;
- d. Avaliar o nível de conhecimento da equipe durante o treinamento, objetivando proporcionar um equilíbrio de conhecimento dos profissionais e evitar que conceitos errôneos do método sejam aplicados nos projetos;
- e. Adquirir um sistema computacional que possibilite a execução do método QFD via sistema *Web* com o objetivo de aumentar a participação dos envolvidos no projeto, tanto em número quanto em opiniões, reduzindo, assim, a problemática de reunir o time para execução completa de cada atividade do método.

Em virtude do tempo e escopo da pesquisa, todas as ações de melhorias quanto à implantação do método QFD não puderam ser implementadas na empresa. A única ação de melhoria implementada foi a criação de procedimento para a aplicação futura do QFD na empresa. Tais procedimentos basearam-se nos conceitos descritos sobre o método (tópico 3.3.1, tópico 5.2.1.2 e tópico 5.2.2.2 do trabalho); porém de forma reduzida e caracterizada às necessidades e nomenclaturas da empresa, sem perder o foco principal do método. Tais procedimentos passaram a fazer parte do PDP da empresa e, dessa forma, não serão apresentados no trabalho.

A próxima ação de melhoria sugerida a ser executada foi a de treinar o restante da equipe do departamento de projetos da empresa. Recomendou-se, após a execução de todas essas ações, planejar e proporcionar melhorias contínuas quanto à aplicação do método, baseadas no tempo de execução, qualidade das informações e conceitos do método.

5.1.5 Divulgação dos resultados e considerações finais

O processo de implantação do método QFD na EPA se finalizou, sob o ponto de vista da pesquisa, através da divulgação dos principais resultados obtidos a todos os envolvidos na implantação e aplicação do método e aos responsáveis pelo departamento de projetos da empresa. Essa divulgação se concretizou por meio de uma apresentação e de um relatório para a empresa.

Os resultados da aplicação do QFD na EPA passaram a fazer parte do projeto no qual o método foi aplicado, tornando uma referência para o desenvolvimento de todo o projeto.

5.2 PROJETO DE IMPLANTAÇÃO DO MÉTODO FMEA

Conforme apresentado no Capítulo 4, a implantação do método FMEA teve como objetivo proporcionar melhorias no PDP da EPA nas atividades de otimização do produto e processo, ou seja, obter especificações dos SSCs otimizadas, desenhos finais com tolerâncias otimizadas, estrutura do produto otimizada e planos de processo otimizados. Ele também pretendeu também sanar os problemas do PDP da EPA diagnosticados com a pesquisa-ação, dentre os quais se destaca a redução do número de alterações nos produtos após o desenvolvimento.

Como na implantação do QFD, as principais etapas utilizadas para o caso do FMEA foram: (1) planejamento da implantação; (2) execução da implantação; (3) controle da implantação; (4) ações de melhorias na implantação; e (5) divulgação dos resultados da implantação. A seguir, será demonstrado todo o delineamento e os principais resultados das etapas de implantação do referido método na EPA.

5.2.1 Planejamento da implantação do FMEA

A etapa de planejamento da implantação do FMEA teve como objetivo definir os aspectos que possibilitassem a implantação com êxito do método na empresa. Nesse sentido, foram definidas as premissas para implantação, o modelo da matriz FMEA e suas principais atividades, o projeto no qual o método seria aplicado durante sua implantação e os recursos necessários para implantação do FMEA na empresa.

5.2.1.1 Definição de premissas para a implantação do FMEA

As premissas na implantação do FMEA são observações, cuidados, pontos críticos, fatores de sucesso e/ou recomendações que devem ser ressaltadas quando do uso ou implantação do método em uma empresa. O objetivo da definição dessas premissas foi possibilitar ação preventiva às dificuldades/barreiras quanto à implantação de métodos de projeto nas empresas, mencionadas no Capítulo 3 e Capítulo 4. A seguir, são apresentadas algumas das premissas consideradas na implantação do referido método na EPA.

Para Helman e Andery (1995), Sakurada (2001) e Palady (2004), o principal fator de sucesso de uma eficiente implantação e eficaz aplicação do FMEA na indústria é o domínio de seus principais conceitos (modo de falha, efeito e causa), conforme descrito no Capítulo 3.

Sakurada (2001) conclui em sua pesquisa que, para executar um FMEA com eficiência, é necessário ter claras as etapas mais importantes do método, dentre as quais se destacam:

1. Qual o sistema que está sendo analisado?
2. Quais são os componentes relevantes?
3. Listar as funções dos componentes;
4. Obtenção de desenhos, diagramas, modelos confiabilísticos para apresentação gráfica do sistema;
5. Quais os modos de falhas dos componentes? Os modos de falha são baseados nas funções e especificações dos componentes;
6. Quais são os efeitos que ocorrem no sistema? Os efeitos são baseados nas funções e especificações do sistema.

Palady (2004) menciona a necessidade de se atender a alguns pré-requisitos antes da implementação do FMEA, que, em forma de questões gerais, ajudam a evitar problemas no desenvolvimento e a facilitar o planejamento do método. Dentre eles, destacam-se:

1. Quem será o responsável pelo FMEA?
2. Quem deve participar e como deve participar?
3. Deve-se avaliar o sistema, o subsistema ou os componentes individuais (de cima para baixo) ou deve-se começar com os componentes (de baixo para cima)?
4. Deve-se fazer o FMEA em um projeto existente para o qual não estão sendo consideradas mudanças?
5. Quando se deve começar o FMEA?
6. Deve-se considerar isso como um modo de falha?
7. Esse é o modo de falha, o efeito ou a causa?
8. Deve-se classificar a ocorrência e a detecção do modo de falha ou deve-se classificar a ocorrência e a detecção da causa?
9. Que classificação deve-se atribuir às escalas?
10. Como se pode atribuir valores com eficiência e precisão quando a equipe não chega a um acordo?
11. Esta-se executando essa etapa corretamente?

Maiores detalhes referentes aos aspectos apresentados anteriormente são encontrados em Helman e Andery (1995), Sakurada (2001) e Palady (2004). Salienta-se também que outras premissas podem ser consideradas para futuras implantações desse método em outras empresas. A definição delas dependerá do interesse ou necessidade dos envolvidos nesse

processo. As ações e os resultados gerados da utilização das premissas em cada uma das atividades de implantação do FMEA na empresa serão apresentados a seguir.

5.2.1.2 Definição do modelo da matriz FMEA e suas principais atividades

Essa etapa consistiu na definição do modelo da matriz FMEA e suas principais atividades a serem executadas durante o processo de aplicação e implantação na empresa. O modelo da matriz FMEA utilizado foi definido segundo as necessidades de melhorias no PDP da EPA (problemas apresentados no Capítulo 4) e por meio de um consenso dos interesses dos envolvidos na implantação. Inicialmente, foram apresentados diversos exemplos de matrizes FMEA obtidos na literatura aos responsáveis da empresa. No final, chegou-se a um modelo consensual de matriz a ser utilizada na empresa, conforme representado na Figura 5.9.

O campo 1 da Figura 5.9 corresponde à identificação do FMEA a ser executado, onde é mencionado o tipo de aplicação (FMEA de projeto, de processo ou revisão) e o nome do referido projeto a ser analisado. Esse primeiro campo também visa identificar os participantes, data de execução ou revisão e o número do FMEA.

Cód.		Componente	Função	MODO de FALHA	EFEITOS do Modo de Falha	Severidade	CAUSAS do Modo de Falha	Ocorrência	Controle Atual	Deteção	GPR (SxOxD)	Ações	Respos. e Prazos	RESULTADOS DAS AÇÕES				
														Ações Adotadas	Sev	Oco	Det	GPR
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	

Figura 5.9. Modelo consensual da matriz FMEA utilizada na EPA (do autor).

Os campos 2, 3 e 4 correspondem ao código, nome e função do componente a ser analisado. Os campos 5, 6 e 8 são os de maior importância no preenchimento da matriz FMEA e correspondem, respectivamente, ao modo de falha, efeitos do modo de falha e às causas do modo de falha. Os campos 7, 9 e 11 correspondem aos índices de severidade, ocorrência e detecção dos modos de falhas e seus efeitos. O campo 12 é o produto desses índices, também nomeado de Grau de Prioridade de Risco (GPR). O campo 10 indica o atual método de controle (detecção) do modo de falha. Os campos 13 e 14 correspondem à

definição das ações, dos prazos e dos responsáveis pela execução dessas ações. O restante dos campos representam os resultados das ações.

Percebe-se que a matriz FMEA representada pela Figura 5.9 é constituída pelos índices de severidade, ocorrência e detecção, ou seja, trata-se de um modelo de aplicação do FMECA, segundo os conceitos apresentados por Sakurada (2001) e preconizados pela indústria automotiva através da QS 9000. Em referência a Palady (2004), esse modelo de matriz utilizado na pesquisa pode ser considerado como uma matriz FMEA. Tal modelo de matriz foi definido pelos envolvidos na implantação a fim de permitir, além da síntese, a hierarquização dos modos de falha, seus efeitos e causas, clarificando, assim, a importância da aplicação do método na empresa e fortalecendo o processo de implantação.

Para a aplicação do FMEA durante o processo de implantação na empresa e preenchimento de todos os campos da matriz, foram definidas as seguintes atividades:

1. Definição da equipe responsável pela execução do FMEA;
2. Estudo preliminar do produto;
3. Definição do sistema e dos componentes;
4. Identificação das funções dos componentes;
5. Identificação dos modos de falha dos componentes;
6. Identificação dos efeitos dos modos de falhas;
7. Análise das causas dos modos de falhas;
8. Identificação do controle atual dos modos de falha;
9. Avaliação dos índices de detecção, ocorrência e severidade;
10. Cálculo do Grau de Prioridade de Risco (GPR);
11. Interpretação do FMEA;
12. Elaboração do plano de ação.

Maiores detalhes sobre o preenchimento de todos os campos e delineamento das atividades encontram-se na etapa de execução da implantação do FMEA.

5.2.1.3 Definição do projeto para aplicação do método

O projeto de produto no qual o FMEA foi aplicado durante o processo de implantação foi de um novo produto (equipamento para o tratamento de ar comprimido) e envolveu todas as atividades e fases do PDP da EPA.

5.2.1.4 Definição dos recursos necessários

Os recursos necessários para implantação do método FMEA na empresa foram divididos em recursos humanos e materiais, conforme descrição a seguir.

a. Definição dos recursos humanos

Os recursos humanos necessários para delinear as atividades de implantação do FMEA na empresa foram:

- **O Coordenador da implantação**, que ficou sob responsabilidade do pesquisador, o qual coordenou todas as atividades de implantação do FMEA na empresa;
- **A Equipe de projeto**, formada pelo coordenador do projeto, projetistas e outros profissionais dos departamentos da empresa que participavam da atividade. O coordenador do projeto foi responsável em delegar atribuições, liderar a equipe, organizar os resultados e avaliar a aplicação e implantação do FMEA. Os projetistas e demais profissionais foram responsáveis pela execução das atividades e avaliação da implantação do FMEA.

b. Definição dos recursos materiais e financeiros

Foram necessários os seguintes recursos materiais para implantação do FMEA na EPA:

- **Sistema computacional**: foi utilizado o *software Microsoft Excel* para execução, formalização e divulgação dos resultados das atividades do FMEA.
- **Materiais didáticos**: foi elaborada uma apostila e uma apresentação sobre o método (treinamento) pelo coordenador da implantação para treinar os profissionais e auxiliá-los na execução das atividades do método.

Outros recursos que apoiaram as etapas de implantação do método não foram contabilizados em função da empresa disponibilizar seus recursos humanos, materiais e de auxílio financeiro ao pesquisador para o delineamento de todas as etapas de implantação.

5.2.2 Execução da implantação do FMEA

A etapa de execução da implantação do FMEA foi dividida em duas fases: (1) capacitação dos profissionais da empresa e (2) aplicação do FMEA na empresa.

5.2.2.1 Capacitação dos profissionais

Na implantação do FMEA, a fase de capacitação consistiu na realização de um treinamento dos profissionais que participariam da implantação. Os departamentos da empresa envolvidos nessa etapa foram: produto, qualidade e processos (manufatura).

Conforme resultados apresentados no estudo de campo descrito no Capítulo 4, as principais barreiras quanto à aplicação e implantação de um determinado método de projeto na indústria estão relacionadas às dificuldades no aprendizado dos conceitos do método, à falta de tempo dos profissionais para aplicação do método (devido às atividades concorrentes) e às barreiras culturais da própria empresa.

Dessa forma, o primeiro requisito considerado no treinamento foi referente ao material didático que deveria ter informações suficientes para o aprendizado do FMEA a ser executado na empresa, de modo a não consumir um elevado tempo dos profissionais e não comprometer os principais conceitos do referido método. Em referência, também, às premissas de implantação do FMEA, os principais tópicos mencionados no treinamento foram:

- a. Conceitos e objetivos do FMEA;
- b. Importância e benefícios mensuráveis e de qualidade do FMEA do FMEA;
- c. Principais aplicações do FMEA (tipos e áreas);
- d. Conceitos fundamentais na aplicação do FMEA: consistiu em conceituar e exemplificar o modo de falha, efeito, causa e os índices que compõem o grau de prioridade de risco (ocorrência, detecção e severidade);
- e. Generalidades sobre o FMEA: consistiu em citar aspectos gerais referentes a quando iniciar um FMEA; ao planejamento, principais informações e regras básicas (cuidados e recomendações) para aplicação do método;
- f. Procedimentos gerais na execução do FMEA: consistiu em explanar, de forma detalhada, todas as etapas para a aplicação e o preenchimento da matriz FMEA;
- g. Exemplo de aplicação do FMEA: consistiu na demonstração de alguns exemplos da aplicação do FMEA (etapas e principais resultados). Tais exemplos foram obtidos em Helman e Andery (1995), Sakurada (2001), Carrafa (2001) e Palady (2004).

A capacitação dos profissionais se procedeu também durante a etapa de execução do FMEA na empresa, de forma a sanar possíveis dúvidas relacionadas aos conceitos e/ou delineamento das atividades do método. Essa capacitação ficou sob responsabilidade do coordenador da implantação do método.

5.2.2.2 Aplicação do FMEA na empresa

Essa fase teve como objetivo facilitar a implantação do FMEA no sentido de demonstrar, na prática, a importância do método para o PDP da empresa. Tal aplicação prática do método consistiu no delineamento das atividades e no preenchimento dos campos da matriz do FMEA definidos na etapa de planejamento da implantação. Os principais conceitos utilizados na aplicação do FMEA foram obtidos em Helman e Andery (1995), Sakurada (2001), Carrafa (2001) e Palady (2004). A seguir, será apresentado todo o delineamento da aplicação do FMEA na empresa. Os resultados específicos do projeto, em que o FMEA foi aplicado, não serão apresentados por solicitação da diretoria da EPA.

a. Definição da equipe responsável pela execução do FMEA

Palady (2004) afirma que o FMEA é mais eficiente quando aplicado em esforço de equipe multidisciplinar, de modo que cada membro contribua com diferentes experiências e conhecimentos. Para Sakurada (2001), a equipe responsável pela execução do FMEA deve ser composta por especialistas das diversas áreas relacionadas a qualquer fase do ciclo de vida do produto, que estejam comprometidos com o método e com o produto em análise, uma vez que um determinado componente é caracterizado por uma função, material, acabamento, tolerâncias e qualidade, ou seja, é necessária uma diversidade, qualidade e profundidade nas informações para análise do FMEA.

Para a aplicação do FMEA na empresa, a equipe foi composta segundo a capacidade e o projeto analisado pelas seguintes áreas e membros: departamento de produtos (pelo coordenador e projetistas do projeto), um membro do setor de qualidade e um membro do departamento de processos. O coordenador da implantação também participou da aplicação do FMEA, a fim de dar suporte conceitual à equipe e organizar as informações geradas durante a execução das atividades.

Durante a execução do FMEA, foi utilizada a seguinte dinâmica de equipe, conforme sugestão de Palady (2004): a equipe deve manter sempre o foco do trabalho; deve haver um consenso de equipe, ou seja, uma decisão coletiva alcançada através da participação ativa de todos os membros; e a equipe deve ser capaz de representar com justiça os interesses de todos do grupo que influenciam na qualidade e confiabilidade final do produto.

Embora a equipe já tenha sido definida na etapa de planejamento da implantação do FMEA, vale salientar que essa atividade é de substancial importância para aplicações eficazes e deverá fazer parte dos procedimentos da empresa para futuras aplicações do método.

b. Definição do sistema e dos componentes

Segundo Sakurada (2001), a definição do sistema e dos componentes é muito importante para as definições dos modos de falha e dos efeitos. Os modos de falha estão associados aos componentes, enquanto que os efeitos estão associados ao sistema. Segundo o autor, um componente não precisa ser necessariamente uma peça do equipamento; dependendo da complexidade do sistema, os componentes são agrupados em subsistemas e são tratados como um componente único, ou seja, deve-se racionalizar a análise e procurar buscar os componentes que, ao falharem, comprometem a função, segurança ou a ergonomia.

Para o caso da aplicação do FMEA na empresa, a definição do sistema e componentes ficou sob a responsabilidade do coordenador do projeto. Como o produto encontrava-se em fase de concepção, questionaram-se quais os componentes a equipe possuía menor conhecimento. Caso o produto estivesse em fase de fabricação, se perguntaria quais os componentes têm apresentado maior número de falhas, quais estão gerando um custo de falha elevado e/ou quais os mais críticos. Outro questionamento utilizado na definição dos componentes foi: quais os componentes essenciais para o funcionamento do produto?

c. Preparação prévia e coleta de dados

A primeira atividade dessa etapa consistiu no estudo preliminar do produto e objetivou interagir os profissionais responsáveis pela aplicação do FMEA com as informações pertinentes ao produto a ser analisado e ao problema de projeto. Essa atividade teve como finalidade reunir o máximo de informações relativas ao projeto, tais como as sugeridas por Helman e Andery (1995):

- Especificações de projeto do produto;
- Identificar algumas metas de desempenho do produto em análise, ou as especificações de projeto de produto;
- Esquemas prévios (esboços) do projeto e desenhos definitivos;
- Memoriais de cálculos e especificações dos materiais;
- Normas pertinentes;
- Planos de fabricação e fluxogramas de processo;
- FMEA e FTA realizados anteriormente;
- Registros e relatórios internos de falhas, oriundos da assistência técnica ou do serviço de atendimento ao consumidor.

Outra atividade realizada nessa etapa foi a divisão de tarefas entre a equipe executora do FMEA e a determinação dos procedimentos para a documentação e registro das etapas seguidas na condução do FMEA, conforme sugerido por Helman e Andery (1995).

d. Identificação das funções dos componentes

A identificação da função de um componente é de substancial importância para a identificação dos reais modos de falha desse componente, especialmente quando se utiliza uma abordagem funcional do projeto. Segundo Palady (2004), os maiores problemas nessa etapa são: todas as funções não são identificadas, a descrição da função não é concisa, a descrição não é exata ou não usa linguagem direta. A incapacidade de identificar todas as funções do projeto tende a gerar uma lista incompleta dos modos de falha do componente.

Sakurada (2001) também sugere que a descrição da função de um componente deve ser exata e concisa. Ela deverá ser preparada pelo projetista e colocada em discussão para todos os membros do processo de análise de FMEA. Segundo o autor, o objetivo da descrição das funções é vincular o modo de falha à função e também obter um maior conhecimento dos componentes e do sistema.

Como a empresa não desenvolvia a atividade de modelar funcionalmente o produto na fase de projeto conceitual, embora fosse necessário para seu PDP (conforme apresentado na fase de coleta de dados da pesquisa-ação descrita no Capítulo 4), primeiramente, foi necessário demonstrar a estrutura das funções do produto a ser submetido ao FMEA. Dessa forma, foi utilizado o diagrama funcional descrito em Pahl e Beitz (1984) *apud* Gomes Ferreira (1997). Tal diagrama mostrou a estrutura das funções do produto, que consiste em decompor uma função complexa objetiva em subfunções, facilitando a subsequente busca por soluções e a combinação dessas subfunções em uma estrutura de funções simples e inequívoca. Tal descrição é mais bem interpretada pela Figura 5.10.

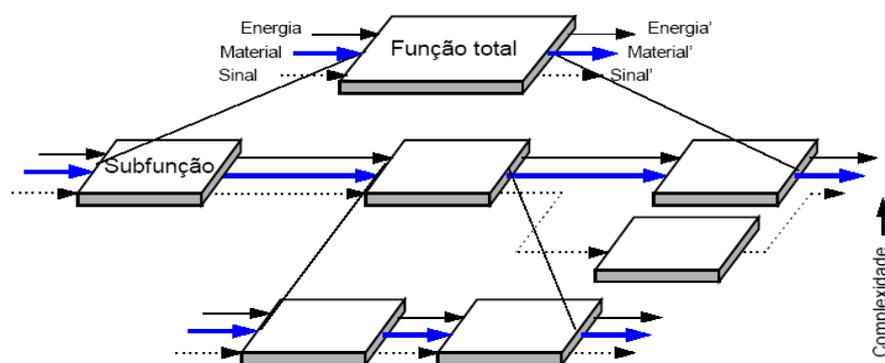


Figura 5.10. Estabelecimento da estrutura de funções do produto (Pahl e Beitz, 1984 *apud* Gomes Ferreira, 1997).

A estrutura das funções ajudou na identificação e descrição das funções dos componentes e como eles estão fisicamente ligados entre si, facilitando, assim, a execução das etapas posteriores do FMEA, principalmente na identificação dos modos e efeitos das falhas.

e. Identificação dos modos de falha dos componentes

A identificação dos modos de falha dos componentes é uma das principais etapas de execução do FMEA.

Para Sakurada (2001), modo de falha é um estado anormal de trabalho, uma anomalia apresentada pelo item que está sendo analisado, e a análise dos modos de falha é uma ação interna ao sistema, em última análise, está relacionada ao componente, conforme Figura 5.11.

Para facilitar a identificação dos modos de falha durante a aplicação do FMEA na empresa, os seguintes questionamentos foram respondidos, segundo Helman e Andery (1995), Sakurada (2001) e Palady (2004):

1. Quais as possíveis maneiras do componente em estudo se apresentar defeituoso?
2. Como ele pode deixar de executar a função para a qual foi projetado?
3. Qual a falha física do componente?
4. O que poderia impedir que esse componente atendesse às especificações de projeto?
5. Esse modo de falha pode ocorrer? Com que frequência ocorrerá?

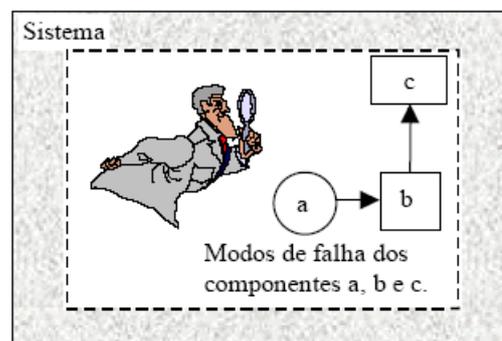


Figura 5.11. Indicativo de que a análise dos modos de falha é uma ação interna ao sistema (Sakurada, 2001).

Dentre alguns exemplos de modos de falha dos componentes analisados durante a aplicação do FMEA na empresa, citam-se: ruptura da tubulação de ar, ruptura da tubulação de gás, obstrução do sistema “x”, queima do componente “y”, dentre outros.

f. Identificação dos efeitos dos modos de falhas

Sakurada (2001) conceitua efeito do modo de falha como sendo os resultados produzidos quando estes vêm a ocorrer, são as conseqüências do modo de falha, ou seja, o

efeito é a forma ou maneira de como o modo de falha se manifesta ou como é percebido em nível de sistema. O modo de falha ocorre internamente, em nível de componentes, subsistemas, gerando os efeitos externos, conforme mostrado na Figura 5.12.

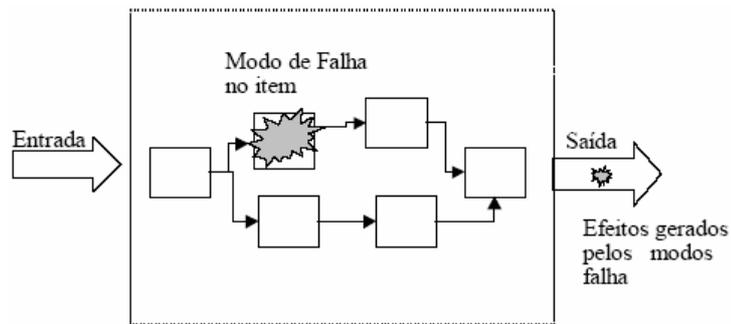


Figura 5.12. Indicativo de que o modo de falha é uma ação interna e efeito uma ação externa (Sakurada, 2001).

