

**MODELO DE REFERÊNCIA PARA O
PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS**



Leonardo Nabaes Romano

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

**MODELO DE REFERÊNCIA PARA O
PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS**

Tese submetida à Universidade Federal de Santa Catarina
para a obtenção do grau de
DOUTOR EM ENGENHARIA MECÂNICA

LEONARDO NABAES ROMANO

Florianópolis, 14 de Agosto de 2003.

Romano, Leonardo Nabaes, 1969-

Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas, SC :
PPGEM/UFSC, 2003.

266p. : il. – (Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica,
Universidade Federal de Santa Catarina)

1. Modelo de Referência 2. Gerenciamento de Projetos 3. Máquinas Agrícolas.

E-mail do autor: leromano@terra.com.br

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

**MODELO DE REFERÊNCIA PARA O
PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS**

LEONARDO NABAES ROMANO

Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do título de

DOUTOR EM ENGENHARIA

Especialidade Engenharia Mecânica, sendo aprovada em sua forma final.

Prof. José A. Bellini da Cunha Neto, Dr.

Coordenador do PPGE – UFSC

Prof. Nelson Back, Ph.D.

Universidade Federal de Santa Catarina
ORIENTADOR

Prof. André Ogliari, Dr. Eng.

Universidade Federal de Santa Catarina
CO-ORIENTADOR

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Nelson Back, Ph.D.

Universidade Federal de Santa Catarina - Presidente

Prof. Paulo Sérgio Graziano Magalhães, Ph.D.

UNICAMP - Relator

Prof. Arno Udo Dallmeyer, Dr. Agr.

Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Acires Dias, Dr. Eng.

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Jonny Carlos da Silva, Dr. Eng.

Universidade Federal de Santa Catarina

BIOGRAFIA DO AUTOR

Leonardo Nabaes Romano, 33, Engenheiro Mecânico formado em 1992 pela Universidade Federal de Santa Maria, onde é Professor Assistente, desde 1995, no Departamento de Engenharia Mecânica. Em 1996, obteve o título de Mestre em Engenharia Mecânica, pela Universidade Federal de Santa Catarina. Durante os anos de 1994 e 1995 foi Engenheiro de Produto da Multibras S.A. Eletrodomésticos.

Este trabalho é dedicado a minha esposa Fabiane,
por sempre acreditar em nosso projeto de vida,
e que agora traz no ventre a nossa maior alegria, o Eduardo.

AGRADECIMENTOS

Devo o meu primeiro e maior agradecimento ao Professor Nelson Back, que compartilhou comigo da importância de estudar este tema, e que disponibilizou seu tempo para exercer a orientação deste seu discípulo, contribuindo sobremaneira para o resultado final obtido. Também, ao Professor André Ogliari, co-orientador, pelas suas pertinentes observações, que proporcionaram oportunidades de melhoria para o trabalho.

Às empresas participantes da pesquisa, em particular aos profissionais que me auxiliaram além de suas obrigações. Sou especialmente grato a: Luiz F. Ghiggi, Marlon Adamy, Jorge Kruehl, Adaés Lucca, Adilson U. Butzke, Amílcar Centeno, Anderson D. de Araújo, André L. S. Souza, Antenor Dossa, Claudiano S. de Araújo Jr., Derli A. da Silveira, Evaldo J. C. Oliveira, Fabíola Alves, Felipe K. de Carvalho, Jerry W. Hansen, Joaquim B. P. Quedi, José L. Coelho, Juliano A. Tessaro, Juliano N. Palma, Lutiane Pagliarin, Marcelo B. Lopes, Marco A. Schaedler, Mario A. G. dos Santos, Paulo E. O. Bernardo, Paulo R. Rohde, Pedro L. Lemos e Robinson C. Zófoli.

Aos colegas que com seus trabalhos, deram importantes contribuições a esta pesquisa: Ângelo Vieira dos Reis, Giovano Marcos Mazetto e Wanilson Carrafa.

Aos Professores Acires Dias, Arno U. Dallmeyer, Jonny C. da Silva e Paulo S. G. Magalhães, por aceitarem participar da apreciação deste trabalho.

Aos Professores José P. Molin, Luiz Antônio Daniel e Tomaz C. Ripoli, que gentilmente atenderam as minhas solicitações.