Para identificação dos efeitos dos modos de falha durante a aplicação do FMEA na empresa, foram utilizadas algumas observações, conforme proposto por Sakurada (2001). Dentre as observações principais, citam-se:

- A análise dos efeitos requer aprofundar o conhecimento e a percepção sobre o sistema de um ponto de vista mais externo;
- É muito importante que se tenha à disposição uma lista de funções do sistema para auxiliar o desenvolvimento das listas de efeitos que podem ocorrer;
- Eles devem ser identificados, avaliados e registrados para cada modo de falha;
- Os efeitos devem ser descritos em termos do que o usuário pode perceber ou sentir;
- As conseqüências podem ser para o sistema, produto, clientes ou para as normas governamentais.

Além das observações mencionadas anteriormente, foram utilizados alguns questionamentos para facilitar a identificação dos efeitos causados pelos modos de falha durante a aplicação do FMEA na empresa, tais como:

- O que pode acontecer com o desenvolvimento desse modo de falha?
- O que isso causa no sistema?
- O que o cliente vê?
- Quais os danos que isso pode causar ao ambiente?

Para suportar e facilitar a geração de respostas aos questionamentos apresentados, foram utilizadas algumas informações pertinentes à empresa, tais como: relatórios da garantia e relatórios das reclamações dos clientes, oriundos do SAC da empresa. Dentre os exemplos de

efeitos encontrados durante a aplicação do FMEA na empresa, observam-se: vazamento de ar, vazamento de gás, queda de pressão e alto consumo de energia.

g. Análise das causas dos modos de falhas

Helman e Andery (1995) entendem como causa de falha os eventos que geram (provocam, induzem) o aparecimento do modo de falha. Para o caso da aplicação do FMEA na empresa, a causa foi conceituada como o porquê da ocorrência do modo de falha e foi utilizado o seguinte questionamento em sua identificação: Que condições provocam esse modo de falha?

Segundo Palady (2004), a origem das causas que contribuem para um modo de falha pode ser o projeto (dimensões, limite de tensões, materiais, geometrias inadequadas), o fornecedor (não atendimento das especificações do projeto, falta de qualidade no processo, matéria-prima inadequada, falta controle no recebimento), o processo (falta controle do processo, padrões de qualidade inadequados, montagem inadequada), o cliente (uso inadequado, excesso de carga, falta manutenção preventiva) e o ambiente (agentes oxidantes, excesso de umidade, temperatura).

Conforme sugerido por Palady (2004), apenas as causas básicas ou raízes devem ser identificadas. Porém, notou-se, na análise das causas das falhas durante a aplicação do FMEA na empresa, que nem todas as causas contribuíam igualmente para o modo de falha potencial. Para esse contexto, utilizou-se o seguinte procedimento para identificação das causas raízes:

1. Analisar os modos de falhas, ou seja, descrever por escrito o modo de falha;
2. Analisar o diagrama de blocos apropriado;
3. Fazer um *brainstorming* de todas as possíveis causas;
4. Estruturar o resultado do *brainstorming*, usando um diagrama de espinha de peixe ou construir uma árvore de falhas (FTA);
5. Analisar o resultado do diagrama de espinha de peixe ou da FTA e selecionar as causas básicas ou raízes;
6. Transferir as causas raízes para o formulário do FMEA.

Algumas das etapas do procedimento de identificação das causas raízes são representadas na Figura 5.13. A identificação das causas raízes exigiu dos integrantes do FMEA um bom conhecimento do projeto analisado (sistema, componentes, especificações de funcionamento, resistência) e dos conceitos em engenharia (resistência dos materiais, termodinâmica, eletro-técnica, mecânica dos fluidos, materiais, dentre outros).

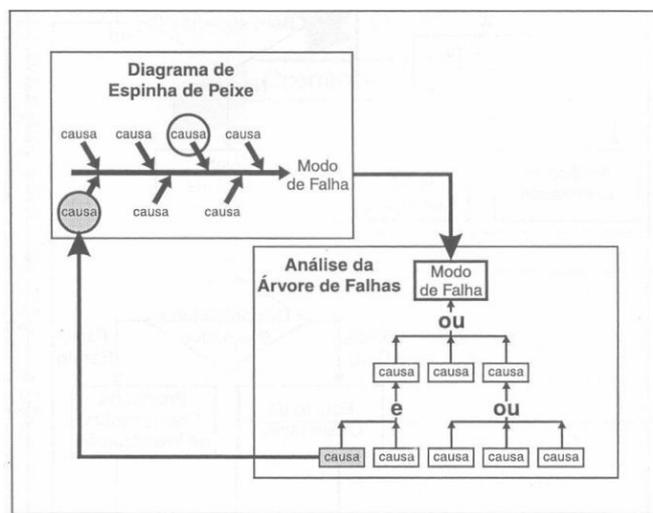


Figura 5.13. Uso do diagrama de espinha de peixe e da análise da árvore de falhas para definição das causas básicas (Palady, 2004).

h. Identificação do controle atual dos modos de falha

Essa etapa consistiu em identificar as situações existentes para controlar os modos de falha, ou seja, consistiu em registrar as medidas de controle implementadas durante a elaboração do projeto que objetivaram prevenir a ocorrência de falhas, detectar as falhas ocorridas e impedir que elas cheguem ao cliente.

A questão utilizada para identificar o controle atual dos modos de falha foi a seguinte: Que tipos de controles foram planejados ou estão em vigor para garantir que todos os modos de falha sejam identificados e eliminados? Dentre alguns exemplos de controles, citam-se: revisão de projeto; planos de testes; técnicas estatísticas, inspeções, memorial de cálculo, auditorias, procedimentos, dentre outros.

i. Avaliação dos índices de detecção, ocorrência e severidade

Conforme descrito na etapa de planejamento da implantação do FMEA, essa atividade foi definida pelos membros da empresa com o objetivo de demonstrar a importância do FMEA e hierarquizar os modos de falha, seus efeitos e causas. Portanto, tal atividade consistiu em priorizar as falhas através da avaliação dos riscos dos modos de falha, dos efeitos, das causas e dos controles atuais dos modos de falha. Tal priorização ocorreu mediante o estabelecimento de pesos de acordo com os índices específicos a cada elemento identificado nas etapas anteriores. Tais índices são: severidade, ocorrência e detecção.

Segundo Sakurada (2001) e Palady (2004), o índice de ocorrência é usado para avaliar as chances (probabilidade) da falha ocorrer e deve ser baseado na causa ou no modo de falha. Os critérios utilizados pela EPA na ponderação do índice de ocorrência das causas ou dos modos de falha são apresentados no Quadro 5.7.

Quadro 5.7. Escala de ocorrência utilizada na implantação do FMEA na empresa (do autor).

ÍNDICE DE OCORRÊNCIA		
Índice	Ocorrência	%
1	Remota	Menos que 0,200
2		
3	Pequena	0,201 – 2,00
4		
5	Moderada	2,001 – 10,00
6		
7	Alta	10,001 – 20,00
8		
9	Muito Alta	Mais que 20,001
10		

Na ponderação das causas ou dos modos de falha, foi utilizado o questionamento: Com que frequência o modo de falha ou a causa do modo de falha ocorrerá?

Já o índice de severidade avalia o impacto dos efeitos da falha, ou seja, a gravidade dos efeitos sobre o cliente caso a falha venha a ocorrer. Para Sakurada (2001), a severidade é revisada da perspectiva do sistema, de outros sistemas, do produto, do cliente e/ou de normas governamentais. Quanto mais grave e crítico é o efeito maior, é o índice de severidade. Durante a aplicação do FMEA na empresa, foram definidos alguns critérios para ponderar a severidade, conforme apresentado no Quadro 5.8.

Para a definição do índice de severidade de cada efeito do modo de falha, foi utilizado o seguinte questionamento: Qual a gravidade do efeito do modo de falha?

Quadro 5.8. Escala de severidade utilizada na implantação do FMEA na empresa (do autor).

ÍNDICE DE SEVERIDADE		
Índice	Severidade	Critério
1	Mínima	O cliente mal percebe que a falha ocorre
2		
3	Pequena	Ligeira deterioração no desempenho com leve descontentamento do cliente
4		
5	Moderada	Deterioração significativa no desempenho de um sistema com descontentamento do cliente
6		
7	Alta	Sistema deixa de funcionar e grande descontentamento do cliente
8		
9	Muito Alta	Idem ao anterior, porém afeta a segurança.
10		

A detecção é um valor que mostra a eficiência dos controles de detecção da falha (modo de falha ou causa do modo de falha). Segundo Helman e Andery (1995), a detecção é o índice que avalia a probabilidade da falha ser detectada antes que o produto chegue ao cliente. Durante a aplicação do FMEA na empresa, foram definidos os seguintes critérios para ponderar o índice de detecção, conforme apresentado no Quadro 5.9.

Quadro 5.9. Escala de detecção utilizada na implantação do FMEA na empresa (do autor).

ÍNDICE DE DETECÇÃO		
Índice	Detecção	Critério
1	Muito Grande	Certamente será detectado
2		
3	Grande	Grande probabilidade de ser detectado
4		
5	Moderada	Provavelmente será detectado
6		
7	Pequena	Provavelmente não será detectado
8		
9	Muito Pequena	Certamente não será detectado
10		

Na definição do índice de detecção do modo ou da causa de falha, foram utilizados os seguintes questionamentos: Qual a chance de detectar um problema antes que ele chegue ao cliente? Qual a chance do cliente detectar o problema, antes que ele provoque uma falha catastrófica? Quanto maior o valor atribuído ao índice de detecção, significa que maior será a dificuldade de detectar a falha.

As escalas dos índices de ocorrência, severidade e detecção foram definidas pelos profissionais em referência aos procedimentos de qualidade e dados estatísticos existentes na empresa e em referência também a Palady (2004).

j. Cálculo do Grau de Prioridade de Risco (GPR) e interpretação do FMEA

O Grau de Prioridade de Risco (GPR) foi calculado através do produto entre os índices de ocorrência, detecção e severidade, conforme demonstrado na Equação 1:

$$GPR = Ocorrência \times Severidade \times Detecção \quad (1)$$

Após o cálculo de GPR para cada um dos modos de falha, a próxima atividade foi interpretar a matriz FMEA. Tal interpretação se baseou diretamente no GPR. Os Graus de Prioridade de Risco com maior valor foram os considerados mais críticos, ou seja, foram os primeiros a receber considerações de melhorias pela equipe do projeto. Para melhor interpretar a matriz FMEA, os GPR foram organizados em um Gráfico de Pareto.

Outra forma proposta à empresa para interpretação do FMEA foi à utilização do Gráfico de Áreas. O Gráfico de Áreas correlaciona o índice de ocorrência com o índice de severidade, o qual separa os modos de falhas em três categorias: (1) Alta Prioridade, (2) Média Prioridade e (3) Baixa Prioridade. Segundo Palady (2004), a vantagem de utilizar o Gráfico de Área, ao invés do método tradicional do GPR, é que ele avalia o modo de falha utilizando apenas as classificações de severidade e ocorrência, o que agiliza a aplicação do método e facilita na interpretação. A Figura 5.14 mostra o Gráfico de Áreas utilizado na interpretação da matriz FMEA aplicada na empresa.

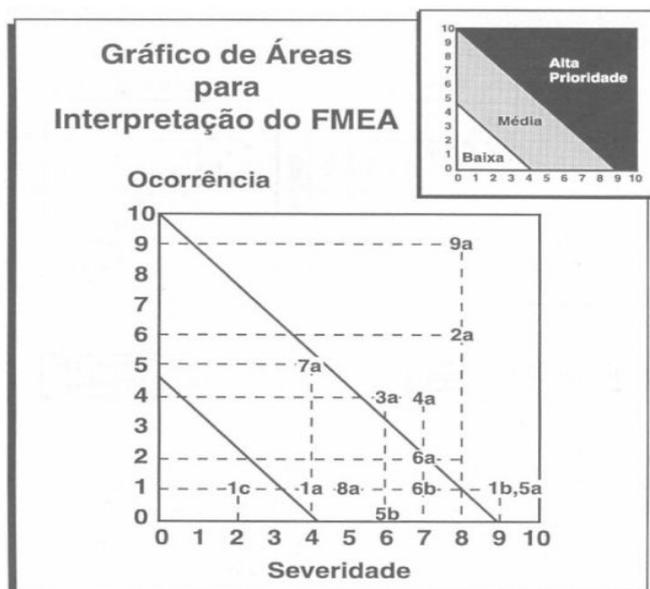


Figura 5.14. Gráfico de Áreas (Palady, 2004).

k. Elaboração do plano de ação

Essa etapa consistiu em definir quais as ações necessárias para sanar os modos de falha considerados como críticos ou com alta prioridade, identificados através do cálculo do Grau de Prioridade de Risco ou no Gráfico de Áreas. Segundo Palady (2004), as ações são recomendadas para prevenir os problemas potenciais, reduzir a severidade/consequência dos problemas potenciais, aumentar a probabilidade de detectar os problemas potenciais antes que eles cheguem aos clientes e fornecer ao cliente mecanismos de detecção/advertência precoce no caso de problemas potenciais com alta severidade. Para o caso da aplicação do FMEA na empresa, também foram definidos os prazos e os responsáveis para execução das ações, conforme apresentado na Figura 5.10.

Após a adoção das devidas ações, a matriz FMEA seria revisada e os índices de ocorrência, detecção, severidade e o GPR sofreriam uma nova avaliação. Porém, para o caso da aplicação do FMEA na EPA, esta revisão não foi possível de ser realizada durante a pesquisa, em função das ações adotadas necessitarem de um tempo considerável para obter resultados significativos no referido projeto. Portanto, os campos 15 a 19 da matriz consensual de FMEA definida à empresa não foram preenchidos durante sua aplicação.

5.2.3 Controle da implantação do FMEA

O controle da implantação do FMEA consistiu em duas avaliações, uma do processo de implantação e a outra da importância da implantação do referido método no PDP da EPA. Os principais resultados das avaliações estão descritos a seguir.

5.2.3.1 Avaliação do processo de implantação do método FMEA no PDP da EPA

A avaliação do processo de implantação do FMEA na empresa consistiu na análise crítica/avaliação dos profissionais que participaram de todo o processo de treinamento e aplicação do FMEA, e se procedeu por meio da aplicação de um questionário. Um modelo desse questionário encontra-se no [Apêndice 7](#). Alguns dos principais aspectos mencionados no questionário e avaliados pelos profissionais da empresa são apresentados no Quadro 5.10.

Durante o processo de avaliação, cada aspecto apresentado no Quadro 5.10 recebeu uma nota por parte dos profissionais da empresa. Os principais resultados obtidos nessa avaliação podem ser visualizados na Figura 5.15. Percebe-se, por meio da Figura 5.15, que, de maneira geral, o treinamento e a aplicação do FMEA atenderam às expectativas dos profissionais da empresa. Nota-se, também, que a implementação dos conceitos do FMEA no PDP foi de suma importância para a empresa, pois, além de seus reais benefícios ao projeto, o método ajudou no desenvolvimento do senso crítico de seus profissionais.

Quadro 5.10. Aspectos avaliados na aplicação do FMEA na empresa (do autor).

ID	Aspectos avaliados
a	Conceitos e definições utilizadas no treinamento e na aplicação do FMEA (premissas para a implantação do FMEA)
b	Procedimentos gerais adotados na execução do FMEA (definição do modelo da matriz FMEA e principais atividades)
c	Objetivos estabelecidos no treinamento e na aplicação do FMEA (definição dos recursos, projeto e atividades a serem executadas)
d	Atendimento dos objetivos estabelecidos no treinamento e na aplicação do FMEA
e	Carga horária utilizada no treinamento e na aplicação do FMEA
f	Importância da implementação do FMEA no PDP da empresa
g	Contribuição para o desenvolvimento do senso crítico dos profissionais da empresa
h	Avaliação geral do treinamento e aplicação do FMEA na empresa

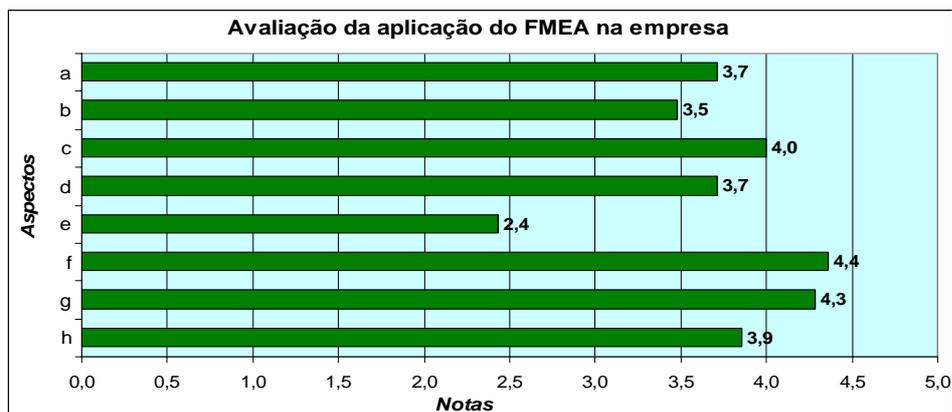


Figura 5.15. Resultado da avaliação da aplicação do FMEA na empresa (do autor).

Por outro lado, percebe-se que o aspecto tempo precisaria de uma melhoria, ou seja, seria necessária uma carga horária maior para realização do treinamento e aplicação do método na empresa. Nesse aspecto, os profissionais da empresa mencionaram que os objetivos da aplicação do método foram atingidos; porém o tempo de treinamento e da aplicação do FMEA foi escasso, devido ao método apresentar novos conceitos à maioria dos profissionais da empresa e aos profissionais estarem envolvidos com outras atividades na

empresa. Mencionaram, ainda, que, para o método ser aplicado com eficácia, é necessário que haja mais tempo para o preenchimento da matriz FMEA, uma vez que os conceitos de modo de falha, efeito e causa precisam ser mais disseminados nos profissionais, para que, durante a aplicação do método, não se perca tempo na obtenção do consenso da equipe.

Outro questionamento mencionado aos profissionais foi se a empresa estava em condições de aplicar novamente o FMEA em seus projetos. Cerca de 63% dos profissionais envolvidos na implantação do método responderam que “Sim”; porém mencionaram que é necessário a formação de uma equipe para planejar a aplicação do método dentro da disponibilidade de tempo e, nas primeiras aplicações, é necessária a presença de um instrutor para sanar dúvidas conceituais sobre o método e evitar que conceitos errôneos sejam inseridos nos projetos. O restante dos profissionais envolvidos, aproximadamente 37%, responderam que a empresa não está em condições de aplicar novamente o FMEA devido a essa prática não ser habitual para empresa. Dessa forma, seriam necessárias mais aplicações práticas, as quais utilizariam recursos específicos para elaboração do FMEA (tempo e pessoas), que no atual estágio da empresa não foi possível.

Os participantes da implantação do FMEA na empresa ainda mencionaram que o fato do coordenador da implantação conhecer os procedimentos de projeto e os profissionais da empresa⁶ ajudou na disseminação dos conhecimentos durante o treinamento e aplicação do FMEA, pois orientou na execução das atividades, tornando-as mais produtivas. Os profissionais mencionaram como principal aspecto positivo da aplicação do FMEA na empresa o fato do método ajudar a equipe a concentrar esforços nos principais modos de falha dentro do ciclo de vida de um determinado produto, com vistas a reduzir os problemas nele antes que seu projeto seja concluído.

5.2.3.2 Avaliação da importância na implantação do método FMEA no PDP da EPA

Essa etapa consistiu em validar a importância da implantação do FMEA na EPA. Tal validação se procedeu através das informações obtidas com a aplicação do FMEA no projeto na empresa e do impacto destas no produto.

A referida equipe do projeto mencionou que a aplicação do FMEA possibilitou a tomada de ações preventivas no projeto de produto, das quais ajudam na redução da probabilidade de falhas, redução e amenização dos impactos e efeitos dos modos de falhas nos clientes e maior eficiência na detecção das falhas nos produtos. Dentre as principais ações geradas no projeto do referido produto, citam-se:

⁶ O coordenador da implantação do FMEA já conhecia o PDP e os profissionais da empresa, da pesquisa-ação.

- Definição das especificações de engenharia dos componentes;
- Definição do controle de qualidade dos componentes comprados;
- Definição do controle do processo de fabricação interna dos componentes;
- Realização de testes de vida e de desempenho dos componentes com maior probabilidade de falhas e de maior importância para o funcionamento do produto;
- Definição do controle de qualidade do produto acabado.

O principal impacto identificado no produto com a aplicação FMEA de projeto foi a redução do número de falhas em campo. Para esta análise foram coletadas informações junto ao SAC da empresa referente às falhas ocorridas no campo do produto onde o FMEA foi aplicado e às falhas de um produto similar, porém sem a aplicação do FMEA. Um comparativo entre os dois produtos pode ser verificado na Figura 5.16.

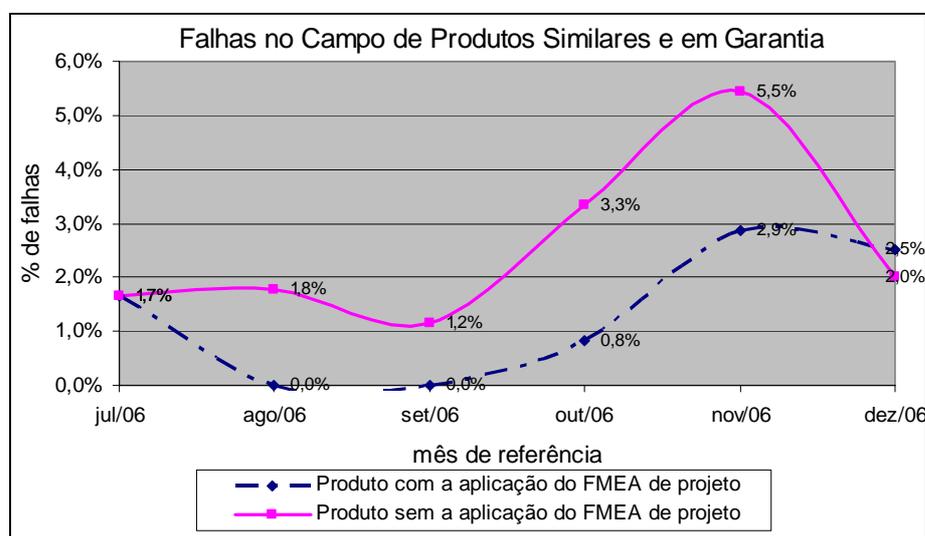


Figura 5.16. Impacto na redução de falhas nos produtos da EPA (do autor).

Nota-se através da Figura 5.16 que o percentual de falhas do produto em que o FMEA foi aplicado foi menor que o do produto similar sem a aplicação do referido método, estando ambos em período de garantia. Após a avaliação, a equipe do referido projeto percebeu a fundamental importância da aplicação do FMEA na empresa. Através dessa real importância, e em virtude das deficiências do PDP da EPA, tal avaliação ajudou no processo de implantação do método e fez com que o gerente do departamento de projetos da EPA aprovasse tal necessidade de melhoria.

5.2.4 Ações de melhorias na implantação do FMEA

Essa etapa consistiu em propor ações de melhorias aos procedimentos utilizados durante a implantação e aplicação do FMEA na empresa, em referência aos problemas apresentados e

sugestões propostas pelos envolvidos no processo, a fim de permitir uma aplicação contínua do método na empresa. Dentre as principais ações de melhorias definidas, destacam-se:

1. Criação de procedimento padrão para aplicação do FMEA na empresa, baseado nos procedimentos utilizados no processo de implantação (fase de aplicação do método) e nas experiências obtidas nesse processo;
2. A formação de um grupo na empresa para discussão dos principais conceitos relacionados ao método e para parametrização dele segundo as informações intrínsecas à empresa, relacionadas aos índices de detecção, severidade e ocorrência e, assim, dar continuidade à aplicação do FMEA. Sugeriu-se que as primeiras reuniões do grupo fossem acompanhadas por um especialista em FMEA, o qual sanaria as dúvidas conceituais inerentes ao método;
3. Foi sugerida também a realização de treinamentos adicionais e contínuos dos profissionais, para melhorar o entendimento do método, uma vez que ele não é de prática da empresa. Dentre os tópicos mencionados a serem explorados com maior ênfase, cita-se o método FTA;
4. Avaliar o nível de conhecimento da equipe durante os treinamentos ou aplicações do método, objetivando proporcionar um equilíbrio de conhecimento entre os profissionais, a fim de evitar que conceitos errôneos do método sejam aplicados nos projetos e/ou que seja consumido um tempo elevado na obtenção de consenso de equipe durante a aplicação do FMEA;
5. Adquirir um sistema computacional que possibilite a execução do método FMEA via sistema *Web* com o objetivo de aumentar a participação dos envolvidos no projeto e reduzir o tempo de execução.

Em virtude do tempo e escopo da pesquisa, nem todas as ações de melhorias para o uso contínuo do FMEA puderam ser implementadas na empresa. Dentre as ações de melhorias implementadas, citam-se:

1. Criação de procedimento padrão para aplicação do FMEA na empresa foi uma das melhorias efetuadas pelo coordenador da implantação e pelo coordenador do projeto em que o método foi aplicado. Tais procedimentos se basearam nas etapas descritas no tópico 5.3.2.2 do trabalho e nas lições aprendidas na aplicação do método. Tais procedimentos são inerentes à empresa e não serão apresentados no trabalho;
2. Aquisição de um sistema computacional, chamado *Isosystem*, para geração e controle da matriz FMEA via sistema *Web*. Isto possibilitou uma maior participação dos envolvidos pela execução do método e reduziu o tempo nas aplicações.

Outras ações definidas não foram implementadas devido ao tempo e escopo da pesquisa. Dessa forma, tais ações ficaram sob responsabilidade dos envolvidos com a implantação do FMEA na empresa, sendo elas de responsabilidade dos coordenadores de projetos. Recomendou-se, também, após a execução de todas essas ações de melhorias, à empresa planejar e proporcionar melhorias contínuas quanto à aplicação do referido método, baseadas no tempo de execução; qualidade das informações obtidas; atualização dos conceitos sobre o método e atualização dos índices de prioridade de risco.

5.2.5 Divulgação dos resultados aos integrantes do departamento de projeto

Assim como o QFD, o processo de implantação do método FMEA na EPA se finalizou, sob o ponto de vista da pesquisa, através da divulgação dos principais resultados obtidos a todos os envolvidos na implantação e na aplicação do método. Essa divulgação se formalizou por meio de uma apresentação e de um relatório para a empresa. Os resultados da aplicação do método foram implementados no referido projeto da empresa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a implantação dos métodos QFD e FMEA na empresa da pesquisa-ação, percebe-se que alguns aspectos são essenciais para a implantação de um método de projeto em uma determinada empresa, dentre os quais se destacam: a definição de premissas para implantação do método, pois ajudam a prevenir barreiras que dificultariam a implantação; a definição do modelo da matriz do método e suas principais das atividades para execução, pois leva em consideração a real necessidade da empresa e visa adequar o método aos procedimentos atuais da empresa; a definição do projeto ao qual o método será aplicado inicialmente; a definição dos recursos necessários, pois traz uma visão do que será necessário para aplicação do método, prevenindo a empresa dos investimentos necessários; e a avaliação das informações obtidas na aplicação do referido método, que visa avaliar se elas são importantes para o projeto e para o PDP da empresa.

Além do QFD e FMEA, foram utilizados outros métodos, técnicas ou ferramentas, aos quais fazem parte do procedimento de execução desses dois métodos. Por exemplo, para aplicação do método FMEA na empresa, foi utilizada a matriz FTA (Análise da Árvore de Falhas), a Estrutura das Funções do produto, o Gráfico de Pareto e o Gráfico de Áreas. Dessa forma, chegou-se a conclusão que a implantação de um método de projeto, dependendo da abrangência nas atividades do PDP, acaba estimulando a implantação de outros métodos, técnicas ou ferramentas de apoio ao PDP.

Em função do escopo e tempo da pesquisa, sugere-se que sejam efetuadas outras implantações dos referidos métodos em outras empresas, a fim de validar ainda mais os procedimentos utilizados e gerar novas recomendações a serem utilizadas em futuras implantações. A seguir, serão apresentados os princípios e recomendações para implantação de métodos de projetos de apoio ao PDP conceituados durante todo o delineamento da pesquisa e implantação dos métodos de projeto na empresa da pesquisa-ação.

CAPÍTULO 6

PRINCÍPIOS E RECOMENDAÇÕES PARA IMPLANTAÇÃO DE MÉTODOS DE PROJETO NO PDP

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Esse capítulo introduz e descreve os princípios e recomendações relacionados à implantação de métodos de projeto na indústria obtidos a partir da metodologia empregada nesta da pesquisa, conforme fluxograma apresentado na Figura 6.1.

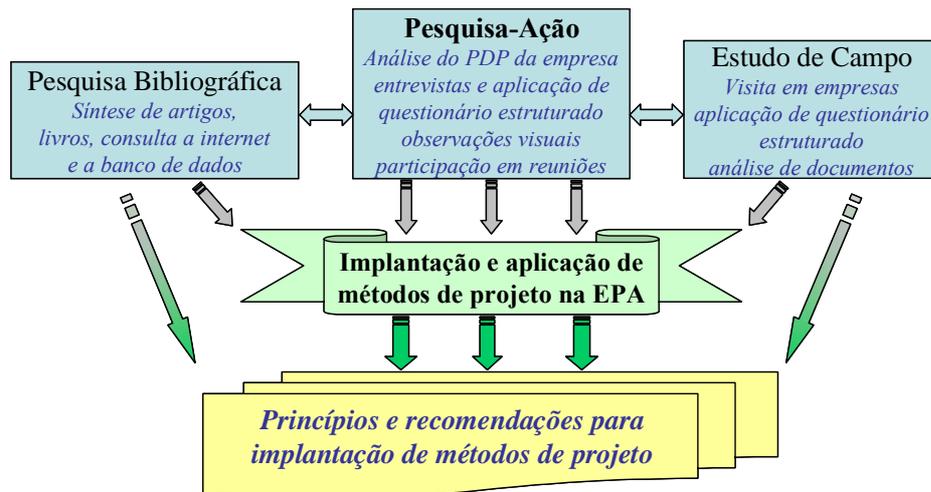


Figura 6.1. Origem dos princípios e recomendações quanto à implantação de métodos de projeto na indústria (do autor).

Os Princípios e Recomendações (P&R) foram gerados a partir das conclusões obtidas na aplicação dos procedimentos de pesquisa que estão sintetizados na Figura 6.1, em especial durante o estudo de campo, pesquisa-ação e implantação dos métodos QFD e FMEA na empresa. Tais P&R foram conceituados como um conjunto de proposições de caráter metodológico que servem de base para orientar a aplicação e implantação de métodos de projeto na indústria. O objetivo principal dos P&R é possibilitar que a implantação ou aplicação de métodos de projeto na indústria sejam bem-sucedidas. Os P&R foram classificados segundo os aspectos e atividades representados na Figura 6.2.

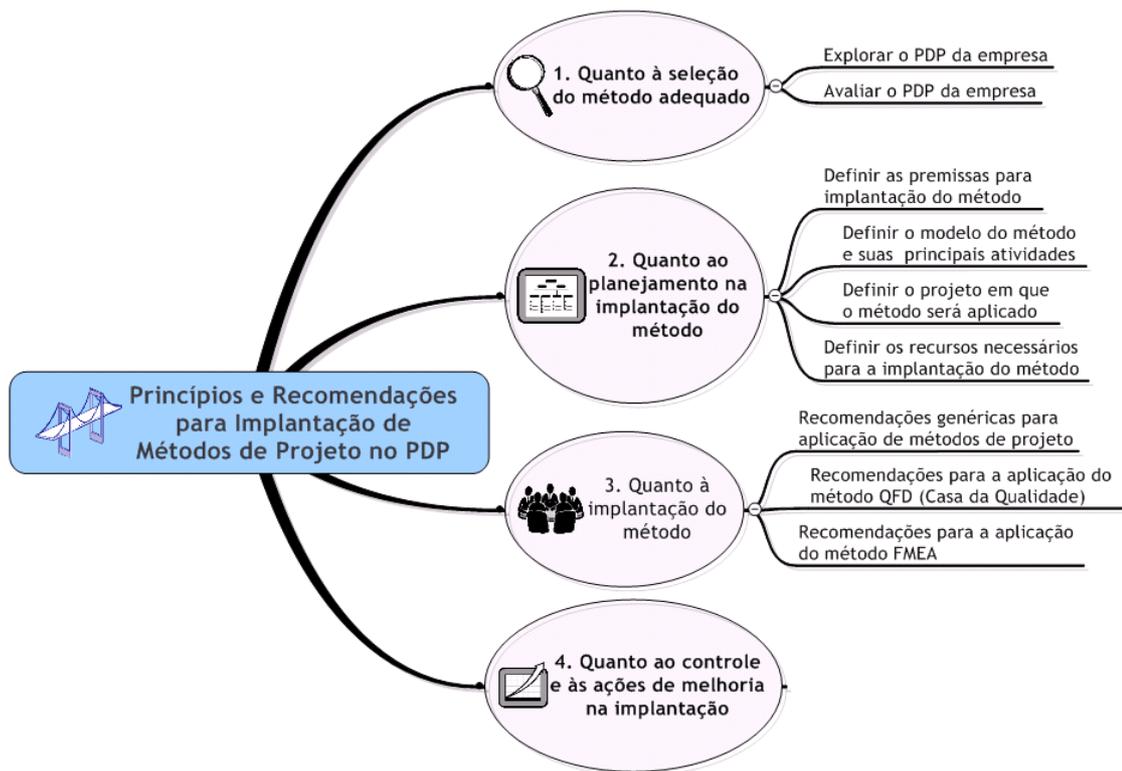


Figura 6.2. Aspectos principais para implantação de métodos de projeto na indústria (do autor).

Portanto, percebe-se através da Figura 6.2 que os P&R estão suportados por diversos aspectos e atividades, os quais serão descritos a seguir.

6.1 QUANTO À SELEÇÃO DO MÉTODO ADEQUADO

A seleção do método adequado consiste em definir qual(is) o(s) método(s) de apoio ao projeto mais apropriado(s) para ser implantado em uma empresa, considerando as reais necessidades de melhorias de seu PDP.

Conforme apresentado no Capítulo 3 e Capítulo 4, um dos maiores problemas quanto à implantação de métodos de apoio ao PDP na indústria está relacionado à seleção incorreta dos métodos, o que leva a uma aplicação inadequada, seguida de resultados insatisfatórios. Portanto, esse é o principal problema a ser estudado visando à implantação de métodos de projeto na indústria. Ele requer cuidados especiais para não provocar rejeições durante o processo de implantação.

Os P&R para auxiliar na resolução desse problema foram gerados durante a pesquisa-ação, sendo caracterizados pelas seguintes atividades: **explorar o PDP da empresa e avaliar o PDP da empresa**. Tais atividades consistem, primeiramente, em conhecer e explorar o PDP da empresa e depois compará-lo, em termos de atividades e resultados esperados, com o Modelo de Referência do PDP (Capítulo 2). Portanto, tais atividades devem ser geridas por uma pessoa que tenha conhecimento e domínio do Modelo de Referência do PDP e tenha

habilidade de comunicação e percepção na coleta de informações durante a seleção do método adequado. Tal pessoa pode ser nomeada como analista do PDP.

Durante o processo de seleção do método adequado, é de suma importância a participação de todos os departamentos ou setores da empresa envolvidos direta ou indiretamente no PDP, para facilitar a coleta das reais necessidades de melhorias do PDP.

6.1.1 Explorar o PDP da empresa

Essa atividade está alicerçada no **princípio da análise sistêmica** e consiste em investigar e analisar todos os conhecimentos e informações relativas ao PDP que é praticado pela empresa analisada. Nesse aspecto, o analista, primeiramente, deverá efetuar uma pesquisa com os envolvidos no PDP da empresa (envolvidos de forma direta ou indireta, e independente da estrutura da empresa), a fim de atingir os seguintes objetivos e/ou resultados:

1. Caracterizar e conhecer o mercado de atuação; linha de produtos; principais clientes e estrutura da empresa;
2. Conhecer e identificar as principais características do setor de desenvolvimento de produto da empresa, tais como: membros e funções no setor de DP, tipo de projeto normalmente desenvolvido, fases do PDP e como se procedem as atividades de DP na empresa (envolvidos, métodos utilizados e principais resultados das fases);
3. Coletar necessidades de melhoria com os envolvidos com o PDP da empresa, buscando identificar as principais dificuldades (problemas) enfrentadas durante o DP e durante o uso e/ou implantação de métodos de projeto na empresa;
4. Familiarizar o analista com os procedimentos e normas adotados pela empresa e com os envolvidos no PDP, a fim de facilitar a tarefa de seleção do método mais adequado e facilitar a futura implantação dele.

O atendimento desses objetivos é de fundamental importância para a execução com êxito da segunda atividade de seleção do método adequado (avaliação do PDP), pois demonstra como são desenvolvidos os produtos, ou seja, como é executado o PDP.

A atividade de explorar o PDP da empresa poderá ser executada por meio de entrevistas e aplicação de questionários aos profissionais da empresa, consultas a documentos relativos ao PDP e participação indireta do analista nas atividades de desenvolvimento de produtos da empresa (por exemplo, participação em reuniões, acompanhamento das atividades de DP, observações e análise da comunicação entre os colaboradores). A fim de obter resultados significativos nessa atividade, foram levantadas as seguintes recomendações:

1. Buscar apoio das lideranças e supervisores da empresa, a fim de eliminar barreiras e inseguranças entre o analista e demais membros da empresa;
2. Definir um analista que não faça parte das atividades normais de DP da empresa, a fim de identificar problemas rotineiros no PDP;
3. Analisar todos os departamentos e/ou setores da empresa envolvidos no desenvolvimento de produtos, a fim de identificar problemas genéricos no PDP da empresa e não específicos ao setor de DP;
4. Divulgar as informações e resultados obtidos aos envolvidos, para facilitar a identificação das necessidades e das expectativas de melhoria;
5. Preservar a identidade dos envolvidos, a fim de não inibir as opiniões dos membros da empresa.

6.1.2 Avaliar o PDP da empresa

Após a coleta de informações e conhecimentos relativos ao desenvolvimento de produtos, a próxima etapa visando à implantação de um método de projeto seria avaliar o referido PDP. Um **princípio** que pode ser usado para a execução desse tipo de atividade é a **adoção de um modelo de referência** que para este caso consiste em efetuar uma avaliação comparativa do PDP praticado pela empresa com um Modelo de Referência de PDP, tal como o apresentado no Capítulo 2. O objetivo com isso é efetuar um diagnóstico que identifique os pontos falhos no PDP da empresa através de uma análise quantitativa (por meio de pesos) do nível de desenvolvimento de suas atividades de projeto, a fim de conduzir a seleção do(s) método(s) de projeto mais adequado(s) a ser(em) implantado(s) na empresa.

Essa avaliação considera as principais fases e atividades do Modelo de Referência de PDP e deve ser executada pelo analista juntamente com os coordenadores de projetos e integrantes do setor de DP. É aconselhável também a participação dos gerentes dos demais departamentos envolvidos no PDP. O analista deverá verificar como a empresa está executando cada atividade do seu PDP e quais são os principais resultados obtidos com elas. Após deve efetuar uma comparação com as atividades e resultados das fases do Modelo de Referência do PDP que se aplicam à referida empresa. A avaliação se procede através do acompanhamento da execução prática das atividades de desenvolvimento de produtos e análise dos principais resultados do PDP da empresa, por meio da verificação de documentos e entrevistas com os gerentes e integrantes do setor de DP da empresa a ser analisada. Essa análise poderá ser feita pelo seguinte questionamento: *Como a empresa está executando esta atividade no desenvolvimento de seus produtos e quais os resultados obtidos pela empresa?*

Nessa avaliação, recomenda-se a adoção de medidas de pesos para avaliar o nível de desenvolvimento das atividades do PDP da empresa no qual se efetuará uma análise. Como sugestão apresenta-se os pesos apresentados no Quadro 6.1.

Quadro 6.1. Escala do nível de desenvolvimento das atividades do PDP (do autor).

Nível de Desenvolvimento das atividades do PDP		Interpretação
0%	Não atende ou não realiza	A empresa não desenvolve tal atividade ou não apresenta os resultados relativos à atividade
25%	Atende insuficientemente	A empresa atende de forma insuficiente a atividade e apresenta poucos resultados relativos à atividade
50%	Atende parcialmente	A empresa atende parcialmente a atividade e apresenta alguns dos resultados relativos à atividade
75%	Atende satisfatoriamente	A empresa atende tal atividade e apresenta quase todos os resultados relativos à atividade
100%	Atende plenamente	A empresa atende plenamente tal atividade e apresenta todos os resultados relativos à atividade

Portanto, a avaliação comparativa tem como objetivo verificar o nível de desenvolvimento das atividades do PDP de uma determinada empresa em relação ao Modelo de Referência do PDP (atividades e seus resultados). Para formalizar essa avaliação, sugere-se a aplicação da matriz apresentada na Figura 6.3.

Dessa forma, cabe como pré-requisito do analista do PDP o conhecimento pleno do Modelo de Referência do PDP (fases, atividades e principais resultados) e das práticas de desenvolvimento de produtos da empresa a ser analisada (procedimentos, atividades, principais resultados, métodos de projeto utilizados). Caso deseje-se efetuar uma avaliação ainda mais detalhada, sugere-se incluir, na matriz de avaliação, as tarefas que compõem cada atividade do modelo de referência do PDP, conforme exposto no Capítulo 2.

Caso alguma das atividades do Modelo de Referência não se aplique ao PDP praticado pela empresa a ser analisada, sua avaliação deve ser desconsiderada e identificada com o código NA (não se aplica). A condição aplica ou não se aplica deve se referenciar no tipo de projeto desenvolvido pela empresa, ou seja, basear-se no grau de complexidade e inovação tecnológica dos projetos de produtos normalmente desenvolvidos pela empresa, conforme demonstrado no Capítulo 2 e exemplificado no Capítulo 4. Caso a empresa possua diversidade nos tipos de projetos de produtos desenvolvidos, ou seja, ela desenvolve tanto projetos radicais como projetos plataforma, sugere-se considerar todas as atividades do modelo de referência do PDP em tal avaliação, a fim de evitar o descarte de uma atividade que seja importante à referida empresa executar. Dessa forma, evita-se o erro do tipo 1 conforme Montgomery (1997-b), ou seja, de rejeitar à hipótese nula sendo ela verdadeira. Com isso, reduz-se a probabilidade de falhas no projeto durante as fases de fabricação ou até durante o uso do produto, as quais geram grandes prejuízos à uma empresa.

Matriz de avaliação comparativa do nível de desenvolvimento das atividades do PDP da empresa com o Modelo de Referência do PDP								
O quê?							Legenda:	
Onde?	No setor de DP da empresa e demais departamentos envolvidos no PDP.						0% = Não atende ou não realiza	
Quem?	Pesquisador, gerentes, coordenadores e integrantes do setor de DP.						25% = Atende insuficientemente	
Como?	Através da pesquisa-ação, questionamentos e acompanhamento da execução prática das atividades do PDP da empresa.						50% = Atende parcialmente	
Quando?	Na fase de coleta de dados da pesquisa-ação.						75% = Atende satisfatoriamente	
Por quê?	Identificação das necessidades de melhorias no PDP da empresa e referência para seleção dos métodos de projeto necessários ao PDP da empresa.						100% = Atende plenamente	
Questão geral	<i>Como a empresa está executando essa atividade no desenvolvimento de seus produtos ou quais os resultados obtidos pela empresa nessa atividade?</i> <i>Atividades e alguns resultados esperados</i>							
		Avaliação					OBS. Nº	
		0%	25%	50%	75%	100%		
Fase 2.1 - Projeto Informacional	2.1.1	Atualizar o plano do Projeto Informacional						
	2.1.2	Revisar e atualizar o escopo do produto. Resultado: declaração do escopo do produto						
	2.1.3	Detalhar o ciclo de vida do produto e definir seus clientes. R: estágios do ciclo de vida do produto.						
	2.1.4	Identificar os requisitos dos clientes do produto. R: requisitos dos clientes.						
	2.1.5	Definir os requisitos do produto. R: requisitos do produto.						
	2.1.6	Definir as especificações-meta do produto. R: especificações-meta do produto.						
	2.1.7	Monitorar a viabilidade econômica						
	2.1.8	Avaliar fase						
	2.1.9	Aprovar fase						
	2.1.10	Documentar as decisões tomadas e registrar lições aprendidas						
Fase 2.2 - Projeto Conceitual	2.2.1	Atualizar o plano do projeto conceitual						
	2.2.2	Modelar funcionalmente o produto. R: requisitos funcionais, função global, lista de funções do produto.						
	2.2.3	Desenvolver princípios de solução para as funções. R: princípios de solução.						
	2.2.4	Desenvolver as alternativas de solução para o produto. R: alternativas de projeto ou de solução.						
	2.2.5	Definir a arquitetura para as alternativas de projeto. R: <i>layout</i> do produto.						
	2.2.6	Analisar sistemas, subsistemas e componentes (SSC). R: <i>concepções</i> para o produto; BOM inicial						
	2.2.7	Definir ergonomia e estética do produto. R: <i>concepções</i> para o produto						
	2.2.8	Definir fornecedores e parcerias de co-desenvolvimento. R: fornecedores e parcerias de co-desenvolvimento qualificados						
	2.2.9	Selecionar a concepção do produto. R: concepção escolhida						
	2.2.10	Definir plano macro de processo. R: relatório de processo de manufatura macro; plano de processo macro; plano de montagem macro.						
	2.2.11	Atualizar estudo de viabilidade econômico-financeiro						
	2.2.12	Avaliar fase						
	2.2.13	Aprovar fase						
	2.2.14	Documentar as decisões tomadas e registrar lições aprendidas						
Fase 2.3 - Projeto Detalhado	2.3.1	Atualizar o plano do projeto detalhado						
	2.3.2	Criar e detalhar SSCs, documentos e configurações. R: especificações dos SSCs; desenhos finais com tolerâncias; estrutura do produto (BOM); planos de processo; protótipo funcional.						
	2.3.3	Decidir fazer ou comprar SSCs. R: Decisão make-or-buy; Informação de fornecedores; cotação dos SSCs comprados.						
	2.3.4	Desenvolver fornecedores. R: informação de fornecedores; certificação fornecedores; contratos com fornecedores; confirmação de cotação.						
	2.3.5	Planejar processo de fabricação e montagem. R: planos de processo de fabricação e montagem.						
	2.3.6	Projetar recursos de fabricação. R: projetos dos recursos de fabricação.						
	2.3.7	Avaliar SSCs, configuração e documentação do produto e processo. R: especificações dos SSCs (atualizadas); desenhos finais com tolerâncias (atualizadas); estrutura do produto (BOM) (atualizadas); planos de processo (atualizadas)						
	2.3.8	Otimizar produto e processo. R: especificações dos SSCs (otimizadas); desenhos finais com tolerâncias (otimizadas); estrutura do produto (BOM) (otimizadas); planos de processo (otimizadas).						
	2.3.9	Criar material de suporte do produto. R: manual de operações do produto; material de treinamento; manual de descontinuidade do produto.						
	2.3.10	Projetar embalagem. R: projeto da embalagem.						
	2.3.11	Planejar fim de vida do produto. R: plano de fim-de-vida do produto						
	2.3.12	Testar e homologar produto. R: homologação do produto.						
	2.3.13	Enviar documentação do produto a parceiros. R: documentos compartilhados.						
	2.3.14	Monitorar a viabilidade econômico-financeira						
	2.3.15	Avaliar fase						
	2.3.16	Aprovar fase						
	2.3.17	Documentar as decisões tomadas e registrar lições aprendidas						

OBS.: quando a atividade do modelo de referência do PDP não se aplica à empresa, preencher o campo "OBS. Nº." com NA (não se aplica)

Figura 6.3. Modelo da matriz de avaliação do nível de desenvolvimento das atividades do PDP de uma empresa (do autor).

O ideal ainda é que o Modelo de Referência se adapte ao tipo de projeto a ser desenvolvido na empresa, evitando, assim, o erro do tipo 2 conforme também Montgomery (1997-b), ou seja, de não rejeitar a hipótese nula sendo ela falsa ou não eliminar uma determinada atividade do PDP sendo ela desnecessária à empresa executar. Dessa forma, evitam-se investimentos desnecessários durante o desenvolvimento de produtos na empresa.

Após a avaliação comparativa do nível de desenvolvimento das atividades do PDP da empresa com o Modelo de Referência do PPD, ou seja, o preenchimento da matriz representada pela Figura 6.3, torna-se necessário analisar e interpretar os resultados obtidos. A interpretação dos resultados obtidos dos níveis de desenvolvimento pode ser verificada no Quadro 6.2. Por exemplo, uma atividade classificada por 0% de atendimento significa que a empresa não atende tal atividade e não obtém seus resultados, ou seja, a atual execução e resultados dessa atividade estão em estado crítico. Sugere-se, então, tomar ações com alta prioridade através da implantação de um ou mais métodos de projeto na empresa que melhorem tal situação.

Quadro 6.2. Interpretação das escalas de avaliação das atividades do PDP (do autor).