Aos avaliadores do modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas, pelas importantes contribuições.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina, pela acolhida.

Aos colegas Nedipianos e Procadianos pelo intercâmbio de idéias, em especial a acadêmica Vanessa Cristina Patussi, pela sua importante ajuda.

A Universidade Federal de Santa Maria e a CAPES, pelo suporte a realização deste trabalho.

A Fabiane, minha esposa, que forneceu inúmeras idéias criativas, contribuições conceituais, metodológicas e críticas positivas indispensáveis ao trabalho. Além disso, seu êxito em organizar nossas vidas para a realização desse projeto significou a diferença entre o progresso e o caos.

E por fim, o mais importante, a toda a minha família, que de um modo ou de outro soube compreender nossa ausência, em especial aos meus pais, Remo e Maria do Carmo, e a Tia Ignês, que sempre oraram por nós.

*A informação de que você dispõe não é a informação que você deseja.
A informação que você deseja não é a informação que você necessita.
A informação que você necessita não é a informação que você consegue obter.
A informação que você consegue obter custa mais do que você deseja pagar.*

In Bernstein (1997)

SUMÁRIO

Lista de Figuras	xvii
Lista de Quadros.....	xxiii
Lista de Abreviaturas e Siglas.....	xxv
Lista de Apêndices	xxix
Resumo.....	xxxI
Abstract	xxxiii
Capítulo 1	1
Introdução	1
1.1. Melhorias no Processo de Desenvolvimento de Produtos: tema da pesquisa	2
1.2. O Setor de Máquinas Agrícolas: contexto da pesquisa	4
1.3. O Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas: foco dentro da pesquisa	6
1.4. Questão de Pesquisa.....	7
1.5. Objetivos	8
1.5.1 Objetivo Geral	8
1.5.2 Objetivos Específicos.....	8
1.6. Contribuições da Tese	9
1.7. Estrutura da Tese	10
Capítulo 2	11
Gerenciamento de Projetos de Desenvolvimento de Produtos.....	11
2.1. Projetos de Desenvolvimento de Produtos	12
2.2. Processo de Desenvolvimento de Produtos: Fases	17
2.3. Gerenciamento de Projetos	26
2.4. A Engenharia Simultânea Integrada ao Processo de Gerenciamento de Projetos.....	44
2.5. Modelagem do Processo de Desenvolvimento de Produtos.....	48
2.6. Comentários Finais do Capítulo.....	51

Capítulo 3	53
O Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas	53
3.1. Revisão Bibliográfica.....	53
3.1.1 Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas	54
3.1.2 Rota Tecnológica de Desenvolvimento de Produto	58
3.1.3 Sistematização do Processo de Projeto de Máquinas Agrícolas	60
3.2. O Processo Atualmente Praticado na Indústria de Máquinas Agrícolas	68
3.2.1 Levantamento de Informações junto a Empresas do Setor – Parte 1	73
3.2.2 Levantamento de Informações junto a Empresas do Setor – Parte 2	75
3.3. Estudo de Caso do Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas: Academia e Indústria	79
3.3.1 Estudo de Caso do Processo Praticado no NeDIP/UFSC.....	80
3.3.2 Estudo de Caso do Processo Praticado na Empresa 1	84
3.3.3 Estudo de Caso do Processo Praticado na Empresa 2	90
3.3.4 Análise Crítica dos Estudos de Caso	97
3.4. Comentários Finais do Capítulo	102
Capítulo 4	105
Estrutura para a Representação do Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas	105
4.1. Modelo de Referência	106
4.1.1 Objetivo do Modelo de Referência para o PDMA.....	106
4.1.2 Metodologia para Elaboração do Modelo de Referência para o PDMA	107
4.2. Estrutura do Modelo de Referência.....	107
4.2.1 Requisitos à Elaboração do Modelo de Referência para o PDMA	107
4.2.2 Desenvolvimento da Estrutura do Modelo de Referência	108
4.2.3 Contribuições da Estrutura do Modelo de Referência	111
4.3. Aplicação da Estrutura do Modelo de Referência ao PDMA.....	112
4.3.1 Macrofases do Modelo de Referência para o PDMA	112
4.3.2 Saídas das Fases do Modelo de Referência para o PDMA.....	114
4.3.3 Domínios de Conhecimento Abordados no Modelo de Referência para o PDMA	115
4.4. Síntese do Modelo de Referência para o PDMA.....	117
4.4.1 Planejamento	117
4.4.2 Projetação	118
4.4.3 Implementação	123
4.5. Comentários Finais do Capítulo	127