Resultado da avaliação		Prioridade	Parecer / Sugestões / Ação
0%	Não atende ou não realiza	Alta prioridade	Está crítico. Sugere-se implantar um método, técnica ou ferramenta que suporte a atividade e sistematize o PDP.
25%	Atende insuficientemente	Média prioridade	Está irregular. Precisa de melhorias nessa atividade do PDP, estudar a possibilidade da utilização de outro método, técnica ou ferramenta mais eficiente.
50%	Atende parcialmente	Baixa prioridade	Está regular. Sugere-se avaliar a aplicação do atual método e resultados da atividade; se necessário melhorar a aplicação ou utilizar outro método, técnica ou ferramenta mais eficiente.
75%	Atende satisfatoriamente	Sem prioridade	Está bom. Sugere-se controlar a aplicação do atual método e resultados da atividade e buscar a melhoria contínua.
100%	Atende plenamente	Sem prioridade	Está ótimo. Não necessita de melhorias no PDP. Sugere-se controlar os resultados das atividades e gerenciar o conhecimento desenvolvido.

A partir dessa interpretação, se estabelece prioridades de ação, facilitando a seleção do(s) método(s) de projeto mais adequado(s) à situação apresentada pela empresa que estiver sob análise. Assim, primeiramente devem ser abordadas as atividades com alta prioridade (0% de atendimento), posteriormente as de média prioridade (25% de atendimento), e assim sucessivamente. Dessa forma, tem-se uma classificação do nível de desenvolvimento das atividades do PDP da empresa.

Para auxiliar esse trabalho foi desenvolvido o Quadro 6.3.

Quadro 6.3. Quadro de indicação dos métodos de projeto adequados à situação do PDP de uma empresa (do autor).

Fase PDP	Atividades	Resultado Avaliação	Prioridade	Métodos, técnicas e ferramentas de apoio ao PDP sugeridos
Fase 2.1 - Projeto Informacional	2.1.1	Atualizar o plano do Projeto Informacional		Melhores práticas de gestão de projetos, Técnicas e procedimentos de análise financeira, Gráficos de PERT(<i>Project Evaluation and Review Technique</i>), EDT (Estrutura de Decomposição do Projeto) ou WBS (<i>Working Breakingdown Structure</i>), <i>Checklist</i> , Avaliações de especialistas, Análise SWOT (<i>Strength, Weakness, Opportunities, Threatness</i>), Método <i>Delphi</i> .
	2.1.2	Revisar e atualizar o escopo do produto		Questionário e entrevistas; pesquisas orientadas; análise do problema; grupo de foco.
	2.1.3	Detalhar o ciclo de vida do produto e definir seus clientes		Estrutura de desdobramento do ciclo de vida; <i>checklist</i> ; matrizes de mapeamento.
	2.1.4	Identificar os requisitos dos clientes do produto		Questionário estruturado; entrevistas; <i>checklist</i> ; <i>brainstorming</i> ; diagrama de afinidades; QFD (Casa da Qualidade); diagrama de <i>Mudge</i> ; clínicas de avaliação (<i>focus group</i>); <i>benchmarking</i> de produto.
	2.1.5	Definir os requisitos do produto		Matriz de atributos; <i>checklist</i> ; QFD (Casa da Qualidade); análise paramétrica; análise matricial; diagrama de <i>Mudge</i> ; <i>brainstorming</i> .
	2.1.6	Definir as especificações-meta do produto		Matriz de atributos; <i>checklist</i> ; QFD (Casa da Qualidade); análise paramétrica; análise matricial; diagrama de <i>Mudge</i> ; <i>brainstorming</i> .
	2.1.7	Monitorar a viabilidade econômica		Técnicas e procedimentos de análise financeira.
	2.1.8	Avaliar fase		Técnicas de revisões, avaliações, relatórios.
	2.1.9	Aprovar fase		Critério de avaliação e tomada de decisão.
	2.1.10	Documentar as decisões tomadas e registrar lições aprendidas		Relatórios, arquivos.
Fase 2.2 - Projeto Conceitual	2.2.1	Atualizar o plano do projeto conceitual		<i>Métodos idem à atividade 2.1.1</i>
	2.2.2	Modelar funcionalmente o produto		Abstração orientada, modelagem funcional, matriz de decisão, FAST.
	2.2.3	Desenvolver princípios de solução para as funções		Abstração orientada, catálogos de solução, <i>brainstorming</i> , sinergia, matriz morfológica, TRIZ
	2.2.4	Desenvolver as alternativas de solução para o produto		Matriz morfológica, <i>brainstorming</i>
	2.2.5	Definir a arquitetura para as alternativas de projeto		Catálogo de solução, métodos de criatividade, matriz indicadora de módulos, matriz de interfaces, matriz indicadora de módulos (MIM).
	2.2.6	Analisar sistemas, subsistemas e componentes (SSC)		Abstração orientada, modelagem funcional, matriz de decisão, DFXs.
	2.2.7	Definir ergonomia e estética do produto		Benchmarking, análise da ergonomia cognitiva e física
	2.2.8	Definir fornecedores e parcerias de co-desenvolvimento		Análise de fornecedores e cadeia de suprimentos
	2.2.9	Selecionar a concepção do produto		Matriz Passa-Não passa, Matriz de decisão
	2.2.10	Definir plano macro de processo		Análise dos processos de manufatura e seus atributos, análise da adequabilidade de materiais e processo de manufatura
	2.2.11	Atualizar estudo de viabilidade econômico-financeiro		Engenharia do Valor ou Análise do Valor
	2.2.12	Avaliar fase		<i>Métodos idem à 2.1.8</i>
	2.2.13	Aprovar fase		<i>Métodos idem à 2.1.9</i>
	2.2.14	Documentar as decisões tomadas e registrar lições aprendidas		<i>Métodos idem à 2.1.10</i>
Fase 2.3 - Projeto Detalhado	2.3.1	Atualizar o plano do projeto detalhado		<i>Métodos idem à 2.1.1</i>
	2.3.2	Criar e detalhar SSCs, documentos e configurações		Classificação, identificação e codificação, Padronização de projetos, especificação de tolerância, GD&T, métodos de cálculos e normas, Sistemas CSM, CAD/CAE/CAM/CAOO, PDM/EDM (GED), PLM.
	2.3.3	Decidir fazer ou comprar SSCs		Planilhas de cálculo, modelos de orçamentação, sistemas de cotação, sistemas de comunicação.
	2.3.4	Desenvolver fornecedores		ERP/ SCM; Sistema de cotação; Sistema de comunicação.
	2.3.5	Planejar processo de fabricação e montagem		Sistema CAPP (<i>Computer Aided Process Planning</i>), fórmulas e regras de fabricação, cartas de tolerância, CNC, Desenhos CAD, figuras, ilustrações, fotos, filmes, planos de inspeções, folha de instrução, CEP (Controle Estatístico do Processo).
	2.3.6	Projetar recursos de fabricação		Projeto de fábrica - ferramental, máquinas e instalações.
	2.3.7	Avaliar SSCs, configuração e documentação do produto e processo		Simulações CAE, CAT (<i>Computer Aided Tolerancing</i>), FMEA, Análise de falha, Realidade virtual; Análise de tolerância; Cálculos específicos; Análise experimental de tolerâncias; Planejamento de experimentos (DOE); Método Taguchi (Projeto Robusto); Prototipagem rápida, modelos analógicos, modelos icônicos.
	2.3.8	Otimizar produto e processo		CAT, DFA, FMEA, Métodos DFX.
	2.3.9	Criar material de suporte do produto		Sistemas eletrônicos de edição, filmes, realidade virtual, outros.
	2.3.10	Projetar embalagem		Análise da logística, projeto para embalagens e transporte.
	2.3.11	Planejar fim de vida do produto		DFE (<i>Design for Environment</i>), DFD (<i>Design for Disassembly</i>)
	2.3.12	Testar e homologar produto		Garantia da qualidade, atendimento dos requisitos da ISO 9001.
	2.3.13	Enviar documentação do produto a parceiros		Sistema de informações, PLM (<i>Product Life-Cycle Management</i>)
	2.3.14	Monitorar a viabilidade econômico-financeira		Técnicas e procedimentos de análise financeira.
	2.3.15	Avaliar fase		<i>Métodos idem à 2.1.8</i>
	2.3.16	Aprovar fase		<i>Métodos idem à 2.1.9</i>
	2.3.17	Documentar as decisões tomadas e registrar lições aprendidas		<i>Métodos idem à 2.1.10</i>

O Quadro 6.3 correlaciona cada atividade do PDP (com base no Modelo de Referência visto no Capítulo 2) aos métodos de projetos que suportam essas atividades e aos resultados obtidos da avaliação de um determinado PDP. Por exemplo, se após a avaliação do nível de desenvolvimento das atividades do PDP de uma empresa, a atividade de desenvolver as alternativas de solução para o produto (atividade 2.2.4) apresentar 0% de atendimento, significa que o estado dessa atividade é crítico (considerando os critérios estabelecidos), sendo necessária uma ação prioritária com a implantação da matriz morfológica e/ou do *brainstorming* na referida empresa.

Caso diversas atividades apresentem mesmos resultados, conseqüentemente mesma prioridade, recomenda-se como critério de desempate hierarquizar pelas fases do PDP em que tais atividades estão inclusas. Por esse critério, tal como adotado na pesquisa-ação (Capítulo 4), as fases iniciais do PDP são consideradas de maior prioridade, ou seja, deve-se dar preferência, primeiramente, à implantação de métodos de projeto na fase de Projeto Informacional, posteriormente na fase de Projeto Conceitual e, ao final, na fase de Projeto Detalhado. Esse segundo critério é recomendado devido às informações obtidas nas fases iniciais serem consideradas em todas as outras fases do PDP. Na persistência de empate, sugere-se utilizar essa lógica para as atividades que compõem cada fase do PDP.

Outro aspecto que pode ser levado em consideração caso ocorram dúvidas na escolha das prioridades de melhorias, são os interesses de integrantes da empresa sob análise (gerentes das áreas, coordenadores de projetos). Tais profissionais podem colaborar ao manifestar sua preferência pela implantação de determinado método identificado no Quadro 6.3. A consideração desse aspecto é de fundamental importância para o processo de implantação de um determinado método de projeto, pois ajuda na tomada de decisões, motiva a participação dos profissionais e aumenta o apoio da gerência da empresa onde serão proporcionadas as melhorias no PDP.

Dessa forma, a seleção do método de projeto adequado a ser implantado em uma determinada empresa se finaliza. No próximo item, são apresentados os P&R para o processo de implantação dos métodos selecionados.

6.2 QUANTO AO PLANEJAMENTO NA IMPLANTAÇÃO DO MÉTODO

Após a etapa de seleção do método adequado, a próxima etapa seria implantar o método na organização. Porém, um **princípio** básico para o bom encaminhamento de qualquer atividade de trabalho é o **planejamento prévio** de todas as ações que deverão ser feitas de modo que o objetivo intencionado seja atingido conforme previsto. No contexto deste

trabalho, planejar a implantação consiste em definir e organizar de antemão, os principais procedimentos a serem utilizados durante a implantação de um método, para que esta ocorra com êxito. Aplicando-se tal princípio durante a execução da implantação do método QFD e FMEA no PDP da empresa participante da pesquisa-ação, foi possível levantar algumas recomendações importantes, entre as quais, citam-se: **definição de premissas para a implantação do método, definição do modelo do método e suas principais atividades, definição do projeto ao qual o método será aplicado e definição dos recursos necessários para implantação.**

Para execução das atividades recomendadas, sugere-se ainda que seja nomeada uma pessoa na empresa para liderar, organizar e divulgar todas as informações geradas durante a execução delas com os integrantes da empresa. Sugere-se, também, que um especialista no método a ser implantado na empresa participe de tais atividades, de forma a julgar os resultados obtidos e dar suporte conceitual relativo ao próprio método. A seguir, serão descritos os principais aspectos das atividades de planejamento recomendadas.

6.2.1 Definir de premissas para a implantação do método

A definição de premissas na etapa de planejamento tem como objetivo salientar os aspectos prévios a serem considerados na condução da implantação de um método em determinada empresa, prevenindo que problemas comuns quanto ao uso do método não venham a ocorrer durante o processo de implantação. Tais premissas consistem de observações, cuidados, pontos críticos, fatores de sucesso e outras considerações que devem ser levadas em conta quando do uso ou implantação de um determinado método de projeto na indústria.

De forma geral, a definição das premissas é peculiar a cada método de apoio ao PDP e dependerá do interesse, experiência ou necessidade dos envolvidos no processo de implantação. Dentre algumas premissas genéricas para implantação de métodos de projeto na indústria identificadas durante a pesquisa, citam-se:

1. Para ocorrer uma aceitação com sucesso de um determinado método por uma empresa, é extremamente necessário que os gerentes e coordenadores de projeto estejam convencidos de que o uso dele beneficiará o desempenho da empresa, eliminando, assim, as barreiras humanas e culturais durante a implantação. O princípio da busca pelo apoio das pessoas que têm poder de decisão facilita o processo de implantação de um determinado método, podendo este ser chamado de **princípio do patrocinador da implantação;**

2. Considerar as atividades do método no planejamento do projeto de produto da empresa, a fim de evitar problemas relacionados à indisponibilidade de tempo e pessoal na execução das referidas atividades e evitar o surgimento de atividades concorrentes ao método;
3. É importante que os principais conceitos relativos a cada método sejam disseminados com fácil compreensão pelos envolvidos na implantação, a fim de evitar dificuldades relacionadas à adaptação e disseminação de conhecimentos.

Após a definição, aconselha-se que as premissas de cada método sejam utilizadas durante todo seu processo de implantação, com a finalidade de se obter eficazes aplicações. Sugere-se, também, após a primeira aplicação do método (durante sua implantação), que novas premissas sejam geradas e façam parte dos procedimentos a serem adotados pela empresa nas próximas aplicações do método.

6.2.2 Definir o modelo do método e suas principais atividades

Conforme praticado na implantação do método QFD e FMEA na empresa da pesquisa (Capítulo 5), essa atividade consiste na definição do modelo e das principais atividades a serem executadas durante o processo de implantação e aplicação de um método, de forma a possibilitar uma adaptação desse às nomenclaturas e interesses da empresa.

Entende-se por modelo do método como sendo a definição das fases e principais atividades do método que deverão ser aplicados no PDP que estiver sob análise, caso seja possível fazer essa particularização. Dentre alguns cuidados identificados durante a pesquisa para a definição do modelo e das atividades do método a ser implantado numa empresa, citam-se:

1. Recomenda-se realizar um estudo do método a ser implantado na empresa, com o objetivo de selecionar os aspectos que mais se adaptem a ela. Nessa etapa, é aconselhada a participação dos responsáveis pela implantação;
2. As fases e as atividades do método devem focar as reais necessidades de melhoria do PDP da empresa (conforme identificado na avaliação do PDP na etapa de seleção do método adequado), sem comprometer a função principal do referido método;
3. A definição clara do objetivo, das entradas e saídas de cada atividade do método, facilita o processo de aprendizagem e de disseminação de seus conceitos, conseqüentemente de sua implantação;

4. O método não deve ser utilizado como se estivesse seguindo uma receita de bolo, ou seja, sabem-se quais são as atividades a serem executadas, porém não se sabe realmente para que cada atividade é necessária;

Portanto, para ocorrer uma aceitação com sucesso de um método de projeto a ser implantado numa empresa, é extremamente necessário adaptá-lo à situação e à necessidade da empresa, sem desviar do conhecimento sobre os elementos principais de funcionamento desse método. Esse princípio de adaptação do método à empresa pode ser chamado de **princípio da afinidade ao contexto**.

Outro aspecto que auxilia na implantação é a organização das atividades do método num modelo orientado ao processo, conforme proposto por Birkhofer *et al.* (2001) e Birkhofer *et al.* (2002) e descrito no Capítulo 3. O modelo orientado ao processo permite que um método seja descrito em um modelo de processo composto por entrada, seqüência, saída e outros parâmetros influentes como, por exemplo, as habilidades e a infra-estrutura da empresa. Dessa forma, tem-se um guia para aplicação e ensino do método durante a etapa de implantação numa empresa.

6.2.3 Definir o projeto em que o método será aplicado

Essa atividade tem por objetivo escolher o projeto no qual será feita a implantação do método na empresa. Partindo da idéia de que a primeira imagem é a que fica, denominado aqui de **princípio da experiência positiva**, é imprescindível que tal projeto necessite da execução de atividades em que o uso do método a ser implantado possa, efetivamente, trazer os benefícios dele esperados. Só assim os resultados da aplicação do método poderão ser percebidos, fazendo com que gerentes, coordenadores de projetos e demais profissionais reconheçam a importância e necessidade de sua implantação na empresa. Com isso faz-se uso também, de um princípio fundamental para a boa aceitação e continuidade de uso de qualquer método de trabalho, o **princípio do reconhecimento do valor**.

É recomendável ainda que o trabalho necessário à aplicação do método seja compatível com o escopo do projeto em que ele será aplicado, a fim de evitar atrasos em cronogramas e conseqüentes rejeições quanto ao uso do método, uma vez que o processo de implantação é bem mais lento que o uso contínuo do método.

Recomenda-se também que o projeto escolhido para a aplicação inicial do método não seja de alta complexidade, para facilitar a introdução dos conceitos do método e a obtenção de resultados imediatos à aplicação. Dessa forma, resgata-se o **princípio da simplicidade na aplicação** do método, onde é recomendado, primeiramente, aplicar o método nos projetos

mais simples ou de baixa complexidade para a empresa e, posteriormente, numa segunda necessidade de aplicação do método, nos projetos mais complexos.

6.2.4 Definir os recursos necessários para a implantação do método

A definição dos recursos necessários para a implantação de um método de projeto numa empresa é importante para a gerência estimar os investimentos que serão necessários, e possa incluí-los no planejamento de recursos, treinamentos e melhorias do setor de DP. A seguir, serão apresentadas algumas recomendações para a abordagem dos principais recursos a serem definidos antes da implantação de um método de projeto.

6.2.4.1 Recursos humanos necessários

Quanto aos recursos humanos necessários às atividades de implantação de um método de projeto, as recomendações são as seguintes:

- **Em relação à equipe de implantação:** recomenda-se que tal equipe seja a mesma do projeto do produto escolhido como marco experimental para a implantação do método na empresa. Dessa forma, é importante a participação do coordenador do projeto, projetistas e outros profissionais dos departamentos que fazem parte da equipe do referido projeto. O coordenador do projeto é responsável por delegar atribuições, liderar a equipe, organizar os resultados e avaliar a aplicação e implantação do método. Os projetistas e demais profissionais são responsáveis pela execução das atividades e pela avaliação da implantação do método.
- **Em relação ao coordenador da implantação:** tal profissional terá a função de coordenar as atividades de implantação do método na empresa e dar apoio conceitual sobre ele à equipe de implantação. Portanto, recomenda-se que o profissional escolhido tenha pleno domínio sobre os conceitos necessários à compreensão e aplicação do método. Desde que atenda a esse requisito básico, esse coordenador poderá ser da própria empresa ou então um profissional contratado especificamente para esse fim (por exemplo: especialista ou consultor).

6.2.4.2 Recursos materiais e financeiros

Quanto aos recursos materiais necessários para a implantação de um método de projeto numa empresa, as recomendações são as seguintes:

- Adotar um sistema computacional para execução e/ou formalização das atividades do método. Tal sistema não necessita ser específico ao método, porém a equipe deve ter

conhecimento e domínio sobre ele para um melhor aproveitamento do tempo na implantação e execução das atividades do método;

- Confeccionar materiais didáticos para servir de apoio e guia à equipe da implantação e execução das atividades do método (por exemplo: apostilas e/ou apresentações).
- Capacitar a equipe responsável pela implantação através de treinamentos sobre os procedimentos de execução e aplicação do método;
- Utilizar outros recursos materiais e financeiros específicos que podem variar segundo: o tipo de método de projeto a ser implantado, a definição das fases e das atividades do método, a complexidade do projeto em que o método será aplicado e o nível de detalhamento exigido no projeto.

Após definidos os principais aspectos no planejamento da implantação do método de projeto, recomenda-se à empresa elaborar um cronograma das principais atividades, responsáveis e prazos necessários para execução da implantação. É de suma importância que tal cronograma seja contemplado no cronograma geral do projeto onde o método será aplicado. Desse modo, tanto o tempo como os recursos são gerenciados pelo coordenador da implantação, evitando, assim, problemas relacionados à falta de tempo e à falta de participação dos membros da equipe durante a aplicação do método na empresa.

6.2.4.3 Capacitação dos profissionais

Fazendo uso do **princípio da fundamentação teórica**, que parte do entendimento de que o desconhecimento é a principal barreira, é indispensável treinar os profissionais participantes da implantação do método na empresa, a fim de proporcionar-lhes habilidades conceituais suficientes para aplicação prática do método de projeto.

Conforme resultados apresentados no Capítulo 4 e Capítulo 5, uma das principais barreiras quanto à implantação dos métodos de projeto na indústria está relacionada ao aspecto humano, referente às dificuldades no aprendizado dos conceitos do método, à falta de tempo dos profissionais para aplicação do método (devido às atividades concorrentes) e às barreiras culturais da empresa.

Dessa forma, o treinamento e a capacitação dos profissionais são considerados fatores de sucesso na implantação de métodos de projeto na indústria. O primeiro aspecto a ser desenvolvido na equipe responsável pela aplicação do método é que ela deve estar convencida que a implantação dele melhorará o PDP da empresa. Jänsch *et al.* (2003) também sugerem o desenvolvimento de atributos na equipe, tais como: a motivação, a capacidade de processar informações e a capacidade de distinção entre os métodos.

Por isso, recomenda-se que a capacitação dos profissionais deva ficar sob responsabilidade do coordenador da implantação do método, que também deve gerenciar a execução das atividades do método e evitar a tendência da equipe ao menor esforço. Dentre os aspectos recomendados para se ater durante a capacitação dos profissionais, citam-se:

1. Buscando seguir o **princípio da eficiência e da eficácia**, o material didático a ser utilizado no treinamento dos profissionais deve conter informações essenciais e suficientes para o aprendizado do método a ser executado na empresa. Dessa forma, recomenda-se incluir os seguintes tópicos no programa do treinamento:
 - a. Conceitos fundamentais e objetivos do método;
 - b. Benefícios da aplicação do método;
 - c. Generalidades e premissas para aplicação do método;
 - d. Procedimentos gerais para a aplicação do método;
 - e. Definição clara do modelo e das atividades do método a ser utilizado pela empresa;
 - f. Exemplo de aplicação e simulação prática do método.
2. O treinamento deve ser conciso, específico e voltado ao uso prático para facilitar o aprendizado dos profissionais e não tornar uma atividade fadigosa. Recomenda-se efetuar uma pré-avaliação dos profissionais que serão treinados, com o objetivo de verificar o nível de conhecimento de cada um deles, buscando, durante o treinamento, o nivelamento da equipe;
3. As atividades do método a serem executadas no projeto de produto devem ser definidas de forma clara aos profissionais que serão os responsáveis pela aplicação na empresa;
4. Recomenda-se que a capacitação dos profissionais se estenda durante a etapa de aplicação prática do método na empresa, de forma a sanar possíveis dúvidas relacionadas aos conceitos e/ou ao delineamento das atividades do método;
5. Após a aplicação do referido método de projeto, recomenda-se proporcionar treinamentos constantes e atualizados à equipe envolvida na implantação, com o objetivo de garantir que os conceitos do referido método permaneçam inseridos na empresa e que suas futuras aplicações sejam bem-sucedidas.

Além da competência, cabe à equipe proposta a utilização do método, desenvolver habilidades e experiências para futuras aplicações, ou seja, a equipe deve obter o conhecimento necessário para executar o método.

6.3 QUANTO À IMPLANTAÇÃO DO MÉTODO

Partindo do **princípio da comprovação prática**, a execução adequada da etapa de implantação do método na empresa é fundamental para a continuidade do uso do mesmo, pois é nela que irá ocorrer a demonstração, na prática, de sua importância para melhoria do PDP. Nessa etapa, as premissas são consideradas, o modelo e as atividades do método, definidos para a empresa, são executados, e os recursos são utilizados com maior intensidade. A implantação é o momento em que a equipe responsável pelo projeto tem maior atuação e responsabilidade.

Em função do escopo da pesquisa, as recomendações referentes a este aspecto foram divididas em: recomendações genéricas para aplicação de métodos de projeto, recomendações para a aplicação do método QFD e recomendações para a aplicação do método FMEA. O primeiro grupo, a ser descrito a seguir, é de caráter geral podendo ser aplicável a qualquer método. Os outros dois grupos, apresentados no [Apêndice 8](#) e [Apêndice 9](#), são mais específicos e foram originados a partir da aplicação específica dos dois métodos citados (QFD e FMEA) no PDP da empresa da pesquisa-ação.

6.3.1 Recomendações genéricas para aplicação de métodos de projeto

Durante a pesquisa foram identificadas as seguintes recomendações genéricas para aplicação de métodos de projeto na indústria:

1. É importante estar bem evidente para os responsáveis pela aplicação do método quais as principais entradas e saídas requeridas, e quais os objetivos de cada atividade a ser executada. Tal recomendação pode ser auxiliada pelo *Modelo de Métodos de Munique* (MMM), descrito no Capítulo 3, o qual destaca e correlaciona os atributos do método com suas etapas de execução;
2. A equipe responsável pela implantação do método deve estar ciente da importância dele para o PDP da empresa e capacitada para a correta aplicação;
3. O comprometimento da equipe é fundamental para o bom delineamento das atividades do método, dentro dos prazos e resultados esperados. A equipe deve também formalizar as informações geradas durante a aplicação do método na empresa, tanto positivas como negativas, para apoiar futuras aplicações do método na empresa.
4. A definição de um líder de equipe para coordenar a execução das atividades do método na empresa é importante para gerenciar os recursos e os prazos. Tal líder

poderá ser o próprio coordenador do projeto em que será feita a implantação do método, desde que o mesmo esteja preparado para orientar essa aplicação;

5. A presença do líder durante a implantação é importante para identificar e corrigir os pontos falhos que porventura irão surgir, e também para dar apoio conceitual à equipe, uma vez que será a primeira aplicação do método na empresa.

6.4 QUANTO AO CONTROLE E ÀS AÇÕES DE MELHORIA NA IMPLANTAÇÃO

Conforme identificado durante a pesquisa de campo e literária, um dos maiores problemas após a implantação dos métodos de projeto na indústria é dar continuidade à aplicação deles nos projetos de produtos das empresas. Nesse contexto, o controle consiste em avaliar a implantação de um determinado método numa empresa, de forma a identificar os pontos de maior deficiência durante a aplicação e propor ações de melhorias aos procedimentos utilizados, a fim de torná-lo parte integrante da rotina do PDP.

Dentre os principais aspectos sugeridos a serem controlados durante a implantação de um método numa empresa, recomenda-se:

1. Estabelecer medidas de controle dos resultados e saídas das atividades previstas pelo método, de forma a evitar que erros acumulativos prejudiquem o resultado global da aplicação do método, dificultem o aprendizado da equipe e/ou gerem resultados não significativos à melhoria do PDP da empresa, provocando, assim, rejeições na implantação;
2. Acompanhar, permanentemente, a evolução do aprendizado da equipe, identificando e sanando as maiores dificuldades conceituais dos membros da equipe responsável pela implantação do método na empresa. Recomenda-se avaliar o nível de conhecimento da equipe durante os treinamentos ou aplicações do método, objetivando proporcionar um equilíbrio de conhecimento entre os profissionais. Tal equilíbrio estimula e facilita as futuras aplicações do método na empresa.

Recomenda-se que o controle da implantação seja efetuado pelo coordenador da implantação, uma vez que este deve ser, salvo melhor juízo, o indivíduo com maior *know-how* sobre o método.

Embora as ações de melhorias sejam peculiares à situação do PDP de cada empresa, ao tipo de método e aos principais resultados obtidos na implantação, recomenda-se planejar e executar as seguintes ações de melhorias numa implantação:

1. Criação de procedimento padrão para as futuras aplicações do método na empresa, baseado nos procedimentos utilizados no processo de implantação (fase de aplicação do método) e nas experiências obtidas nessa etapa. Na maioria dos casos, um procedimento passa a ser padronizado após aplicações bem-sucedidas;
2. Recomenda-se que a equipe responsável pela implantação do método na empresa realize reuniões periódicas na empresa para discussão dos principais conceitos relacionados ao método e para a tomada de ação as principais dificuldades apresentadas durante a aplicação dele na empresa. Sugere-se à equipe responder aos seguintes questionamentos: em quais conceitos os membros da equipe apresentaram maior dificuldade? Quais as etapas do método que necessitam de melhorias? Como será aplicado o método novamente na empresa e quais as ações de melhoria nas próximas aplicações?
3. Recomenda-se que um especialista no método participe nas primeiras reuniões da equipe e na próxima aplicação do método na empresa. Tal especialista ajudará a equipe na tomada de decisões e sanará as dúvidas conceituais relativas ao método;
4. Recomenda-se, também, a realização de treinamentos adicionais e contínuos dos profissionais da empresa sobre os conceitos atualizados do método, para desenvolver o *know-how* da equipe. À medida que alguns membros da equipe passam a ter um nível mais elevado de conhecimento sobre o método, recomenda-se que tais profissionais se tornem multiplicadores do método na empresa.

Além das ações de melhoria apresentadas anteriormente, recomenda-se também levantar as sugestões e ações propostas pelos profissionais participantes de todo o processo, pois elas são extremamente importantes na implantação do método, uma vez que tais profissionais são os principais responsáveis pelo atendimento das ações de melhoria e futuras aplicações do método na empresa.

As ações de melhoria definidas devem ser gerenciadas pelo coordenador da implantação e executadas pelo grupo de discussão, o qual aplicará novamente o método. Como se trata de um processo de melhoria contínua recomenda-se ainda que: seja verificado o atendimento das ações definidas; sejam efetuados novos controles e avaliações; e sejam geradas novas ações de melhoria quanto à aplicação contínua do método na empresa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme pôde ser acompanhado neste capítulo, os Princípios e Recomendações (P&R) são proposições que servem de base para determinar conclusões e auxiliar a aplicação e implantação de métodos de projeto na indústria.

Os P&R levantados foram agrupados com relação a quatro aspectos, que correspondem ao que se supôs como etapas lógicas para aplicação de um novo método de trabalho. Assim, os P&R foram agrupados quanto: à seleção do método a ser implantado de acordo com o PDP sob análise; ao planejamento na implantação do método selecionado; à implantação do método; ao controle e às ações de melhoria na implantação.

Tais P&R são compostos por indicações de atividades, cuidados e precauções a serem adotadas antes, durante e depois da implantação de um método de projeto numa empresa.

Na elaboração dos P&R, aqueles referentes à seleção do método adequado e à capacitação dos profissionais foram os que receberam maior destaque, uma vez que grande parte dos problemas identificados durante a pesquisa esteve relacionada ou foi suportado por esses aspectos.

Conforme visto no Capítulo 3, as principais abordagens sobre a seleção e a implantação dos métodos de projeto na indústria partem do pressuposto que a empresa já deve possuir certo conhecimento dos métodos que são importantes para seu PDP. Na pesquisa de campo e na própria pesquisa-ação, percebeu-se que em geral isso não ocorre, ou seja, na maioria das vezes esse conhecimento é bastante vago.

Com relação à capacitação dos profissionais, percebeu-se também que a etapa de treinamento e aplicação prática é fundamental para o aprendizado dos conceitos relativos ao método a ser implantado. Esse aspecto é decisivo para incentivar a introdução de um determinado método em uma empresa. Ocorre que o contato com métodos de projeto, quando existe, normalmente é feito por meio de cursos rápidos, realizados por um único profissional, fora do ambiente fabril e com exemplos desvinculados de sua realidade de trabalho. Dessa forma, passado o curso, o método acaba no esquecimento. Esses fatos foram levados em consideração na elaboração dos P&R.

No que se refere à seleção de métodos, diferentemente da literatura, procurou-se estabelecer P&R que orientem a escolha de métodos adequados às necessidades peculiares de cada PDP. Dentro desse enfoque, a seleção do método adequado objetivou definir qual(is) o(s) método(s) de projeto importante(s) para a empresa segundo sua real necessidade de melhoria do PDP. Nesse sentido, foram estabelecidos P&R que orientam a realização de avaliações comparativas entre o PDP real e um Modelo de Referência da literatura, para, a

partir daí, identificar as necessidades específicas e então partir para a busca e seleção de métodos apropriados.

A partir da seleção, houve a preocupação também de estabelecer P&R direcionados à promoção do ensino e treinamento do método a ser implantado. A metodologia de ensino dos conceitos de um método deve ser adequada e planejada de modo a possibilitar a execução com êxito de todas as atividades de implantação e aplicação do método na empresa.

Além desses aspectos, foram levantados P&R para outras duas etapas importantes, que seriam a própria implantação de métodos e o controle e as ações de melhoria, fechando desse modo o ciclo dos procedimentos propostos. Tem-se assim um arcabouço metodológico para guiar as empresas na implantação de métodos de projeto no PDP, satisfazendo-se assim um dos objetivos propostos para este trabalho.

CAPÍTULO 7

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Finalizadas as etapas da pesquisa e atingidos seus objetivos, a seguir apresentam-se as principais conclusões e recomendações para futuros trabalhos nessa área de conhecimento.

7.1 CONCLUSÕES SOBRE AS QUESTÕES ORIENTADORAS DA PESQUISA

A fim de melhor entender o problema de pesquisa e atender seus objetivos, no início do trabalho foram estabelecidas algumas questões orientadoras que auxiliaram nas investigações. A seguir são apresentadas as principais conclusões sobre tais questões.

1. Quais os principais problemas que dificultam o uso e a implantação de métodos de projeto em um ambiente industrial?

Dentre os principais problemas identificados durante a pesquisa que dificultam o uso e a implantação de métodos de projeto em um ambiente industrial, citam-se:

- a. Seleção incorreta dos métodos, o que leva a uma aplicação inadequada seguida de resultados insatisfatórios;
- b. Os profissionais das empresas não conhecem os diversos métodos existentes e suas potencialidades, devido à falta de disseminação do conhecimento e, muitas vezes, às barreiras culturais da própria empresa;
- c. Falta de treinamento adequado dos profissionais, seguida do uso ocasional do método, que levam a aplicações ineficientes e provocam rejeições nas próximas aplicações;
- d. Falta de adaptação dos métodos a cada empresa e ao uso prático durante as etapas de qualificação dos profissionais e aplicação dos métodos na implantação;
- e. Falta de tempo dos profissionais para o aprendizado e aplicação dos métodos, devido à existência de atividades concorrentes na empresa e à falta de planejamento.

2. Quais os métodos de projeto de maior aceitação e os de maior rejeição pela indústria? Por quê?

Conforme apresentado na pesquisa, os métodos que possuem maior aceitação pela indústria são: **sistemas CAD/CAE/CAM, análise da viabilidade econômica, benchmarking, ensaios em protótipos, pesquisa/análise de patentes e checklist**. Os métodos menos utilizados são: **QFD, FMEA, análise funcional do produto, matriz morfológica, Taguchi e Engenharia e Análise do Valor (EVA)**. Os métodos não identificados na pesquisa, porém citados no trabalho, comprovam que as empresas brasileiras ainda não possuem conhecimento sobre todas as potencialidades destes recursos.

Ficou evidente, no estudo de campo, que os métodos menos utilizados pela indústria são justamente os que apresentam soluções para muitos dos problemas identificados no PDP das empresas pesquisadas (falta de definição clara das necessidades dos clientes, elevado número de falhas, falta de um controle das falhas e dificuldades em gerar idéias e soluções para o projeto). Dessa forma, comprova-se que muitas das deficiências no PDP das empresas poderiam ser sanadas pelo conhecimento, seleção adequada e uso correto dos métodos.

3. Existem princípios e recomendações que orientam a implantação de métodos de projeto de apoio ao desenvolvimento de produtos nas indústrias? Se existem, eles encontram-se formalizados? Como eles se apresentam?

Dentre os estudos apresentados na pesquisa relativos ao uso e à implantação de métodos de projeto na indústria percebe-se que alguns elucidam os principais problemas, algumas causas e alguns cuidados; porém não orientam quanto à implantação.

Também foram apresentadas algumas abordagens sobre tal problemática. No entanto, todas partem do pressuposto que a empresa que pretende aplicar um determinado método de projeto no desenvolvimento de seus produtos, já deve possuir certo conhecimento dos métodos importantes para seu PDP e deve possuir uma relação dos métodos a serem aplicados. Entre as abordagens com esse enfoque citam-se o Modelo de Métodos de Munique, o Modelo de Métodos Orientado ao Processo e o Modelo de Aquisição de Ferramentas.

4. Se não existem, é possível estabelecer um conjunto de princípios e recomendações com essa finalidade?

Embora alguns estudos abordem aspectos de uso e implantação de métodos de projeto na indústria, não existem propostas que orientem de forma clara como implantá-los em um ambiente fabril. Diante de tal constatação, o conjunto de P&R proposto por este trabalho procurou formalizar procedimentos para tratar dos principais problemas relativos à implantação de métodos de projeto.

7.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS PRINCÍPIOS E RECOMENDAÇÕES

Os principais aspectos contemplados pelo conjunto de P&R foram: a seleção do método adequado, o planejamento na implantação, a implantação do método, o controle e as ações de melhoria na implantação. Tais P&R foram compostos por indicações de atividades, cuidados e precauções a serem adotadas antes, durante e depois a implantação de um método de projeto numa empresa, conforme descrito no Capítulo 6.

A **seleção do método adequado** demonstrou, na pesquisa-ação, ser de grande utilidade na definição do(s) método(s) de projeto mais importante(s) a ser(em) implantado(s) numa empresa, segundo a real necessidade de melhoria do seu PDP. Tal seleção compreendeu em explorar e avaliar o nível de desenvolvimento das atividades do PDP da empresa, chegando, assim, segundo as deficiências no PDP, aos métodos mais prioritários a serem implantados. Para a seleção do método adequado sugere-se a aplicação do **princípio da análise sistêmica**, que consiste em investigar e analisar todos os conhecimentos e informações relativas ao PDP que é praticado pela empresa. Outro **princípio** indicado para a seleção do método adequado é a **adoção de um modelo de referência**. Esse consiste em efetuar uma avaliação comparativa do PDP praticado pela empresa com um Modelo de Referência de PDP, a fim de conduzir a seleção do(s) método(s) de projeto mais adequado(s).

É importante salientar que o maior cuidado não está somente em selecionar o método de projeto mais adequado, mas, principalmente, em desenvolver seu potencial na empresa, sem perder o foco, a meta e o objetivo principal de sua aplicação. Dessa forma, é importante utilizar o **princípio do planejamento prévio**, que consiste em definir e organizar previamente os principais procedimentos a serem utilizados durante a implantação de um método, para que esta ocorra com êxito. Fazendo-se uso deste princípio, recomendam-se alguns aspectos relevantes a serem utilizados na etapa preparatória de implantação de um método, tais como: a definição de premissas para a implantação do método, a definição das etapas e atividades do método, a definição do projeto ao qual o método será aplicado e a definição dos recursos necessários para implantação. Desse modo, evitam-se problemas como a falta de recursos, a falta de tempo dos profissionais e os erros conceituais na aplicação do método. A **definição do modelo do método e suas principais atividades** é uma forma de adaptar as atividades do método às nomenclaturas e necessidades da empresa. Esse princípio de adaptação foi chamado de **princípio de afinidade ao contexto**.

Foi verificado também que aplicações inadequadas de um método tendem a gerar rejeições em futuras e contínuas aplicações. Dessa forma, fazendo uso do que se denominou de **princípio da experiência positiva**, recomenda-se definir, de forma criteriosa, o projeto no

qual será feita a implantação do método. É imprescindível que tal projeto necessite da execução de atividades em que o uso do método possa, efetivamente, trazer os benefícios dele esperados. Desse modo, os resultados da aplicação do método poderão ser percebidos pelos responsáveis da empresa, fazendo assim o uso do **princípio do reconhecimento do valor**. Através do **princípio da simplicidade na aplicação**, recomenda-se que o projeto onde o método será aplicado inicialmente seja de baixa complexidade, para facilitar a introdução dos conceitos e a obtenção de resultados imediatos na aplicação.

É importante também que estejam bem definidas, aos envolvidos na implantação, as principais entradas, procedimentos e saídas desejáveis com a aplicação do método. Caso as informações de entradas do método não forem suficientes e as atividades de execução do método não forem bem definidas à equipe, as saídas trarão resultados insatisfatórios, conseqüentemente, o método não será bem aceito pelos profissionais da empresa.

Em referência à capacitação dos profissionais, percebeu-se que o uso do **princípio da fundamentação teórica** é indispensável para o aprendizado dos conceitos relativos ao método. Assim, deve-se planejar e estabelecer uma metodologia de ensino bem estruturada, que propicie uma formação consistente sobre os conceitos e atividades necessárias para o bom entendimento e aplicação do método, viabilizando, com isso, sua implantação.

Conforme identificado durante a implantação dos métodos QFD e FMEA, o responsável pela implantação não deve impor os conceitos e atividades do método e, sim, procurar adequá-los aos âmbitos e expectativas da empresa, ou seja, faz-se novamente necessário utilizar o **princípio de afinidade ao contexto**. A aplicação prática do método durante a implantação ajuda a comprovar sua importância para o PDP da empresa, ou seja, faz-se o uso do **princípio da comprovação prática**.

Outro aspecto identificado durante o desenvolvimento da pesquisa e implantação dos métodos de projeto na EPA, foi que a implantação de um método estimula a implantação de outros métodos, como foi o caso do QFD que estimulou o uso da matriz EPP. Isso se concretiza quando a implantação do primeiro método é bem-sucedida, quando esse segundo método apóia ou facilita a execução do primeiro e quando as saídas do método implantado são as entradas do método a se implantar. No entanto, não é aconselhável implantar vários métodos de uma única vez, pois além de requer um esforço adicional da equipe de projetos, consome tempo elevado nos projetos e requer investimentos adicionais a curto prazo, o que pode provocar objeções.

É importante ressaltar que a adoção dos princípios e recomendações sugeridos depende de sua apropriação às características e estrutura disponíveis em cada empresa. Dessa forma,

aconselha-se as empresas que forem utilizá-los, adaptá-los segundo suas reais necessidades de melhoria do PDP e ao método a ser implantado. Feita essa ressalva, entende-se que, de modo geral, os P&R levantados constituem-se em um importante instrumento teórico para orientar a introdução de métodos de projeto em um PDP, e auxiliar as organizações na correção de deficiências constatadas nesse processo.

7.3 RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Durante o delineamento da pesquisa, surgiram algumas idéias e dificuldades que não puderam ser tratadas no trabalho por elas não fazer parte do escopo da pesquisa. Dessa forma, tais aspectos foram considerados como recomendações para pesquisas futuras.

Como primeira recomendação, sugere-se que os P&R sejam aplicados em outras empresas de mesmo ou em outros setores, a fim de validá-los e complementá-los. Deve-se salientar que tais P&R devem ser adaptados conforme a necessidade, expectativa ou característica da empresa que pretende utilizá-los, de forma a obter resultados significativos nas implantações.

Sugere-se que os procedimentos do projeto de implantação do método QFD e o do FMEA sejam utilizados em outras empresas, a fim de validá-los e/ou incrementá-los com novas e atualizadas proposições. Porém, é aconselhado adaptá-los às características da empresa e do projeto em que serão aplicados.

Para o método QFD, sugere-se que sejam desenvolvidos novos procedimentos para a definição dos índices dos requisitos dos clientes de forma mais confiável e otimizada. Embora se tenha utilizado um procedimento não mencionado na literatura para a definição desses índices, sugere-se otimizá-lo.

Para o método FMEA, que, quando em sua aplicação, contempla os índices de severidade, ocorrência e detecção, transforma-se, segundo alguns autores, em FMECA, sugere-se desenvolver estudos para gerar tais índices na empresa onde o método será implantado. Dessa forma, a referida empresa poderá criar seus próprios índices de severidade, ocorrência e detecção, segundo as características de seus produtos e suas metas, evitando o uso de tabelas prontas ou adaptadas.

Sugere-se, para a etapa de seleção do método adequado, na atividade de avaliar o PDP da empresa, que sejam implementadas melhorias que contemplem o impacto de uma determinada atividade do modelo de Referência do PDP no PDP da empresa analisada. O objetivo desta melhoria é priorizar ainda mais as atividades do PDP que necessitam de melhoria, proporcionando, assim, resultados mais significativos na empresa.

Outra recomendação é estender a pesquisa com especialistas em diversos métodos de projeto e com especialistas na implantação deles na indústria (consultores), a fim de complementar e otimizar ainda mais os princípios e recomendações apresentados no trabalho.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir desse estudo foram levantados princípios genéricos e um conjunto de recomendações, que servem de base para a tomada de ação durante o processo de implantação de um determinado método de projeto na indústria. Tais P&R apresentados sintetizam várias experiências sobre a implantação de métodos de projeto na indústria, resgatando, assim, valores da sabedoria humana que até então não haviam recebido grande destaque.

Desse modo, fica-se na expectativa de que os P&R levantados ajudem a melhorar o processo de implantação de métodos de projeto na indústria e, da mesma forma, que os procedimentos utilizados para implantação do método QFD e do método FMEA sejam utilizados com êxito por outras empresas ou por instituições de ensino.

Pode-se concluir, finalizando, que os objetivos iniciais propostos foram contemplados e atingidos durante o delineamento da pesquisa. Espera-se que o trabalho sirva de fonte de pesquisa acadêmica sobre os conhecimentos abordados e referência para aplicações práticas dos métodos de projeto na indústria, a fim de facilitar o processo de melhoria incremental ou inovadora no PDP das empresas. A partir das conclusões e recomendações, espera-se, também, ter enriquecido, por intermédio deste trabalho, o campo de conhecimento que envolve o processo de desenvolvimento de produtos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rio de Janeiro. **NBR 5462, Confiabilidade e Manutenibilidade – terminologia**. Rio de Janeiro, Nov/1994.

AMARAL, D.. **DOE (Design of Experiments)**. São Carlos – SP. NUMA. Nov. 1999.
Disponível em:
<http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos_port/pag_conhec/DOE.html>.
Acesso em 15 nov. 2005.

ARAÚJO, C. S.. **Avaliação e Seleção de Ferramentas de Desenvolvimento de Produtos**. Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP. Gramado, RS. Out. 1996.

BIRKHOFFER, H.; LINDEMANN, U.; ALBERS, A.; MEIER, M.. **Product Development as a Structured and Interactive Network of Knowledge - A Revolutionary Approach**. Proceedings 13th ICED Glasgow 2001, WDK 28.

BIRKHOFFER, H.; KLOBERDANZ, H.; BERGER, B.; SAUER, T.. **Cleaning up design methods – describing methods completely and standardized**. International Design Conference - Design 2002, Dubrovnik, May 14 - 17, 2002.

BRASIL, A. D.. **Conhecimento e uso de metodologias de desenvolvimento de produtos: Uma Pesquisa Envolvendo 30 Empresas Situadas nos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 1997.

BRAUN, T.; LINDEMANN, U. **Supporting the selection, adaptation and application of methods in product development**. International Conference on Engineering Design – ICED 03, Stockholm, August 19-21, 2003.

BYLUND, N.; GRANTE, C.; LÓPEZ-MEZA, B. **Usability in industry of methods from design research**. International Conference on Engineering Design – ICED 03, Stockholm, August 19-21, 2003.

CAMPOMAR, M. C. **Do uso de “estudo de caso” em pesquisas para dissertações e teses em administração**. Revista de Administração de Empresas, Escola de Administração de Empresas da Fundação Getúlio Vargas (EAESP-FGV), São Paulo, v. 26, n. 3, p. 95-72, jul./set. 1991.

CARNEVALLI, K. A.; SASSI, A. C.; MIGUEL, P. A. C. **Aplicação do QFD no Desenvolvimento de Produtos: Levantamento sobre seu Uso e Perspectivas para Pesquisas Futuras**. Revista Gestão & Produção, v.11, n.1, p.33-49, jan.-abr. 2004.

CHENG, L. C. *et al.*. **QFD: Planejamento da Qualidade**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995. 261 p.

CHENG, L. C.. **QFD in Product Development: Methodological Characteristics and a Guide for Intervention**. Working Paper, DEP/UFMG. 2002.

CLARK, K.B.; WHEELRIGHT, S.C. **Revolutionizing product development: quantum leaps in speed, efficiency and quality**. New York, Free Press, 1992.

CLARK, K.B.; FUJIMOTO, T. **Product development performance: strategy, organization, and management in the world auto industry**. Boston: Harvard Business School Press, 1991.

CLAUSING, D. (1994). **Total quality development: a step by step guide to world class concurrent engineering**. New York: ASME press. (t: 322).

CONDOOR, S. *et al.*. **A Cognitive Framework for the Design Process, Design Theory and Methodology**, vol. I2, pp. 277-281, 1992.

COTEC - Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica. **Temaguide: a guide to technology management and innovation**. Barcelona: Cotec Part III, 1998. 198p. Disponível em www.cotec.es. Acesso em: 11 Out. 2005.

CROW, K. DRM associates: **Capability Maturity Model**. 2000. Disponível em: <http://www.npd-solutions.com/cmm.html>. Acesso em: 22 jan. 2006.

DE CARVALHO, M. A.. **Por que utilizar a TRIZ?** Apresentação em PowerPoint, 2003. Disponível em: <http://www.decarvalho.eng.br/porquetriz/sld007.htm>. Acesso em 20 nov. 2005.

_____. **TRIZ (Teoria da Solução Inventiva de Problemas)**. São Carlos – SP. NUMA. Mar. 2004. Disponível em: http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos_port/pag_conhec/triz_numa.html. Acesso em 20 nov. 2005.