Capítulo 5	129
O Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas	129
5.1. Planejamento do Projeto.....	129
5.2. Projeto Informativo.....	147
5.3. Projeto Conceitual.....	164
5.4. Projeto Preliminar	171
5.5. Projeto Detalhado	185
5.6. Preparação da Produção	206
5.7. Lançamento	221
5.8. Validação	228
5.9. Comentários Finais do Capítulo.....	233
Capítulo 6	235
Avaliação do Modelo de Referência para o PDMA	235
6.1. Análise Comparativa entre o Modelo de Referência e os Modelos dos Estudos de Caso	235
6.2. Avaliação do Modelo de Referência junto às Empresas e Pesquisadores	247
6.3. Comentários Finais do Capítulo.....	251
Capítulo 7	253
Considerações Finais	253
Referências Bibliográficas	257
Apêndices	267
Anexo	285

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Caminho de migração para a melhoria do processo de desenvolvimento de produtos.....	3
Figura 1.2 – Produção brasileira de tratores e colhedoras 1990 a 2001.	5
Figura 2.1 – Tipologia de projetos.	14
Figura 2.2 – Classificação de alguns produtos usuais.....	16
Figura 2.3 – Curva do ciclo de vida do projeto.....	18
Figura 2.4 – Decomposição típica das fases do processo de desenvolvimento de produtos.....	20
Figura 2.5 – Visão geral do processo de desenvolvimento de produtos e as fases do ciclo de vida do projeto.	21
Figura 2.6 – Macrofases e fases do processo de desenvolvimento de produtos.	24
Figura 2.7 – Tipologia de produto x duração das atividades de projeção.....	25
Figura 2.8 – Processos envolvidos no gerenciamento de projetos.....	30
Figura 2.9 – Relações entre os processos de planejamento.....	35
Figura 2.10 – Relações entre os processos de execução.....	42
Figura 2.11 – Relações entre os processos de controle.....	43
Figura 2.12 – Relações entre os processos de conclusão.....	43
Figura 3.1 – Modelo do nascimento de máquinas agrícolas.....	57
Figura 3.2 – Rota tecnológica de desenvolvimento de produto.....	58
Figura 3.3 – Processo de projeto de uma máquina agrícola.....	64
Figura 3.4 – Modelo tradicional do processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas.....	70
Figura 3.5 – Modelo de desenvolvimento de máquinas agrícolas de uma empresa de médio porte.....	72
Figura 3.6 – Processo de projeto de máquinas agrícolas do NeDIP/UFSC.....	82
Figura 3.7 – Processo de desenvolvimento de produtos da Empresa 1.....	86
Figura 3.8 – Processo de desenvolvimento de produtos da Empresa 2.....	92
Figura 4.1 – Representação gráfica genérica do modelo de referência.....	108
Figura 4.2 – Representação descritiva genérica do modelo de referência.....	109
Figura 4.3 – Representação descritiva do modelo de referência: leiaute dos elementos.....	109
Figura 4.4 – Dimensões envolvidas na estrutura do modelo de referência.....	110
Figura 4.5 – Processo, macrofases, fases e saídas do modelo de referência para o PDMA.....	113
Figura 4.6 – Representação descritiva do modelo de referência para o PDMA.....	113