DE CARVALHO, M. A.; BACK, N. **Uso dos conceitos fundamentais da triz e do método dos princípios inventivos no desenvolvimento de produtos**. 3º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto Florianópolis, SC - 25-27 Setembro de 2001.

ECHEVESTE, M. E. **Uma abordagem para estruturação e controle do processo de desenvolvimento integrado de produtos**. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFRG, Rio Grande, 2003.

FERREIRA, A. B. de H.. **Dicionário Aurélio Eletrônico**. Novo Dicionário Aurélio, Século XXI, Software. Versão 3.0. Ed. Nova Fronteira. Nov. 1999.

FIOD NETO, M.. **Desenvolvimento de sistema computacional para auxiliar a concepção de produtos industriais**. 1993. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 1993.

FONSECA, A. J. H. **Sistematização do processo de obtenção das especificações de projeto de produtos industriais e sua implementação computacional**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica. UFSC, 2000.

FORCELLINI, F. A. **Projeto de produtos**. Apostila da Disciplina Projeto Conceitual do Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

FUGITA, K; MATSUO, T.. **Utilization of product development tools and methods: japanese survey and international comparison.** International Conference on Engineering Design - Iced 2005 Melbourne, August 15-18, 2005, p. 274-275.

GIL, A. C.. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** 4a ed., Atlas, São Paulo, 2002.

GOMES FERREIRA, M. G.. **Utilização de modelos para a representação de produtos no projeto conceitual.** 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, UFSC, Florianópolis, 1997.

GONTIJO, F. E. K.. **Um projeto de implantação do QFD.** Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, 1995.

GOUVINHAS, R. P.; COUBETT, J.. **A discussion on why Design Methods have not been widely used within industry.** International Conference on Engineering Design – ICED, Munich, August, 24-26, 1999.

HELMAN, H.; ANDERY, P. R. P.. **Análise de Falhas (Aplicação dos Métodos de FMEA – FTA).** UFMG, Escola de Engenharia: Fundação Christiano Ottoni, Vol. 11, Belo Horizonte, 1995. 156p.

HOFFMEISTER, A. D.. **Sistematização do processo de planejamento de projetos: definição e seqüenciamento das atividades para o desenvolvimento de produtos industriais.** 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica da UFSC, Florianópolis, 2003.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Indústria, **Pesquisa Industrial - Inovação Tecnológica 2000.** Elaboração: IPEA-DISET a partir da transformação dos dados obtidos na fonte e com a incorporação de dados da PIA/IBGE, SECEX/MDIC, CBE/BACEN, CEB/BACEN, Compras Net/MPOG e RAIS/TEM, Rio de Janeiro, 2002.

ISO 9241/11, International Organization for Standardization. **ISO 9241 - Part II,** Beuth Verlag, Berlin, Wien, Zürich 1998.

JÄNSCH, J.; SAUER, T.; BIRKHOFFER, H.. **User-suitable transfer of design methods.** International Conference on Engineering Design – ICED 03, Stockholm, August 19-21, 2003.

JURAN, J. M.; GRZYNA Frank M.. **Controle da qualidade - ciclo dos produtos: do projeto à fabricação.** São Paulo: Makron Books, 1992. v. 3.

LINDEMANN, U.. **Methods are networks of methods.** International Conference on Engineering Design – ICED 03, Stockholm, August 19-21, 2003.

LÓPEZ, J.; ALMEIDA, R.L. de; ARAUJO-MOREIRA, F.M.. **TRIZ: Criatividade como uma ciência exata?** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 27, n. 2, p. 205 - 209, (2005).

LÓPEZ-MESA, B.. **Selection and use of engineering design methods using creative problem solving.** 2003. Licentiate Thesis. Department of Applied Physics and Mechanical Engineering. Division of Computer Aided Design. Lulea University of Technology, Gothenburg, UK, 2003.

MAFFIN, D.. Engineering **Design Models: context, theory and practice**. Journal of Engineering design. Vol 9, N 4, 1998, pp 315-327.

MONTANHA JR., I. R.. **Sistemática de gestão da tecnologia aplicada no projeto de produtos: um estudo para as empresas metal-mecânicas de micro e pequeno porte**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, UFSC, Florianópolis, 2004.

MONTGOMERY, D. C.. **Introduction to statistical quality control**. 3 ed. New York: John Wiley & Sons, 1997.

_____. **Design and analysis of experiments**. 4.ed. New York: John Wiley & Sons, 1997.

PALADY, P.. **FMEA - Análise dos Modos de Falha e Efeitos, Prevendo e Prevenindo Problemas Antes que Ocorram**. Instituto IMAM. São Paulo – SP, 3º edição, 2004, 270p.

PEIXOTO, M. O. **Uma proposta de aplicação da metodologia desdobramento da função qualidade (QFD) que sintetiza as versões QFD – estendido e QFD das quatro fases**. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Eng. de Produção da Escola de Eng. de São Carlos, USP, São Carlos, 1998.

ROZENFELD, H; AMARAL, D. C.; TOLEDO, J. C.; CARVALHO, J.. **Entenda hoje como sua empresa vai ser amanhã**. Livro, edição especial, Revista PS – Produtos & Serviços. NUMA – Núcleo de Manufatura Avançada. USP – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos. Dez. 2000, nº 312.

ROZENFELD, H. ; FORCELLINI, F. A. ; AMARAL, D. C. ; TOLEDO, J. C. ; SILVA, S. L.; ALLIPRANDINI, D. H. ; SCALICE, R. K. . **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: Uma referência para a melhoria do processo**. 1. ed. São Paulo - SP: Editora Saraiva, 2006. 542 p.

SAKURADA, E. Y.. **As técnicas de Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos e Análise da Árvore de Falhas no desenvolvimento e na avaliação de produtos**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, UFSC, Florianópolis, 2001.

SANTOS, M. Q. C.. **Sistematização para aplicar o projeto de experimentos na melhoria da confiabilidade de produtos**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, UFSC, Florianópolis, 2001.

SAVRANSKY, S. D.. **Engineering of Creativity: Introduction to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving**. New York: CRC, 2000.

SELL, I.. **Qualidade intrínseca de produtos e serviços**. XIII Encontro Nacional De Engenharia de Produção. Florianópolis: ABEPRO, 1993. Anais, p. 572-576.

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micros e Pequenas Empresas. **A micro e pequena empresa no Brasil**. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br>>. Acessado em 07 Out. 2005.

SILVA, C. E. S. da. **Método para Avaliação do Desempenho do Processo de Desenvolvimento de Produtos**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 2001.

SOUZA, D. L. O. de. **Ferramentas de gestão tecnológica: um diagnóstico de utilização nas pequenas e médias empresas industriais da região de Curitiba**. 2003. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, CEFET/PR, Curitiba, 2003.

STAMATIS, D. H.. **Failure mode and effect analysis**. Milwaukee, WI: ASQC, 1995.

THIOLLENT, M.. **Metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez: Autores associados, 2000.

YIN, R. K.. **Case study research: design and methods**. 2nd ed. London: SAGE. 1994, 171p.

ZARDO, C. R.. **Desenvolvimento de um equipamento para beneficiamento de bulbos de alho**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, UFSC, Florianópolis, 2004.

BIBLIOGRAFIA

AKAO, Y.. **Quality Function Deployment - QFD**. Integrating customer requirements into product design. Cambridge, Massachusetts, Norwalk, Connecticut, 1990.

ARAÚJO, C. S.; BENEDETOO-NETO, H.; CAMPELLO, A. C.; SEGRE, F. M.; WRIGHT, I. C.. **The Utilization of Product Development Methods: a Survey of UK Industry**. Journal of Engineering Design, Vol. 7, No. 3, (1996), pp. 265-277.

BACK, N.. **Metodologia de projeto de produtos industriais**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983.

BASSO, J. L.. **Engenharia e Análise do Valor**. SP. ed. IMAM, 1991.

BAXTER, M.. **Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2000.

BRALLA, J. G.. **Handbook of product design for manufacturing**, McGraw-Hill, Inc., New York, NY, USA, 1986.

CARRAFA, W. M.. **Desenvolvimento de uma transportador modular acoplável a tratores de rabiças**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, UFSC, Florianópolis, 2001.

CSILLAG, J. M.. **Análise do Valor: metodologia do valor**. 3ª ed. Ed. Atlas. SP, 1991.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N.. **Administração estratégica de serviços**. São Paulo: Atlas, 1994.

CORRÊA, H.. **Linking flexibility, uncertainty and variability in manufacturing systems**. Londres: Avebury (Gower), 1994.

DAVENPORT, T.H. **Putting the enterprise into the enterprise system**. Harvard Business Review. Julho-Agosto, 1998, p.121-131.

HAUSER, J. R.; CLAUSING, D.. **The house of quality**. Harvard Business Review, Harvard Business School, Boston, MA, p. 23-32, May-June, 1988.

JURAN, J. M. **Quality control handbook**. Nova York: McGraw-Hill, 1988.

OGLIARI, A. **Gerenciamento do Desenvolvimento de Produtos**. Apostila da Disciplina EMC 6611 do programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica. UFSC, 2004.

PAHL, G.; BEITZ, W. **Engineering design: a systematic approach**. Edited by Ken Wallace. 2nd ed. London: Springer-Verlag, 1996.

PRASAD, B. **Concurrent engineering fundamentals: integrated product and process development**. v. 1. New Jersey, Prentice Hall, 1996.

ROOZENBURG, N. F. M; EEKELS J. *Product design fundamentals and methods*. [S.l.]: John Wiley e Sons, 1996.

SILVA, C. E. S.. **Ferramentas Básicas da Qualidade**. Apostila da Disciplina. Pós-graduação Gestão da Qualidade Em Serviços. Faculdade de Ciências da Administração de Pernambuco – FCAP. V. 4, 2002, 50 p.

TELLIS, G.; GOLDRER, P.. **First to market, first to fail? Real causes of enduring market leadership**. Sloan Management Review, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, USA, v. 4, n. 5, p. 49-65, 1997.

ZANCUL, E. S.. **Análise da aplicabilidade de um sistema ERP no processo de desenvolvimento de produtos**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). USP. São Paulo, 2000.

ZIENKIEWICZ, O. C; TAYLOR, R. L.. **The finite element method**. 4th ed. London: McGraw-Hill, 1994.

WHYBREW, K.; SHAW, A.; AITCHISON, D.; RAINE, J.. **Use of Design Tools and Methodologies for Rapid Product Development in the New Zealand Manufacturing Industry**. Proceedings of 13th International Conference on Engineering Design — ICED 01, (2001), pp. 27-34.

GLOSSÁRIO

Causa: é aquilo que determina a existência de uma coisa; o que determina um acontecimento; agente, motivo, razão, origem, princípio.

Ciclo de vida do produto: é a descrição de todas as fases da vida do produto, desde o nascimento da idéia, sua conceituação, a fase de desenvolvimento de produtos, fase de produção e vendas até a fase de descarte.

Componente: item de um produto de menor grau hierárquico.

Conceito do produto: definição inicial de um produto.

Desenvolvimento Integrado de Produtos: rótulo dado ao conjunto de teorias e abordagens de gestão do desenvolvimento de produtos, cuja filosofia principal era a integração entre as áreas funcionais da empresa.

Design for Assembly (Projeto para Montagem): envolve o projeto do produto, verificando funções, formas, materiais, e processo de montagem. Gera redução de custos devido ao tempo de montagem, redução de componentes e, muitas vezes, a simplificação da manufatura.

Design for Disassembly (Projeto para Desmontagem): engloba as técnicas de projetar, visando a desmontagem dos produtos e o descarte destas peças.

Design for Enviroment (Projeto para o Meio Ambiente): seu propósito é minimizar o impacto ambiental do produto e de sua produção.

Design for Manufacturing (Projeto para Manufatura): representa a busca realizada durante o projeto para tornar mais fácil a manufatura dos componentes que formarão o produto depois de montado.

Descontinuar o Produto: também conhecida como Retirar Produto do Mercado.

Efeito: é o resultado produzido por uma ação ou um agente, denominados causa em relação a esse resultado, a consequência da falha, resultado, fim, destino.

Eficácia: capacidade de executar tarefa de forma correta e completa, fazer o que tem que ser feito.

Eficiência: recursos gastos para conseguir ter eficácia, sejam eles tempo, dinheiro, produtividade ou memória; fazer algo bem feito.

Engenharia do Valor: técnica de análise sistemática de um valor.

Engenharia Simultânea: abordagem sistemática para o desenvolvimento integrado e paralelo do projeto do projeto de um produto e os processos relacionados, incluindo manufatura e suporte.

Especificações do projeto do produto: conjunto de informações completas, requisitos de projeto com valor-meta atribuído.

Estratégia: arte de explorar as condições favoráveis com o fim de alcançar objetivos específicos.

Etapa: cada uma das partes em que pode ser dividido o desenvolvimento de um negócio, obra, campanha, carreira.

Fase: qualquer estágio (ou etapa) de uma evolução, que compreende uma série (ou um ciclo) de modificações.

Ferramenta: é uma forma de agilizar os procedimentos de um determinado método ou técnica através de um sistema computacional, tornando-se, por exemplo, um software específico desse método.

Grau de Prioridade de Risco: abordagem tradicional para interpretação da FMEA, que inclui elementos reativos. Pode também ser chamado de Número de Prioridade de Risco.

Implantação: ato de implantar, introduzir, inserir uma coisa em outra.

Índice de ocorrência: usado para avaliar as chances (probabilidade) de a falha ocorrer.

Índice de severidade: avalia o impacto dos efeitos da falha, a gravidade dos efeitos.

Índice de detecção: valor que mostra a eficiência dos controles de detecção da falha (modo de falha ou causa do modo de falha).

Melhoria incremental: é caracterizada como melhoria de uma atividade ou de um processo de negócio do PDP.

Melhoria inovadora, ou também chamada de transformação, quando ocorrem grandes mudanças no PDP da empresa, ou seja, quando as mudanças influenciam diversas atividades do PDP.

Metodologia: esfera da ciência que estuda os métodos gerais e particulares das investigações científicas, assim como os princípios para abordar diferentes tipos de objetos da realidade e as distintas classes de teorias científicas. Estudo dos métodos e, especialmente, os métodos das ciências.

Método: é um conjunto de procedimentos necessários para se chegar a um objetivo, meta, em alguma das fases do projeto de produto.

Modelo de referência: é um modelo de processo de negócio que é utilizado para derivar (criar) modelos específicos.

Modo de Falha: é a forma do defeito, maneira na qual o defeito se apresenta, maneira como o item falha ou deixa de apresentar o resultado desejado ou esperado, forma como o item falha fisicamente.

Necessidades dos clientes: dados originais dos desejos dos clientes, que podem ser redundantes e expressar as características dos produtos.

Níveis de maturidade: estágio de desenvolvimento da empresa em termos de gestão do processo de desenvolvimento de produto.

Número de Prioridade de Risco (NPR): é o produto entre os índices de severidade, ocorrência e detecção.

Planejamento estratégico: atividade que consiste na elaboração de um conjunto de ações que procuram orientar a organização no sentido de obter vantagens competitivas que gerem lucros e contribuam para os objetivos dos acionistas.

Princípio: na dedução, a proposição que lhe serve de base, ainda que de modo provisório, e cuja a verdade não é questionada.

Princípios inventivos (PIs): são heurísticas, ou sugestões de possíveis soluções para um determinado problema.

Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP): conjunto disciplinado e definido de tarefas, etapas e fases que descrevem os meios normais pelos quais uma empresa repetitivamente converte idéias embrionárias em produtos e serviços.

Projetos radicais: são os que envolvem significativas modificações no projeto do produto, podendo criar uma nova categoria ou família de produtos para empresa.

Projeto plataforma: representa alterações significativas no projeto do produto, sem a introdução de novas tecnologias ou materiais, mas apresenta novas soluções para o cliente.

Projetos incrementais ou derivados: envolvem projetos que criam produtos derivados, híbridos ou com pequenas modificações em relação a projetos já existentes, referem-se à redução no custo de um produto com inovações incrementais nos produtos;

Projetos *follow-source*: são os que chegam da matriz ou de outras unidades do grupo ou de clientes e que não requerem alterações significativas

Recomendações: ato ou efeito de recomendar, conselho, aviso, advertência.

Requisitos dos clientes: são as primeiras traduções das necessidades brutas obtidas dos diferentes tipos de clientes ou usuários, levadas a uma linguagem compreensível aos projetistas.

Requisitos de projeto: são aquelas características técnico-físicas mensuráveis que o produto deve ter para satisfazer os requisitos dos clientes anteriores.

Satisfação: conforto, aceitação do trabalho dentro do sistema.

Sistema: item do produto de mais alto grau hierárquico.

Sistemática: ato de sistematizar, reduzir diversos elementos a sistema.

Subsistema: item do produto de grau hierárquico intermediários.

Técnica: é a forma como se atinge um objetivo, forma de como delinear os procedimentos necessários para atingir os objetivos do projeto de produto.

Usabilidade: é a eficiência, eficácia e satisfação com a qual os públicos do produto alcançam objetivos em um determinado ambiente.

APÊNDICES

Apêndice 1 – Ferramentas de Gestão de Tecnologia segundo o Temaguide

(do autor, adaptado de Cotec, 1998, p. III)

Ferramentas de Gestão de Tecnologia	Conceito / Objetivo	Técnicas Específicas	Conceito / Objetivo
1	Objetiva identificar as necessidades dos clientes; as atuais demandas; tendências e mudanças no mercado; análise dos competidores e produtos competitivos; avaliação da qualidade, do preço e da tecnologia dos produtos ofertados no mercado; avaliação e verificação dos serviços de pós-venda e tendências tecnológicas.	1	Análise conjunta Utilizada para obter informações sobre as preferências dos clientes a respeito dos atributos do produto que podem ser usados no desenvolvimento de um novo produto, prevendo ação de mercado, segmentação de mercado e estimando decisões.
		2	Usuário Líder Identificar um grupo selecionado de usuários (clientes) e envolvê-los no processo de desenvolvimento de novos produtos. Ajuda a identificar idéias de novos produtos, reduz as incertezas de mercado e resistências do mercado ao novo produto.
		3	QFD (Quality Function Deployment) - Desdobramento da Função Qualidade Matriz integradora dos requisitos dos clientes com os requisitos de projeto, tornando requisitos de engenharia e produção. Envolve o cliente no projeto, reduz as mudanças no produto em linha de produção, agiliza e reduz o custo de desenvolvimento do produto, facilita o aprendizado da equipe de projeto, previnem falhas e a insatisfação do cliente.
2	A previsão tecnológica está preocupada com a investigação de novas tendências, tecnologias extremamente novas e novas forças que podem surgir da interação de fatores como novos interesses dos clientes, políticas nacionais e descobertas científicas. As atividades de previsão e prospecção são caminhos para coletar inteligência sobre tecnologia e organizações.	4	Método Delphi É usada onde se necessita de um consenso na opinião de especialistas sobre o tempo, probabilidade e identificação de futuras metas tecnológicas ou necessidades dos consumidores, ou até os fatores que podem afetar a realização destas.
		5	Árvore de relevância Pode ser usada para investigar a relevância e viabilidade dos diferentes modos de se atingir os objetivos. Permite explorar todas as tecnologias e conduz as melhores alternativas, permitindo a escolha das que estão disponíveis e as conseqüências da escolha.
3	Consiste em medir os processos, produtos e/ou serviços de uma organização, comparando tais aspectos como o melhor processo, produto e serviço encontrado, visando estabelecer metas ambiciosas, mas atingíveis para melhorar tais aspectos na organização, projetando e implementando tais metas a um nível de efetividade e desempenho equivalente ou até mais alto do melhor em análise.	6	Competitivo Comparação do desempenho da organização com o seu competidor mais forte.
		7	Funcional Comparação com as melhores áreas funcionais, independente do setor de atuação.
		8	Genérico Uma variação do benchmarking de processo, que compara o processo de duas ou mais organizações, sem limites de competição.
		9	Industrial Comparação de processo dentro da mesma indústria, não necessariamente os competidores, usado para identificar as melhores práticas.
		10	Performance Comparação dos atributos de desempenho de um produto da empresa com os correspondentes ao produto de outra empresa.
11	Estratégico Uma aproximação ao planejamento estratégico de negócio, baseado no estudo e adaptação das estratégias de organizações conhecidas, para melhorar os processos que apóiam estas estratégias.		

Ferramentas de Gestão de Tecnologia	Conceito / Objetivo	Técnicas Específicas	Conceito / Objetivo
4	Objetiva obter e avaliar informações de patentes, provendo informações úteis para a gestão tecnológica, monitoramento da tecnologia do competidor, gestão de P&D, aquisição de tecnologia externa e vigilância do produto.	12	Portfólio de patentes no nível da empresa Caracterizado sob duas dimensões diferentes: as atividades de patente e a qualidade de patente. A atividade de patente mede o nível das atividades de P&D, sendo que a qualidade de patente mede o impacto dessas atividades.
		13	Portfólio de patentes no nível tecnológico A importância de cada tecnologia é calculada pelo número de solicitações de patentes de um campo de tecnologia relativo ao número de solicitações de patentes da empresa.
		14	Previsão tecnológica Indicadores de patentes é uma ferramenta muito útil para se prever tecnologicamente. A análise de patente pode indicar o crescimento de uma tecnologia e podem indicar quais empresas estão a ponto de entrar ou deixar uma tecnologia.
5	Uma auditoria é um levantamento de recursos, ativos, exigências, sistemas ou procedimentos. Esta baseada em listas de conferições ou questionários. Auxilia na gestão do conhecimento.	15	Auditoria de tecnologia Pode ser executada por uma equipe interna ou externa, que pode ser por meio de questionários que visem identificar conhecimento explícito e elementos específicos da tecnologia que está sendo utilizada, contribuindo no planejamento estratégico da organização.
		16	Auditoria de competência Informa a qualidade dos recursos humanos e a capacidade de uma organização.
		17	Auditoria de inovação Técnica mas difícil de ser projetada e desenvolvida na empresa. Mostra as forças e fraquezas da organização com aspecto de sua capacidade de gerenciar mudanças.
6	Maneira sistemática de visualizar um conjunto de projetos de P&D, atividades ou até áreas de negócio, com o objetivo de atender um equilíbrio entre risco e retorno, estabilidade e crescimento, atratividade e reverses em geral, fazendo o melhor uso dos recursos disponíveis.	18	Matrizes 2D e 3D Baseada em representação gráfica de várias variáveis de 2 ou 3 matrizes dimensionais, como por exemplo: valor esperado <i>versus</i> probabilidade de sucesso; conhecimento do mercado <i>versus</i> conhecimento da tecnologia; orçamento anual <i>versus</i> impacto competitivo da tecnologia; posição tecnológica <i>versus</i> maturidade industrial.
		19	Programação matemática Baseado em algoritmos matemáticos complexos que apontam um portfólio otimista.
7	Objetiva fornecer informações para estimar o valor de um projeto potencial com referência particular a estimação de custos, recursos, benefícios; a fim de obter uma decisão sobre prosseguir ou não com o projeto. Também pode ser usado para monitorar ou finalizar projetos.	20	Análise de fluxo de caixa Requer a estimação dos caixas de entrada e saída esperados para o projeto. Pode ser feito anualmente para projetos mais longos ou semestralmente para projetos mais curtos.
		21	Checklists É uma lembrança dos fatores que são importantes na tomada de uma decisão. Inclui detalhes técnicos e comerciais, pesquisa e realidades de desenvolvimento, fatores legais e financeiros, visão e estratégia da empresa.
		22	Árvores de relevâncias É uma aproximação do pensamento estruturado. Análise do caminho crítico e árvores de decisão são exemplos deste método.

Ferramentas de Gestão de Tecnologia	Conceito / Objetivo	Técnicas Específicas	Conceito / Objetivo	
8	Criatividade	23	MPIA	MPIA - Mapear, Perspectivas, Idéias em Ação. Gera introspecções criativas que tornam o planejamento estratégico mais criativo; melhoram na qualidade, proporcionam a geração de idéias de desenvolvimento de produto ou processo e idéias na execução do projeto.
		24	Integrando a criatividade na gestão estratégica, usando a intuição.	O processo de intuição pode ser definido como: uma introspecção rápida e pronta de uma idéia nova, baseada nas experiências passadas, nos sentimentos e nas memórias; e, uma maneira de chegar a conclusões na base de informação limitada. Ela é útil onde há um nível elevado de incerteza, onde não há nenhuma referência para tomada de decisões, onde os fatos de confiança estão indisponíveis, onde o tempo é limitado e onde há diversas opções de escolha.
9	Gestão dos direitos de propriedade intelectual	25	Sistema de patentes	Sistemas eletrônicos para consulta a patentes, marcas e propriedades intelectuais, facilitando a busca de tecnologias já existentes e protegidas.
		26	Acordos de consórcio	Consiste em compartilhar atividades de P&D entre organizações dentro de um programa público. Isto proporciona um aumento da lucratividade de inovação da empresa; proporciona lucros adicionais, devido que são comercializadas as tecnologias; motiva a inovação; evita problemas, devido se caracterizar como projeto colaborativo.
10	Gestão de interface	27	Técnicas relacionadas à estrutura organizacional e a de processo	Consiste em desenvolver comitês, times de projeto, força tarefa, matriz organizacional, reuniões de informação internas, planejamento com decomposição de algoritmos, estimular a engenharia simultânea e programas de rotação de cargos.
11	Gestão de projetos	28	Diagrama de barras	Utilizado para desenvolver um plano de projeto, gerenciando recursos, atividades e tempo.
		29	Fluxogramas	Utilizado para demonstrar a seqüência lógica das fases e atividades de um projeto. Identifica pontos de decisões, possibilitando a reciclagem de pontos chaves no projeto.
		30	Redes baseadas em atividades - Método do caminho crítico	Mostra o interrelacionamento entre atividades e as dependências, permitindo o cálculo de características específicas do tempo de início e término de um projeto.
		31	Monitorando marcos	Monitoramento dos pontos de decisão, ajudando na identificação dos objetivos principais, estabelecerem alvos de tempo e custo, identificação imediata dos pontos de decisão, a focalizar as variáveis críticas.

Ferramentas de Gestão de Tecnologia	Conceito / Objetivo	Técnicas Específicas	Conceito / Objetivo	
12 Networking - trabalho em rede	Objetiva dispor e manter cooperação entre empresas e entre organizações de negócios, universidades e organizações de P&D; a fim de obter acesso a idéias e tecnologias e, compartilhar habilidades, recursos e informação.	32	Aliança estratégica a longo prazo	Para melhorar a competitividade e desafiar monopólios tradicionais.
		33	Colaboração de curto prazo	Desenvolver uma consultoria ou uma parceria entre universidade e um determinado setor da empresa, em projeto específico de P&D.
		34	Elos informais e contatos não planejados	Utilizado para procurar idéias e informações entre empresas e sociedades.
		35	Acordos com relutância de entrada	Relações contratuais com pouca confiança entre sócios.
13 Gestão de equipes - teambuilding	Objetiva desenvolver a cultura da organização em que as equipes têm que operar; decidir a composição de equipes específicas recrutando e gerindo indivíduos para assegurar um mix aproximado de habilidades e experiências; trabalhar com a equipe para melhores níveis de confiança, cooperação e entendimento sobre as tarefas a serem cumpridas.	36	Equipes fixas, equipes espontâneas, equipes de projetos, equipes com mudanças frequentes, grupos com trabalhos dispersos.	Proporciona autoconsciência, dando um retorno de como o resto da equipe vê cada membro da equipe; proporciona uma orientação e direção apropriada ao estilo de trabalho e personalidade do indivíduo; possibilita avaliações, as quais identificam talentos na equipe; possibilita progressão de carreira, pois avalia melhor o indivíduo.
14 Gestão de mudanças	Meio estruturado de implementar mudanças na empresa, sempre que envolve transformação organizacional. É a aplicação de técnicas e metodologias específicas e estruturadas, de modo a apoiar os gestores nos processos de mudanças internas nas organizações.	37	Fases do processo para realizar mudanças bem sucedidas	Fazer um diagnóstico Preparar uma declaração da visão Identificar que fatores poderiam impedir a mudança Vender a mudança Desenvolvendo um plano Aprender Monitorar a efetividade
15 Pensamento enxuto - Produção enxuta	Analisar todas as atividades de um processo da empresa, identificando e eliminando as atividades que não agregam valor.	38	Just-in-time	O fundamento central é a flexibilidade do negócio sendo que possui como objetivos a redução do tempo de set-up, a garantia de que os materiais serão entregues sem exceder os estoques programados, a garantia da disponibilidade e da confiabilidade de equipamentos, garantia de ajustes fáceis e rápidos, fazer com que toda a planta torna-se comprometida e ágil. Dentre as técnicas de just-in-time destacam-se o Kanban e Layou de produção.
		39	Os sete desperdícios	É utilizado para reflexão dos diferentes tipos de desperdícios que pode ser encontrados na maioria das empresas. Identifica sete áreas onde ocorrem desperdícios: Superprodução, Tempo de Espera, Transporte, Desperdício de Processo, Inventário, Qualidade e Movimento.

Ferramentas de Gestão de Tecnologia	Conceito / Objetivo	Técnicas Específicas	Conceito / Objetivo
16	Análise de valor	40 Análise das funções	Objetiva determinar e melhorar o valor de um produto ou processo, primeiramente, pelo entendimento das funções do item e seu valor, posteriormente então seus componentes constituintes e seus custos associados, a fim de reduzir os custos ou aumentar o valor das funções. Consistes em descrever e identificar as funções do produto ou processo e determinar o valor de cada função.
17	Melhoria contínua - Kaisen	41 Ciclo de solução de problemas	Melhoria contínua representa uma enorme oportunidade perdida. São ferramentas que ajudam a empresa a tornar-se uma organização baseada no aprendizado e no aprimoramento contínuo. Consiste num ciclo de identificar problema e resolvê-lo. Em termos de aprendizado, este é essencialmente um modelo para experimentar e avaliar.
		42 Brainstorming	É o agrupamento rápido de toda e qualquer idéia que um grupo de pessoas pode vir a identificar sem antes discutir ou efetuar qualquer julgamento. Toda a idéia é registrada, independente que seja irracional ou estranha.
		43 Diagrama Causa-Efeito	É uma técnica usada para identificar as possíveis causas de um problema ou efeito, ou seja, quando se quer estabelecer a causa de um efeito.
		44 Planilhas de verificação	É uma ferramenta utilizada para registrar e organizar dados. Ajudará a reunir e classificar dados e permite que todos obtenham dados comparáveis e de fácil análise.
		45 Fluxograma	É um diagrama de ilustração das atividades no processo. Fornece informações sobre todas as atividades do processo que realmente são necessárias, sendo uma boa ferramenta de comunicação e facilitando o planejamento do processo.
18	Avaliação Ambiental	46 Desmembramento de política	É o desenvolvimento de mecanismos através da quebra dos objetivos do planejamento estratégico globais do negócio em unidades pequenas.
		47 Minimização dos recursos e desperdícios no processo de produção	Processo estratégico ambiental que objetiva a minimização da matéria-prima, energia e desperdícios. Suas metas são: controlar a poluição, prevenir desperdícios, manter um bom estado de funcionamento dos equipamentos e estimular a reciclagem dos próprios desperdícios.
		48 Projeto de produto sustentável	Consiste em projetar um produto ecologicamente sustentável em todo seu ciclo de vida, desde o processo de fabricação, uso, re-uso, manutenção e, até no processo de desmontagem para facilitar a reciclagem.
		49 Análise do ciclo de vida do produto	Método de avaliação integrada de todos os impactos ambientais associados a um produto. Ajuda a estender a vida útil dos produtos das empresas, tornando assim uma técnica de competitividade entre as empresas.

Ferramentas de Gestão de Tecnologia	Conceito / Objetivo	Técnicas Específicas		Conceito / Objetivo
18 Avaliação Ambiental	Ajuda a melhorar e focalizar aspectos ambientais que são indispensáveis à empresa e ao atendimento de normas.	50	Marketing ambiental	Consiste no controle do desenvolvimento de produtos com foco ao meio ambiente; equilibrando desempenho, preço, conveniência e benefícios ambientais, e com representatividade as expectativas dos clientes.
		51	Ecosistema industrial	São redes de produtores e consumidores de bens e serviços que operam juntos, semelhante aos ecossistemas naturais, onde os desperdícios de produção de uma entidade se tornam uma contribuição no processo de produção de outra.
		52	Sistema de gestão ambiental	Consiste num sistema de gestão que inclui estruturas organizacionais, responsabilidades, ações, processos formais e meios para o desenvolvimento e implementação de uma política ambiental. Por exemplo, a norma ISO 14000 e a EMAS (Environmental Management and Audit Scheme) desenvolvida pela União Européia.
		53	Gestão ambiental da qualidade total	Possui semelhanças com a gestão ambiental e a gestão da qualidade, sendo que são usados princípios da gestão qualidade total para solução de problemas ambientais.
		54	Auditorias ambientais	Pode ser definida como uma sistemática, documentada, periódica, e objetiva a avaliação do desempenho e sistema de gestão ambiental das empresas. Incluem elementos qualitativos e quantitativos, como por exemplo, medidas específicas e tipos de poluição e desperdícios, avaliação do impacto ambiental, avaliação de materiais e avaliação de energia.
		55	Contabilidade dos custos totais	Consiste em contabilizar todos os custos associados a aquisição de matéria-prima, ao processo industrial, transporte e entrega. Adicionalmente inclui-se o custo de poluição do ar causado pelo processo industrial ou o custo do uso do produto, degradação ambiental causada pelo extração da matéria-prima.
		56	Relatórios ambientais	Qualquer sistema de gestão ambiental requer um relatório de gestão ambiental, sendo que o mesmo informa o desempenho ambiental ao público de forma honesta e completa. A audiência destes relatórios incluem os empregados, os clientes, acionistas, grupos de interesse, mídia e a comunidade.

Apêndice 2 – Técnicas variadas segundo o Temaguide

(do autor, adaptado de Cotec, 1998, p. III)

TÉCNICAS VARIADAS				
Grupo	Descrição	Técnica	Descrição	
1	São técnicas geralmente usadas para melhoria contínua. Elas são simples e de fácil aplicação para o controle e melhoria de diferentes aspectos relacionados à qualidade. Além disso, elas também podem ser aplicadas a assuntos mais específicos, além da qualidade e especificações.	1	Diagrama Causa-efeito	Seu objetivo é identificar e estruturar as causas de um determinado efeito. A aplicação principal é quando se investiga um problema, para identificar e selecionar as causas chaves do problema.
		2	Folhas de verificação	É utilizada para coleta de dados manualmente de forma segura e organizada, facilitando a posterior interpretação e transcrição dos resultados.
		3	Cartas de controle	Ajuda a identificar as causas dinâmicas e especiais da variação de um processo repetitivo.
		4	Fluxogramas	Utilizada para mostrar os passos sequenciais dentro de um processo.
		5	Histogramas	Utilizada para mostrar a distribuição de freqüência de uma série de medidas.
		6	Gráfico de linha	Mostrar distribuição de freqüência de uma sucessão de medidas, mostrar mudanças no tempo de medições que são realizadas repetidamente.
		7	Gráficos de Pareto	É útil para selecionar e focalizar as ações prioritárias, ajudando na melhoria do processo, mostrando as mudanças relativas a um processo medido e ordena um conjunto de medidas.
		8	Capabilidade do processo	Utilizada para determinar a habilidade de um processo, para conhecer seus limites de especificação.
		9	Diagrama de dispersão	Objetiva mostrar o tipo e grau de qualquer relação causal entre dois fatores.
2	Permitem especialistas ou não, simplificar assuntos complexos e abstratos para um entendimento, em plano de ordem de ação, considerando o tempo para completar a tarefa, as tarefas específicas para se empregar e a ordem para completá-las.	10	Atividade em rede	Utilizado para programar atividades dependentes dentro de um plano. É geralmente utilizada para planejar qualquer atividade que está composta de um conjunto de ações interdependentes, ajudando no cálculo dos prazos de conclusão do projeto.
		11	Diagrama de afinidades	É utilizada para estruturar um grande número de partes discretas de informações. Ajuda a reunir e ordenar informações incertas e fragmentadas.
		12	Diagrama de matricial	Tem como objetivo identificar a relação entre pares de listas. É importante para determinar a força de relação entre pares simples de itens ou um simples item e outra lista completa.
		13	Matriz de priorização	Seu objetivo é ordenar uma lista de atividades em ordem de importância. É utilizada para priorizar assuntos complexos ou obscuros, onde existem critérios múltiplos por decidir a importância.
		14	Carta do programa de decisão do processo	É usada para identificar problemas potenciais e contramedidas em um plano. Na maioria dos casos é utilizada para fazer planos, ajudar a identificar riscos potenciais, ajuda a selecionar contramedidas aos riscos.
		15	Diagrama de relações	Ajuda na análise de situações complexas onde existem múltiplos assuntos relacionados.
		16	Diagrama de árvore	Sua utilidade é desarranjar um tópico em níveis sucessivos de detalhes. Ajuda a planejar e desmembrar uma tarefa em unidades controláveis e fixas.

TÉCNICAS VARIADAS				
Grupo	Descrição	Técnica	Descrição	
3 Técnicas de planejamento estratégico	São muitas as técnicas que ajudam no planejamento estratégico, sendo que muitos deles já foram mencionados anteriormente. Algumas delas não são necessariamente utilizadas no contexto da gestão tecnológica.	17	Análise SWOT	Ferramenta simples utilizadas para mapear os sinais referentes às mudanças tecnológicas. Ela representa as Forças, Fraquezas, Ameaças e Oportunidades. Forma simples, estruturada de explorar os desafios fundamentais que a empresa enfrenta.
		18	Modelo das 5 forças	É um mapa simples que representa o campo de batalha estratégico competitivo em termos de cinco forças que se interagem para formar os desafios para empresa. As forças são: rivalidade competitiva, poder de barganha dos clientes e dos fornecedores, ameaça dos substitutos e ameaça dos novos concorrentes.
		19	Técnicas de identificação de tecnologias	Consiste na análise das tecnologias dos processos empresariais, que pode ser feita por meio da análise da cadeia de valor; e, da análise dos produtos, por meio da matriz de tecnologia / produto.
		20	Matriz de processo/produto	Seu propósito principal é localizar, mapear, estratégias ou discussão, ajudar as empresas a visualizarem antes de tomarem decisões.

Apêndice 3 – Questionário estruturado utilizado no estudo de campo



UFSC

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
MESTRANDO: MÁRCIO LUIZ GIACOMIN
ORIENTADOR: FERNANDO ANTÔNIO FORCELLINI
GEPP – GRUPO DE ENGENHARIA DO PRODUTO E PROCESSO



ESTUDO DE CAMPO NAS EMPRESAS DE MÉDIO E GRANDE PORTE

Empresa:

Contato(s):..... **Fone:**(.....)..... -..... **e-mail:**.....

Data da Visita:/...../.....

OBJETIVOS DA PESQUISA:

- A) Caracterização da empresa: ramo de atividade, mercado, linha de produtos, estrutura, porte, principais clientes, certificações, participação no mercado;
- B) Caracterização do setor de Desenvolvimento de Produtos (DP): estrutura do departamento, número de profissionais no setor, formação e funções dos profissionais; departamentos envolvidos com o setor; tipos de projetos normalmente desenvolvidos;
- C) Caracterização do Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) da empresa: organização geral, principais fases, objetivos, como se procedem às atividades, clientes envolvidos, principais dificuldades, barreiras e problemas enfrentados durante o PDP;
- D) Identificar o conhecimento da empresa sobre o uso de métodos de apoio ao PDP: métodos utilizados pela empresa, motivos da implantação, forma de implantação na empresa, dificuldades durante a implantação e uso dos métodos de projeto de apoio ao PDP.

QUESTÕES DA PESQUISA:

A) CARACTERÍSTICAS GERAIS DA EMPRESA

- 1) Ramo de Atividades:
- 2) N° de funcionários:
- 3) Linha de Produtos:
R:
- 4) Mercado de Atuação: 4.1. () Nacional 4.2. () Internacional
- 5) A empresa possui certificação da ISO 9001 - 2000? 5.1. () Sim 5.2. () Não
- 6) A empresa possui outras certificações? Quais?
R:
- 7) Qual o posicionamento da empresa em relação à participação no mercado ou concorrentes?
R:
- 8) Quais os principais clientes da empresa?
 - 8.1. Internos:
 - 8.2. Intermediário:
 - 8.3. Externos:

B) CARACTERÍSTICAS DO SETOR DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

- 9) Nome do setor:
- 10) N° de profissionais no setor:

11) Formação dos profissionais:

11.1. Predominante:

11.2. Chefia:

11.3. Escolaridade mínima exigida no departamento:

12) Cargos e Funções existentes (subdivisão e subordinação do setor):

R:

13) Principais atividades desenvolvidas no setor:

R:

14) Que tipo de projeto ou atividade de projetos são geralmente desenvolvidas pela empresa?

14.1 Projeto original – com alto grau de novidade conceitual e alto grau de complexidade na configuração;

14.2 Re-projetos – com pouca novidade conceitual e pouco grau de complexidade na configuração;

14.3 Projetos adaptativos – em alto grau de novidade conceitual e pouco grau de complexidade na configuração;

14.4 Projetos de desenvolvimento – com pouca novidade conceitual e alto grau de complexidade na configuração;

14.5 Outro. Qual?.....

15) Departamentos da empresa envolvidos com o setor de DP:

R:

A) CARACTERÍSTICAS DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS**16) A empresa possui um Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) sistematizado? Se sim, o mesmo encontra-se formalizado e é praticado a rigor?**

R:

17) Como o PDP foi implantado na empresa? Ou como a empresa chegou até ele?

R:

18) Quais as principais etapas (fases ou macro-fases) do PDP da empresa? Quais os seus objetivos e quais os departamentos da empresa que participam do PDP? (visão geral)

R:

19) Qual das etapas do PDP é considerada crucial, ou seja, que merece maior atenção no projeto de um novo produto? Quais as principais dificuldades, barreiras e problemas enfrentados durante o PDP? Em que etapa do PDP haveria a necessidade de melhoria? Por quê?

R:

20) No processo de projeto de um produto, chega-se a se estabelecer um ciclo de vida do produto?

R:

21) Como nasce a idéia para o desenvolvimento de um produto? De onde são obtidas as informações necessárias para dar início ao projeto de um produto, ou seja, quem as fornece e como são obtidas?

R:

22) Como estas informações (necessidades) são trabalhadas para se chegar à concepção (modelo e forma) de um novo produto?

R:

23) Como é avaliada a concepção de um produto e a aprovação deste para a produção? Quem participa das avaliações?

R:

24) Qual a relação dos clientes com o PDP da empresa? Os clientes participam na concepção e/ ou na aprovação de um produto?

R:

25) Aspectos referentes à assistência técnica e manutenção do produto são considerados durante o processo de desenvolvimento de produto?

R:

26) Durante o processo de projeto, são levantadas informações referentes à confiabilidade do produto? (Modos e efeitos de falha, pontos críticos).

R:

27) Ao final de um projeto, as informações obtidas e lições aprendidas são formalizadas? Se sim, tais informações são utilizadas com frequência na realização de futuros projetos?

R:

A) USO DE MÉTODOS, TÉCNICAS E FERRAMENTAS DE PROJETO PELA EMPRESA

28) Assinale os métodos, técnicas ou ferramentas utilizadas pela empresa. Cite outros que a empresa utilize e que não contidos na tabela abaixo.

Métodos, Técnicas ou Ferramentas de auxílio ao PDP		Usa	Conhece / Não Usa	Não Conhece
1	Análise de Valor / Engenharia do Valor (AV / EV)			
2	Análise do Ciclo de Vida do Produto			
3	Análise SWOT			
4	Avaliação baseada na Viabilidade e Disponibilidade Tecnológica			
5	Benchmarking Competitivo			
6	Brainstorming, Brainwriting ou técnicas de criatividade			
7	BSC - Balanced Scorecard			
8	Sistemas CAD – (Projeto Auxiliado por Computador). Ex: Solid Woks, Pro Engineer			
9	Sistemas CAE – <i>Computer Aided Engineering (Engenharia Assistida por Computador) ou FEM – Finite Elements Method (Método dos Elementos Finitos)</i>			
10	Sistemas CAM - <i>Computer Aided Manufacturing (Manufatura Auxiliada por Computador)</i>			
11	Desdobramento da Estrutura de Trabalho - WBS (EDT)			
12	DFA – <i>Design for Assembly</i> (Projeto para montagem)			
13	DFM – <i>Design for Manufactory</i> (Projeto para manufatura)			
14	Diagrama de Ishikawa, Espinha de Peixe ou Causa e Efeito			
15	DOE – <i>Design Of Experiments</i> / Projeto Robusto / Método Taguchi / Metodologia Seis Sigma			
16	Engenharia Reversa			
17	Engenharia Simultânea (ES) ou Engenharia Concorrente			
18	EPP - Especificação de Projeto do Produto			
19	ERP (Enterprise Resource Planning)			
20	FAST – (Técnica Sistemática de Análise Funcional) / Síntese Funcional			
21	FMEA – <i>Failure Mode And Effects Analysis</i> (Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos)			
22	FTA – <i>Fault Tree Analysis</i> (Análise da Árvore de Falhas)			
23	Gestão do conhecimento			
24	Gráfico de Pareto			
25	MASP - Método de Análise de Solução de Problemas			
26	Matriz de Avaliação/ Decisão/ Matriz Pugh / Lista de Verificação / Checklists			
27	Matriz Morfológica			
28	Mockups eletrônicos (gráficos ou físicos)			
29	PERT - Project Evaluation and Review Technique			
30	Pesquisa das Normas Técnicas e Patentes			
31	Planos de Ação - 5W2H, PDCA			
32	Projeto Modular			
33	Prototipagem Rápida			
34	QFD – <i>Quality Function Deployment</i> (Desdobramento da Função Qualidade)			
35	RV – Realidade Virtual			
36	TRIZ – <i>Tvorba A Øešní Inovaèních Zadání</i> (Teoria Inventiva de Solução de Problemas)			

29) Dos métodos citados anteriormente que são utilizados, quais os motivos que levaram a utilização destes? Como se chegou à escolha dos métodos adequados? Foi realizado algum diagnóstico ou alguma consultoria?

R:

30) Como estes métodos e/ ou ferramentas foram implementados ao PDP da empresa. Ocorreram treinamentos quanto ao uso dos referidos métodos?

R:

31) Durante a implantação destes métodos na empresa, surgiram algumas dificuldades ou barreiras ou, ocorreram alguns problemas de adaptação destes pela equipe de projeto? Se sim, quais foram e como foram eliminados?

R:

32) A equipe de projeto tem a intenção de implantar outro(s) método(s) de projeto no PDP da empresa? Se sim, a equipe de projeto tem o conhecimento de qual(is) método(s) ou ferramenta(s) (em referência a tabela anterior) pode(m) auxiliar o PDP da empresa, ou que seria(m) ideal(is) ao seu âmbito?

R:

33) Como se procederia à implantação de um novo método no PDP da empresa? Quem na empresa tomaria a decisão de implantar ou promover o aprendizado de outros métodos de projeto?

R:

Muito Obrigado pela Visita, Pesquisa e Entrevista!!!

Márcio Luiz Giacomini, Eng.
Mestrando em Eng. Mecânica
GEPP - UFSC

**Apêndice 4 – Questionário 1 da fase exploratória da pesquisa-ação
(do autor)**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
MESTRANDO: MÁRCIO LUIZ GIACOMIN
ORIENTADOR: FERNANDO ANTÔNIO FORCELLINI
GEPP – GRUPO DE ENGENHARIA DO PRODUTO E PROCESSO



QUESTIONÁRIO DA FASE EXPLORATÓRIA DA PESQUISA-AÇÃO (ao Setor de DP)

IDENTIFICAÇÃO:

Empresa da Pesquisa-Ação:

Contato(s):..... **Fone:**(.....)-..... **e-mail:**.....

Data da Visita / Entrevista 1:/...../..... **Data da Visita / Entrevista 4:**/...../.....

Data da Visita / Entrevista 2:/...../..... **Data da Visita / Entrevista 5:**/...../.....

Data da Visita / Entrevista 3:/...../..... **Data da Visita / Entrevista 6:**/...../.....

OBJETIVOS DA PESQUISA

- A) Caracterizar e conhecer a empresa: mercado; linha de produtos; departamentos e seus responsáveis; principais clientes;
- B) Conhecer e identificar características do setor de DP e do PDP da empresa: equipe de projeto, funções existentes, fases do PDP, objetivos de cada fase, como se procedem as atividades de DP e departamentos envolvidos no DP;
- C) Coletar informações sobre a usabilidade de métodos de projeto na empresa: métodos utilizados, dificuldades na implantação e uso, como são utilizados os métodos;
- D) Coletar necessidades de melhoria do PDP da empresa, com os profissionais do setor de DP e com profissionais de outros departamentos da empresa que participam no DP. Identificar quais as principais dificuldades (problemas) enfrentadas durante o PDP;

TÉCNICAS DE PESQUISA

- Visitas e entrevistas com os responsáveis em DP na empresa;
- Análise documental do PDP da empresa;
- Observações visuais das atividades de DP e das relações existentes entre a equipe de DP e outros departamentos da empresa (troca de informações e dependências);
- Participação em reuniões.