Figura 4.7 – Elementos da estrutura do modelo de referência para o PDMA.....	113
Figura 4.8 – Sentido de leitura na planilha eletrônica do modelo de referência para o PDMA.....	114
Figura 4.9 – Representação gráfica dos domínios de conhecimento abordados no PDMA.....	116
Figura 4.10 – Fluxograma da fase de Planejamento do Projeto.....	118
Figura 4.11 – Fluxograma da fase de Projeto Informacional.....	119
Figura 4.12 – Fluxograma da fase de Projeto Conceitual.....	120
Figura 4.13 – Fluxograma da fase de Projeto Preliminar.....	121
Figura 4.14 – Fluxograma da fase de Projeto Detalhado.....	122
Figura 4.15 – Fluxograma da fase de Preparação da Produção.....	124
Figura 4.16 – Fluxograma da fase de Lançamento.....	125
Figura 4.17 – Fluxograma da fase de Validação.....	126
Figura 5.1 – Elaboração do planejamento de marketing da máquina agrícola.....	130
Figura 5.2 – Aprovação do planejamento de marketing.....	131
Figura 5.3 – Elaboração da carta de projeto.....	132
Figura 5.4 – Identificação dos envolvidos no desenvolvimento da máquina agrícola.....	133
Figura 5.5 – Elaboração do plano de gerenciamento das comunicações.....	133
Figura 5.6 – Elaboração da declaração do escopo do projeto.....	134
Figura 5.7 – Aprovação da declaração do escopo do projeto.....	135
Figura 5.8 – Elaboração da estrutura de decomposição do projeto.....	135
Figura 5.9 – Avaliação do risco do projeto.....	136
Figura 5.10 – Definição da equipe de gerenciamento do projeto.....	137
Figura 5.11 – Definição da lista de atividades do projeto.....	137
Figura 5.12 – Elaboração da lista dos recursos físicos para o projeto.....	138
Figura 5.13 – Elaboração do planejamento organizacional.....	139
Figura 5.14 – Formação da equipe de desenvolvimento do produto.....	139
Figura 5.15 – Seqüenciamento das atividades do projeto.....	140
Figura 5.16 – Elaboração do cronograma de desenvolvimento.....	141
Figura 5.17 – Estimativa de custo dos recursos físicos.....	141
Figura 5.18 – Elaboração do orçamento de desenvolvimento.....	142
Figura 5.19 – Elaboração do plano de gerenciamento de suprimentos.....	143
Figura 5.20 – Elaboração do plano de gerenciamento da qualidade.....	144
Figura 5.21 – Estabelecimento da política de segurança no projeto.....	144
Figura 5.22 – Elaboração do plano do projeto.....	145
Figura 5.23 – Registro das lições aprendidas.....	146
Figura 5.24 – Aprovação do plano do projeto.....	146
Figura 5.25 – Saídas da fase de planejamento do projeto.....	147

Figura 5.26 – Comunicação do início da fase de projeto informacional.....	148
Figura 5.27 – Apresentação do plano do projeto da máquina agrícola à equipe.....	149
Figura 5.28 – Execução das atividades do plano do projeto.	150
Figura 5.29 – Definição dos fatores de influência no projeto da máquina agrícola.....	151
Figura 5.30 – Monitoramento das variações do mercado da fase de projeto informacional.....	152
Figura 5.31 – Identificação das necessidades dos clientes e/ou usuários da máquina agrícola.....	153
Figura 5.32 – Estabelecimento dos requisitos dos clientes e/ou usuários.....	154
Figura 5.33 – Estabelecimento dos requisitos de projeto da máquina agrícola.....	155
Figura 5.34 – Análise comparativa das máquinas agrícolas disponíveis no mercado.....	156
Figura 5.35 – Estabelecimento das especificações de projeto.....	157
Figura 5.36 – Fatores de influência no plano de manufatura.....	158
Figura 5.37 – Estratégia para o envolvimento de fornecedores.....	158
Figura 5.38 – Levantamento de informações sobre segurança no ciclo de vida da máquina agrícola.....	159
Figura 5.39 – Estabelecimento das metas de dependabilidade.....	160
Figura 5.40 – Definição do custo meta.....	160
Figura 5.41 – Avaliação das especificações de projeto.....	161
Figura 5.42 – Aprovação das especificações de projeto.....	161
Figura 5.43 – Monitoramento do progresso do projeto.....	162
Figura 5.44 – Comunicação do relatório de progresso do projeto.....	163
Figura 5.45 – Atualização do plano do projeto.....	163
Figura 5.46 – Saídas da fase de projeto informacional.....	163
Figura 5.47 – Apresentação do plano do projeto atualizado.....	164
Figura 5.48 – Estabelecimento da estrutura funcional.....	165
Figura 5.49 – Desenvolvimento das concepções.....	166
Figura 5.50 – Seleção da concepção.....	167
Figura 5.51 – Identificação dos processos de fabricação.....	168
Figura 5.52 – Definição dos prazos de desenvolvimento junto aos fornecedores.....	169
Figura 5.53 – Estudo inicial de segurança.....	169
Figura 5.54 – Análise econômica e financeira do projeto da máquina agrícola.....	170
Figura 5.55 – Avaliação da concepção da máquina agrícola.....	170
Figura 5.56 – Aprovação da concepção da máquina agrícola.....	171
Figura 5.57 – Saídas da fase de projeto conceitual.....	171
Figura 5.58 – Monitoramento das variações do mercado da fase de projeto preliminar.....	172
Figura 5.59 – Desenvolvimento do leiaute inicial.....	173
Figura 5.60 – Desenvolvimento dos leiautes alternativos.....	175
Figura 5.61a – Desenvolvimento do leiaute dimensional da máquina agrícola.....	176

Figura 5.62a – Estabelecimento do leiaute final.	178
Figura 5.63 – Desenvolvimento do plano de fabricação e de teste do protótipo.....	180
Figura 5.64 – Elaboração da estrutura preliminar do protótipo.	181
Figura 5.65 – Definição dos requisitos preliminares de manufatura do protótipo.	181
Figura 5.66 – Avaliação da capacidade de manufatura interna dos componentes.	182
Figura 5.67 – Avaliação da capacidade de manufatura externa dos componentes.	183
Figura 5.68 – Determinação da viabilidade econômica.	184
Figura 5.69 – Avaliação da viabilidade econômica.	184
Figura 5.70 – Aprovação da viabilidade econômica.....	185
Figura 5.71 – Saídas da fase de projeto preliminar.	185
Figura 5.72 – Monitoramento das variações do mercado da fase de projeto detalhado.....	186
Figura 5.73a – Construção do protótipo da máquina agrícola.	187
Figura 5.74 – Avaliação da montagem do protótipo.....	189
Figura 5.75 – Apresentação do protótipo da máquina agrícola.	189
Figura 5.76a – Realização de teste com o protótipo.....	190
Figura 5.77 – Análise de segurança do protótipo.....	192
Figura 5.78 – Status da confiabilidade e manutenibilidade do protótipo.....	193
Figura 5.79 – Análise dos relatórios do protótipo.....	193
Figura 5.80 – Implementação do plano de ação corretiva do protótipo.	194
Figura 5.81 – Aprovação do protótipo.....	194
Figura 5.82 – Completamento das especificações dos componentes.	195
Figura 5.83 – Completamento da estrutura do produto.	196
Figura 5.84 – Fixação das especificações técnicas da máquina agrícola.....	196
Figura 5.85 – Detalhamento do plano de manufatura.	197
Figura 5.86 – Certificação dos componentes fabricados e comprados.....	198
Figura 5.87 – Elaboração dos procedimentos de assistência técnica.....	199
Figura 5.88 – Elaboração do manual de instruções.....	200
Figura 5.89 – Elaboração do manual de assistência técnica e do catálogo de peças.....	201
Figura 5.90 – Revisão do projeto do produto e do plano de manufatura.	202
Figura 5.91a – Preparação da solicitação de investimento.....	202
Figura 5.92 – Avaliação da solicitação de investimento.....	204
Figura 5.93 – Aprovação da solicitação de investimeto.	205
Figura 5.94 – Saídas da fase de projeto detalhado.	205
Figura 5.95 – Implementação do planejamento de marketing.	206
Figura 5.96 – Elaboração da documentação de montagem da máquina.....	207
Figura 5.97 – Implementação do plano de manufatura.....	208