QUESTÕES

Sobre a empresa:

1. Ramo de Atividades:

2. N° de funcionários:

3. Linha de Produtos:

R:

4. Mercado de Atuação: 4.1. () Nacional 4.2. () Internacional

5. A empresa possui certificação da ISO 9001 - 2000? 5.1. () Sim 5.2. () Não

6. A empresa possui outras certificações? Quais?

R:

7. Qual o posicionamento da empresa em relação à participação no mercado ou concorrentes?

R:

8. Quais os principais clientes da empresa?

8.1. Internos:

8.2 Intermediário:

8.3. Externos:

Sobre o setor de DP da empresa:

9. Nome do setor:

10. N° de profissionais no setor:

11. Formação dos profissionais:

11.1. Predominante:

11.2. Chefia:

11.3. Escolaridade mínima exigida no departamento:

12. Cargos e Funções existentes (subdivisão e subordinação do setor):

R:

13. Principais atividades desenvolvidas no setor:

R:

14. Que tipo de projeto ou atividade de projetos são geralmente desenvolvidas pela empresa?

14.1 Projeto original – com alto grau de novidade conceitual e alto grau de complexidade na configuração;

14.2 Re-projetos – com pouca novidade conceitual e pouco grau de complexidade na configuração;

14.3 Projetos adaptativos – em alto grau de novidade conceitual e pouco grau de complexidade na configuração;

14.4 Projetos de desenvolvimento – com pouca novidade conceitual e alto grau de complexidade na configuração;

14.5 Outro. Qual?.....

15. Departamentos da empresa envolvidos com o setor de DP:

R:

Sobre o PDP da empresa:

16. A empresa possui um Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) sistematizado? Se sim, o mesmo encontra-se formalizado e é praticado a rigor?

R:

17. Como o PDP foi implantado na empresa? Ou como a empresa chegou até ele?

R:

18. Quais as principais etapas (fases ou macro-fases) do PDP da empresa? Quais os seus objetivos e quais os departamentos da empresa que participam do PDP? (visão geral)

R:

19. De onde são obtidas as informações necessárias (necessidades) para dar início ao projeto de um novo produto?

R:

20. Como são obtidas tais necessidades?

R:

21. É utilizado algum método para coleta das informações?

R:

22. Quem é responsável pela coleta das informações?

R:

23. Que tipo de informações são necessárias para o início do projeto de um novo produto?

R:

24. Como estas informações (necessidades) são trabalhadas até se chegar à concepção (modelo e forma) de um novo produto?

R:

25. Quais são os métodos utilizados para a validação das etapas (análise crítica)?

26. Quais os departamentos da empresa que participam da aprovação ou não de um produto. Quais os clientes que participam desta etapa?

R:

27. Que parâmetros/ indicadores são utilizados na aprovação ou não das etapas do projeto de um produto.

R:

28. É comum a ocorrência de re-trabalhos (retorno ao planejamento), após a análise crítica das etapas do processo de projeto?

R:

29. Em que etapa do processo de projeto os re-trabalhos ocorrem com maior frequência?

R:

30. Cite alguns dos problemas que já ocorreram?

R:

31. É comum a ocorrência do aborto de um projeto?

R:

32. Na ocorrência de alguns, em que etapa do processo de projeto eles ocorrem com maior frequência?

R:

33. No processo de projeto de um produto, é definido o ciclo de vida do produto? (da necessidade do produto até retirada do mesmo do mercado).

R:

34. Aspectos como assistência técnica e manutenção do produto, são considerados durante o processo de desenvolvimento de produto (na fase de projeto de produto)?

R:

35. Durante o processo de projeto, são levantadas informações referentes à confiabilidade do produto? (Modos e efeitos de falha, pontos críticos).

R:

36. Ao final de um projeto, as informações obtidas e lições aprendidas são formalizadas?

R:

37. Se sim, como estas informações são armazenadas?

R:

38. Tais informações são utilizadas com frequência na realização de futuros projetos?

R:

39. Quais as principais mudanças que ocorreram nos produtos? Como eram os conceitos dos primeiros compressores e como são os de hoje?

R:

40. Qual o tempo médio de DP hoje e quanto se demorava no projeto dos primeiros produtos?

R:

Métodos e Ferramentas auxiliares ao PDP

41. Quais os métodos e ferramentas auxiliares ao processo de desenvolvimento de produto utilizados pela empresa?

R:

42. Quais os motivos que levaram a utilização de tais métodos e ferramentas?

R:

43. Quais os benefícios que tais métodos ou ferramentas trouxeram ao desenvolvimento de produtos da empresa.

R:

44. Em quais etapas do processo de projeto tais métodos e ferramentas são utilizados?

R:

45. Como os métodos e ferramentas foram implementados ao PDP da empresa. Houve treinamento quanto ao uso?

R:

46. Durante a implantação destes na empresa, surgiram algumas dificuldades ou barreiras, na implantação destes na empresa? Se sim, quais foram? Como foram resolvidas?

R:

47. Ocorreram alguns problemas de adaptação destes pela equipe de projeto?

R:

48. A equipe de projeto tem conhecimento de outros métodos e ferramentas auxiliares ao processo de projeto? Citar alguns.

R:

49. Existe a intenção da empresa em investir na aquisição do conhecimento de alguns métodos de auxílio ao PDP e futuramente ter o intuito de implantá-los na fábrica?

R:

50. Quais as expectativas da equipe de projeto quanto à implementação dos métodos e ferramentas de auxílio ao processo de projeto?

R:

51. Quem na empresa mostra-se preocupado com a evolução do PDP?

R:

52. Quem tomaria a decisão de implantar ou promover o aprendizado de outros métodos de auxílio ao PDP?

R:

OBS:
.....
.....
.....
.....
.....

Muito Obrigado pela Visita, Pesquisa e Entrevista!!!
Márcio Luiz Giacomini, Eng.
Mestrando em Eng. Mecânica
GEPP - UFSC

Apêndice 5 – Questionário 2 da fase exploratória da pesquisa-ação

(do autor)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
MESTRANDO: MÁRCIO LUIZ GIACOMIN
ORIENTADOR: FERNANDO ANTÔNIO FORCELLINI
GEPP – GRUPO DE ENGENHARIA DO PRODUTO E PROCESSO



QUESTIONÁRIO DA FASE EXPLORATÓRIA DA PESQUISA-AÇÃO

(aos Departamentos da Empresa)

IDENTIFICAÇÃO:

Departamento: **Responsável:**

Data da Visita/Entrevista:/...../..... **Fone:**(.....).....-..... **e-mail:**.....

OBJETIVOS DA PESQUISA

- A) Caracterizar e conhecer a empresa: mercado; linha de produtos; departamentos e seus responsáveis; principais clientes;
- B) Conhecer e identificar características do setor de DP e do PDP da empresa: equipe de projeto, funções existentes, fases do PDP, objetivos de cada fase, como se procedem as atividades de DP e departamentos envolvidos no DP;
- C) Coletar necessidades de melhoria do PDP da empresa, com os profissionais do setor de DP e com profissionais de outros departamentos da empresa que participam no DP. Identificar quais as principais dificuldades (problemas) enfrentadas durante o PDP;

TÉCNICAS DE PESQUISA

- Visitas e entrevistas com os responsáveis dos departamentos da empresa;
- Análise documental dos procedimentos utilizados;
- Observações visuais das atividades e das relações com o DP (troca de informações e dependências).

QUESTÕES

1. Qual o Principal objetivo deste departamento?

R:

2. Qual a relação ou troca de informações que existe entre este Departamento e o Departamento de Produtos? Ocorrem trocas de informações? Em que etapa do projeto ocorre?

R:

3. Que tipo de informações este Departamento passa ao Departamento de Produtos para o desenvolvimento de um novo produto ou mudança (correção) de algum projeto?

R:

4. Como estas informações são coletadas dos consumidores?

R:

5. Como as informações recebidas dos clientes são repassadas ao Departamento de Produtos?

R:

6. Este departamento mostra-se preocupado com o melhoramento do PDP da empresa?

R:

7. Em que aspectos vocês sugerem que o PDP poderia melhorar? Quais as mudanças?

R:

OBS:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Muito Obrigado pela Visita, Pesquisa e Entrevista!!!
Márcio Luiz Giacomini, Eng.
Mestrando em Eng. Mecânica
GEPP - UFSC

Apêndice 6 – Avaliação do processo de implantação do método QFD na EPA

(do autor)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
MESTRANDO: MÁRCIO LUIZ GIACOMIN, ENG.
ORIENTADOR: FERNANDO ANTÔNIO FORCELLINI, DR. ENG.



Avaliação da Aplicação / Implantação do Método QFD na Empresa

Identificação:

Nome*: coordenador e gerente de projeto

Cargo: Engenheiro de Produtos

Formação: Mestre em Engenharia de Produção

Data: 23/06/2005

* *opcional*

Objetivo:

O presente questionário visa avaliar o processo de aplicação do método QFD (Casa da Qualidade) no projeto XXXXX e implementação deste no PDP da empresa YYYYYY objetivando também validar os princípios e recomendações utilizados e gerados nas etapas de aplicação do método QFD e que farão parte da dissertação de mestrado.

OBS:

- Responda as questões conforme vossa avaliação crítica, portanto, não existem respostas certas para as perguntas;
- Responda somente as questões que considerar conveniente;
- Sugere-se ler todo o questionário antes de respondê-lo.

Questões:

1. Como você avalia a estrutura e o modelo do método QFD utilizado no projeto XXXXX. Selecione a melhor alternativa em referência ao peso estabelecido.

a. 5 – Adequado

b. 4

c. 3

d. 2

e. 1 – Inadequado

Sugestões e observações:.....

2. Como você avalia os objetivos estabelecidos do método QFD no projeto XXXXX. Selecione a melhor alternativa em referência ao peso estabelecido. Objetivos: levantamento das necessidades dos clientes, conversão das necessidades em requisitos de clientes e de projeto, preenchimento da casa da qualidade e preenchimento das especificações de projeto de produto.

a. 5 – Adequados

b. 4

c. 3

d. 2

e. 1 – Inadequados

Sugestões e observações:.....

3. Como você avalia o atendimento dos objetivos do método QFD no projeto XXXXX. Selecione a melhor alternativa.

a. Atendeu por completo os objetivos

b. Atendeu quase todos os objetivos

4. Como você avalia o tempo utilizado para a execução das atividades do QFD?

a. Foi muito elevado, ou seja, pode ser reduzido.

b. Foi muito baixo, ou seja, pode ser aumentado para uma melhor síntese das informações e detalhamento das atividades.

c. Está adequado, mas pode sofrer alguns ajustes para melhor aproveitamento das atividades.*Outros, sugestões e observações:*.....**5. Como você avalia a qualidade das informações obtidas no método QFD?**

a. Ruim

b. Razoável

c. Satisfatória

d. Boa

e. Ótima

6. Você considera que os resultados obtidos pelo método QFD facilitarão as atividades do projeto XXXXX? (Contribuição do QFD). (X) Sim () Não**Se SIM, cite algumas contribuições. Se NÃO, por quê?***As atividades da equipe são orientadas no sentido de atingir os requisitos com maior pontuação. A necessidade de criarmos parâmetros para cada requisito torna mais fácil o controle sobre o resultado das ações de projeto.***7. De forma geral, como você avalia a utilização do método QFD no projeto XXXXX?**

a. Atendeu por completa as expectativas

b. Atendeu quase todas as expectativas

c. Atendeu de forma parcial as expectativas

d. Não atendeu as expectativas, ficou a desejar.

Outros, sugestões e observações:.....**8. Como você avalia a qualidade dos arquivos eletrônicos (planilhas no Excel) gerados da utilização do método QFD no projeto XXXXX.**

a. Ruim

b. Razoável

c. Satisfatório

d. Bom

e. Ótimo

*Outros, sugestões e observações: Desenvolver novas formas de coleta de dados.***9. Você considera que a utilização do QFD no projeto XXXXX aumentou o relacionamento e troca de informações entre os departamentos da empresa? (x) Sim () Não***Por quê?***10. Cite alguma das principais dificuldades enfrentadas da aplicação do método QFD no projeto XXXXX.***R: Muitas das ações do QFD sofreram atrasos em virtude de outras ações da equipe de projeto que no momento tinham prioridade de execução***11. Você indicaria alguma contribuição da implementação do método QFD no PDP da empresa.****(X) Sim () Não****Se SIM, qual (ais)? Se NÃO, por quê?***O QFD demonstrou ser uma excelente técnica para ser aplicada na fase de projeto conceitual, antes do início do detalhamento.***12. Você considera essencial e/ou importante à implementação do método QFD de forma definitiva no PDP da empresa? (X) Sim () Não****Por quê?***Porque no momento não há nenhuma técnica para tradução das necessidades dos clientes em requisitos de projeto.*

13. Em que tipo de projeto de produto você acharia interessante utilizar o método QFD:

- a. Em projeto original – com alto grau de novidade conceitual e alto grau de complexidade na configuração (projetos de produtos inovadores).
- b. Em re-projetos – com pouca novidade conceitual e pouco grau de complexidade na configuração;
- c. Em projetos adaptativos – em alto grau de novidade conceitual e pouco grau de complexidade na configuração (melhoria no conceito do produto).
- d. Em projetos de desenvolvimento – com pouca novidade conceitual e alto grau de complexidade na configuração (novo conceito do produto).
- e. Em todos os tipos de projetos da Empresa.

14. Após a aplicação do QFD no projeto XXXXX, você considera que a empresa está em condições de aplicar novamente o QFD em outro projeto? (X) Sim () Não

Por quê?

Obtivemos várias observações que numa próxima execução poderiam ser atendidas.

15. Caso não fosse utilizado o método QFD, seria utilizada outra técnica para o levantamento das necessidades dos clientes? (X) Sim () Não

Se Sim, qual? Pesquisa direta.

16. Em referência a obtenção das especificações de projeto de produto (EPP), como você compara os resultados obtidos no QFD em relação ao processo normalmente praticado pela empresa?

R.: O QFD permitiu uma compreensão das prioridades entre os requisitos de projeto baseada em dados, o que deu mais segurança no momento do atendimento deste requisito.

17. Como você classifica as atividades realizadas do QFD no projeto XXXXX da empresa.

- a. Somente como uma aplicação específica no projeto dos XXXXX.
- b. Como um treinamento à equipe de projeto e aplicação específica no projeto XXXXX.
- c. Como uma aplicação no projeto XXXXX e implementação PDP da Empresa.
- d. Outro(s). Qual (ais)?.....

18. Baseado na experiência obtida com a utilização do QFD no projeto XXXXX, que cuidados e recomendações você sugestionaria ter na implantação de outros métodos na Empresa?

R: Exigir um nível maior de planejamento para aplicação da técnica, possibilitando um melhor aproveitamento.

19. Avaliação da postura, habilidades e competências do responsável pela execução do método QFD (Casa da Qualidade) no projeto XXXXX.

Aspecto	Mínimo	1	2	3	4	5	Máximo
a) Forma de exposição das idéias e objetivos	Obscura					X	Clara
b) Coerência no desenvolvimento do conteúdo	Incoerente					X	Coerente
b) Os conhecimentos repassados foram suficientes para execução das atividades?	Não					X	Sim
d) Desempenho	Ruim					X	Excelente
e) Responsabilidades e postura	Ruim					X	Excelente
e) Habilidades e competências	Ruim				X		Excelente

• Aspectos Positivos:

Demonstrou o responsável ter uma capacidade de compreensão geral elevada e um nível de dedicação ao detalhamento acima do esperado

• Aspectos Negativos:

• Sugestões:

Elaborar um material com orientações para futuras aplicações

*MUITO OBRIGADO PELA AVALIAÇÃO!
Márcio Luiz Giacomin
Junho de 2005.*

Apêndice 7 – Questionário de avaliação do treinamento e aplicação do FMEA

(do autor)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
 MESTRANDO: MÁRCIO LUIZ GIACOMIN, ENG.
 ORIENTADOR: FERNANDO ANTÔNIO FORCELLINI, DR. ENG.



Avaliação do Treinamento e Aplicação do FMEA na Empresa

Identificação: (opcional)

Nome: Data:/...../.....
 Formação: Cargo/Departamento.....

Questões:

1. Referente ao conteúdo, estrutura e recursos utilizados no treinamento e aplicação do FMEA, pondere os aspectos:

		1	2	3	4	5	
Conceitos e Definições utilizadas no treinamento e na aplicação do FMEA (Premissas para a implantação do FMEA)	Superficial						Profunda
Procedimentos Gerais adotados na execução do FMEA (definição do modelo da matriz FMEA e principais atividades)	Inadequados						Adequados
Objetivos estabelecidos no treinamento e na aplicação do FMEA (definição dos recursos, projeto e atividades a serem executadas)	Inadequados						Adequados
Atendimento dos objetivos estabelecidos no treinamento e na aplicação do FMEA	Ruim						Excelente
Carga horária utilizada no treinamento e na aplicação do FMEA	Ruim						Excelente
Importância da implementação do FMEA no PDP da empresa	Não						Sim
Contribuição para o desenvolvimento do senso crítico dos profissionais da empresa	Ruim						Excelente
Avaliação geral do treinamento e aplicação do FMEA na empresa	Ruim						Excelente

2. Cite algumas dificuldades enfrentadas no aplicação do FMEA (que possam dificultar seu uso na Empresa).

R:

3. Quais os tópicos do treinamento em FMEA que poderiam ser omitidos, acrescentados ou ampliados?

R:

4. Após o treinamento e aplicação do FMEA, você se considera em condições de aplicar o referido método nos projetos ou processos da Empresa?

() Sim () Não

Por quê?.....

5. Após o treinamento e aplicação do FMEA, você considera que a Empresa está em condições de aplicar novamente o referido método em seus projetos?

() Sim () Não

Por quê?.....

6. Você consideraria essencial e/ou importante à implementação do método FMEA no processo de desenvolvimento de produtos da Empresa?

() Sim () Não

Por quê?.....

7. Avaliação da postura, habilidades e competências do responsável pelo treinamento e aplicação do FMEA:

		1	2	3	4	5	
a) Forma de exposição das idéias e objetivos	Obscura						Clara
b) Coerência no desenvolvimento do conteúdo	Incoerente						Coerente
c) Os conhecimentos repassados foram suficientes para execução das atividades?	Não						Sim
d) Quanto à eliminação das dúvidas surgidas	Não sanou						Sanou todas
e) Responsabilidades e postura	Ruim						Excelente
f) Habilidades e competências	Ruim						Excelente
g) Avaliação geral do instrutor (desempenho)	Ruim						Excelente

8. Você acha que o fato do coordenador da implantação conhecer os procedimentos de projeto e os profissionais da empresa ajudou na disseminação dos conhecimentos em FMEA durante o treinamento e aplicação do método?

() Sim
() Não
() Outro. Qual?

9. Caso o instrutor não conhecesse os procedimentos da empresa e os profissionais, por exemplo, fosse um consultor externo, você acha que isso dificultaria a disseminação dos conhecimentos em FMEA durante a implementação no Processo de Desenvolvimento de Produtos da Empresa?

() Sim
() Não
() Outro. Qual?

10. Outros aspectos do treinamento e aplicação do FMEA:

✓ Aspectos Positivos:

.....

✓ Aspectos Negativos:

.....

✓ Sugestões:

.....

MUITO OBRIGADO PELA AVALIAÇÃO!
Márcio Luiz Giacomini
Novembro de 2005.

Apêndice 8 – Recomendações para a aplicação do método QFD–Casa da Qualidade

(do autor)

Além das recomendações genéricas para aplicação de métodos de projetos sugeridas no item 6.4.1 e dos conceitos apresentados nos procedimentos de implantação do método QFD (Capítulo 5), algumas recomendações para facilitar a aplicação desse método foram geradas durante a sua implantação na empresa. Dentre elas, citam-se:

1. Para facilitar o preenchimento da matriz principal do QFD (requisitos dos clientes *versus* requisitos de projeto), recomenda-se ao coordenador do projeto ou ao responsável pela aplicação, que realize um pré-relacionamento entre tais requisitos, de forma a assinalar ou eliminar da matriz principal os relacionamentos já considerados como nulos ou com peso “0” (por exemplo, ser eficiente *versus* cor do produto). Esse pré-relacionamento tem por objetivo reduzir o tempo de preenchimento da matriz principal do QFD através da redução do número de relacionamentos a serem analisados pela equipe do projeto. Por exemplo, se em uma determinada matriz QFD de 70 X 90 (70 requisitos de clientes e 90 requisitos de projetos, ou seja, de 6.300 relacionamentos) é possível reduzir 2.000 relacionamentos considerados nulos e levando em consideração que em cada relacionamento uma pessoa leva em média 10 segundos para efetuar a análise, ao final consegue-se reduzir o tempo total de preenchimento da matriz de 17,50 horas para 11,94 horas, ou seja, uma economia de 5,55 horas por indivíduo (redução de 31,75% do tempo total). Além da redução do tempo, conseqüentemente há redução dos investimentos (custo de mão-de-obra) e o trabalho de preenchimento da matriz se torna menos cansativo à equipe.
2. Outra estratégia que pode ser utilizada na aplicação do método QFD (Casa da Qualidade) é da equipe do projeto preencher os campos da matriz principal de forma independente. Segundo a maioria dos autores e conforme apresentado na própria implantação do método, a necessidade de reunir a equipe para o preenchimento da matriz principal é um trabalho complicado (devido às atividades de projetos concorrentes na empresa), cansativo e que consome um tempo elevado para execução do método. Dessa forma, aconselha-se que cada membro da equipe preencha individualmente a matriz principal conforme a disponibilidade de tempo, mas dentro de um determinado prazo. Com isso, evita-se que opiniões, muitas vezes significantes no projeto, sejam inibidas em função da personalidade de cada pessoa. Porém, para utilizar essa estratégia, é necessário que sejam apresentados e explicados aos membros da equipe do projeto todos os requisitos (de cliente e de projeto) e procedimentos para o preenchimento da matriz principal da Casa da Qualidade. Aconselha-se, também, que o coordenador do projeto acompanhe e sane as dúvidas da equipe durante o preenchimento da matriz;

3. Para o preenchimento da matriz principal pela equipe, aconselha-se também utilizar a opção “em branco”. Caso o avaliador não possua habilidades e competências técnicas e conceituais suficientes para definir o grau de relacionamento existente entre dois requisitos, ele poderá utilizar essa opção. Dessa forma, evita-se que falsos relacionamentos sejam considerados como verdadeiros na matriz principal, os quais terão determinados pesos e, dependendo do nível de relacionamento adotado, podem gerar falsos resultados ao projeto;
4. Após o preenchimento da matriz principal da Casa da Qualidade e hierarquização dos requisitos de projeto, sugere-se que tais resultados sejam dispostos numa matriz de Especificação de Projeto do Produto (EPP). O objetivo dessa atividade adicional é demonstrar os resultados do método QFD de forma clara aos membros da equipe do projeto. Além dos aspectos contidos na matriz EPP (meta, sensor, saídas indesejáveis e observações/restrições) desenvolvida por Fonseca (2000), sugere-se incluir os seguintes campos: percentual de participação de cada requisito de projeto em relação ao total global dos requisitos, ações da equipe de projeto para o atendimento de cada requisito e *checklist* das ações de melhoria adotadas durante o desenvolvimento do projeto. Dessa forma, tem-se um plano de ação hierarquizado com todos os requisitos, especificações e plano de ação.

Apêndice 9 – Recomendações para a aplicação do método FMEA

(do autor)

Além das recomendações genéricas para aplicação de métodos de projetos sugeridas no item 6.4.1 e dos conceitos apresentados nos procedimentos de implantação do método FMEA (Capítulo 5), algumas recomendações para facilitar a aplicação desse método foram geradas durante a sua implantação na empresa. Dentre elas, citam-se:

1. Segundo alguns autores, a definição do sistema e dos componentes é muito importante para a definição dos modos de falha e dos efeitos. Além das diversas metodologias utilizadas para definir os componentes e sistemas a serem analisados na matriz FMEA, sugere-se utilizar o seguinte critério: selecionar, preferencialmente, os componentes que são essenciais para o funcionamento do produto ou do sistema, ou seja, os componentes que atendem diretamente à função principal do produto e/ou parcial do produto.
2. Quanto à equipe para execução do FMEA:
 - a. Aconselha-se que ela seja formada segundo a capacidade da empresa e projeto analisado com menos um representante de cada de área que compõe a equipe do projeto analisado;
 - b. O número ideal de participantes do FMEA é de três a seis integrantes. Uma equipe pequena implica na geração de um número muito pequeno de informações, o que aumenta os riscos no projeto; uma equipe muito grande implica no acréscimo nos custos do projeto, num aumento do tempo do projeto e em dificuldades para obtenção do consenso de idéias em equipe;
3. Após definidos e listados os componentes e suas funções, aconselha-se à equipe que, primeiramente, sejam gerados todos os modos de falha dos componentes, depois os efeitos dos modos de falha e, posteriormente, as causas dos modos de falha, ou seja, cada campo da matriz FMEA deve ser preenchido de forma independente. Dessa forma, evita-se que a equipe retorne seguidamente aos campos da matriz FMEA que já deveriam ter sido preenchidos e que os conceitos de modo, efeito e causa se confundam durante a execução do método, o que pode trazer diversos efeitos ao uso do método.