Figura 5.98 – Desenvolvimento do plano de produção do lote piloto.	208
Figura 5.99 – Pedido de componentes para produção do lote piloto.	209
Figura 5.100 – Produção do lote piloto – teste de montagem.	210
Figura 5.101 – Avaliação do lote piloto.	211
Figura 5.102 – Realização de teste de laboratório, de campo ou clínica com produtos do lote piloto.	212
Figura 5.103 – Status da confiabilidade e manutenibilidade dos produtos do lote piloto.	213
Figura 5.104 – Análise de segurança sobre os produtos do lote piloto.	213
Figura 5.105 – Implementação de ações corretivas.	214
Figura 5.106 – Aprovação do lote piloto e do teste de montagem.	214
Figura 5.107 – Homologação e/ou ensaio de certificação de conformidade com produtos do lote piloto.	215
Figura 5.108 – Conclusão do plano de manufatura.	215
Figura 5.109 – Monitoramento da implementação do plano de gerenciamento da qualidade.	216
Figura 5.110 – Conclusão da elaboração dos procedimentos de assistência técnica.	217
Figura 5.111 – Execução do plano de treinamento para a área de vendas, pós-vendas e concessionárias.	217
Figura 5.112 – Encerramento da revisão da documentação da máquina.	218
Figura 5.113a – Rastreamento dos custos e investimentos.	218
Figura 5.114 – Elaboração da liberação do produto.	219
Figura 5.115 – Cadastramento do produto.	220
Figura 5.116 – Avaliação da liberação do produto.	220
Figura 5.117 – Aprovação da liberação do produto.	221
Figura 5.118 – Saídas da fase de preparação da produção.	221
Figura 5.119 – Implementação do planejamento de marketing.	222
Figura 5.120 – Preparação da produção do lote inicial.	223
Figura 5.121 – Produção do lote inicial.	224
Figura 5.122 – Acompanhamento da produção do lote inicial.	225
Figura 5.123 – Elaboração da liberação do lote inicial.	225
Figura 5.124 – Avaliação da liberação do lote inicial.	226
Figura 5.125 – Aprovação da liberação do lote inicial.	226
Figura 5.126 – Lançamento da máquina agrícola no mercado.	227
Figura 5.127 – Conclusão da análise econômica e financeira.	227
Figura 5.128 – Saídas da fase de lançamento da máquina agrícola.	228
Figura 5.129 – Acompanhamento da comercialização das máquinas produzidas.	229
Figura 5.130 – Preparação da validação da máquina.	229
Figura 5.131 – Validação da máquina agrícola junto aos clientes e/ou usuários.	230
Figura 5.132 – Avaliação final da máquina agrícola.	230
Figura 5.133 – Planejamento para alcançar as metas de melhoria contínua.	231

Figura 5.134 – Auditoria e validação do projeto da máquina agrícola.	232
Figura 5.135 – Desmobilização da equipe e da estrutura do projeto.	232
Figura 5.136 – Finalização do sistema de documentação do projeto.	232
Figura 5.137 – Encerramento do projeto da máquina agrícola.	233
Figura 6.1 – Processo de desenvolvimento de produtos: modelo de referência para o PDMA.	240
Figura 6.2 – Processo de desenvolvimento de produtos: modelo NeDIP/UFSC (EC1, EC2, EC3).	240
Figura 6.3 – Processo de desenvolvimento de produtos: modelo Empresa 1 (EC4).	241
Figura 6.4 – Processo de desenvolvimento de produtos: modelo Empresa 2 (EC5).	242
Figura 6.5 – Processo de gerenciamento de projetos: modelo de referência para o PDMA.	245
Figura 6.6 – Processo de gerenciamento de projetos: modelo NeDIP/UFSC (EC1, EC2, EC3).	245
Figura 6.7 – Processo de gerenciamento de projetos: modelo Empresa 1 (EC4).	246
Figura 6.8 – Processo de gerenciamento de projetos: modelo Empresa 2 (EC5).	246

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – As fases do processo de desenvolvimento de produtos segundo a visão de diversos autores.	22
Quadro 2.2 – Áreas abrangidas pelo gerenciamento de projetos.....	31
Quadro 2.3 – Mapeamento dos processos de gerenciamento de projetos em relação aos grupos de processos e às áreas de conhecimento.	32
Quadro 2.4 – Princípios para a elaboração de modelos de referência.....	50
Quadro 3.1 – Exemplos de protótipos de máquinas agrícolas e outros equipamentos desenvolvidos até 1993, com apoio da metodologia de projeto de Back, no LP/UFSC.	61
Quadro 3.2 – Processo de projeto para equipamentos agrícolas.....	63
Quadro 3.3 – Modelo de desenvolvimento de produto da New Holland.....	65
Quadro 3.4 – Exemplos de protótipos de máquinas agrícolas e outros equipamentos desenvolvidos a partir de meados de 1993, no LP-NeDIP/UFSC.....	67
Quadro 3.5 – Relato das atividades de pesquisa e desenvolvimento de máquinas agrícolas de algumas empresas.....	69
Quadro 3.6 – Respostas ao questionário enviado às empresas fabricantes de máquinas agrícolas.....	74
Quadro 3.7 – Estrutura detalhada do modelo NeDIP/UFSC.....	83
Quadro 4.1 – Saídas das fases do modelo de referência para o PDMA.	115
Quadro 6.1 – Avaliação dos modelos em relação ao grupo 1 – processo de desenvolvimento de produtos.....	237
Quadro 6.2 – Avaliação dos modelos em relação ao grupo 2 – processo de gerenciamento de projetos.....	243
Quadro 6.3 – Questões relacionadas aos critérios de avaliação do modelo de referência para o PDMA.....	248
Quadro 6.4 – Respostas da avaliação do modelo de referência para o PDMA.....	249

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AF	Administrativo-Financeiro
ANFAVEA	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
ASAE	<i>American Society of Agricultural Engineers</i> (Sociedade Americana dos Engenheiros Agrícolas)
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BOM	<i>Bill of Material</i> (Lista de Materiais – Estrutura do Produto)
CAA	Certificado de Aprovação de Amostra
CAD	<i>Computer Aided Design</i> (Desenho Auxiliado por Computador)
CAE	<i>Computer Aided Engineering</i> (Engenharia Auxiliada por Computador)
CAM	<i>Computer Aided Manufacturing</i> (Manufatura Auxiliada por Computador)
CAPES	Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CAPP	<i>Computer Aided Process Planning</i> (Planejamento do Processo Auxiliado por Computador)
CIMATEC	Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia
CIMOSA	<i>CIM (Computer Integrated Manufacturing) Open Systems Architecture</i> (Arquitetura de Sistemas para Manufatura Integrada por Computador)
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
COTA	Custo Orçado do Trabalho Agendado
COTR	Custo Orçado do Trabalho Realizado
CPMA	Concepção da Máquina Agrícola
CRP	Classificação do Risco do Projeto
CRTR	Custo Real do Trabalho Realizado
DFx	Design for x
DP	Dependabilidade
DSM	<i>Design Structure Matrix</i> (Matriz de Estrutura de Projeto)
EC	Estudo de Caso

ECM	<i>Engineering Change Management</i> (Gerenciamento das Mudanças de Engenharia)
EDMS	<i>Electronic Document Management System</i> (Sistema de Gerenciamento eletrônico de Documentos)
EDP	Estrutura de Decomposição do Projeto
EPCC	Estrutura de Proteção Contra Capotagem (Trad. de <i>Roll Over Protection Structure</i> – ROPS)
EPMA	Especificações de Projeto da Máquina Agrícola
EPN	Especificações de Produto Novo
EUA	Estados Unidos da América
FCS	Fatores-Chaves de Sucesso
FINAME	Fundo de Financiamento para Aquisição de Máquinas e Equipamentos Industriais
FMEA	<i>Failure Modes and Effects Analysis</i> (Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos)
GCP	Gestão de Configuração do Produto
GE	Gestão Empresarial
GERT	<i>Graphical Evaluation and Review Technique</i> (Técnica de Avaliação e Análise Gráfica)
GP	Gerenciamento de Projetos
GRAI-GIM	<i>Graphes de Résultats et Activités Interreliés – GRAI Integrated Methodology</i> (Gráfico de Resultados e Atividades Inter-relacionadas – Metodologia Integrada GRAI)
ICAM	<i>Integrated Computer Aided Manufacturing</i> (Manufatura Integrada Auxiliada por Computador)
IDC	Índice de Desempenho do Custo
IDEF	<i>Integration DEFinition</i> (Definição Integrada)
IDEF0	<i>Integration Definition for Function Modeling</i> (Definição Integrada para Modelagem de Funções)
IEM	<i>Integrated Enterprise Modeling</i> (Modelagem Integrada de Empresa)
INTA	Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária
ISO	<i>International Standardization Organization</i> (Organização Internacional para Normalização)
LIMA	Lote Inicial da Máquina Agrícola
LP	Laboratório de Projeto
LPMA	Liberação do Produto Máquina Agrícola
MA	Máquina Agrícola
MEC	Ministério da Educação e Cultura
MK	Marketing
NBR	Norma Brasileira
NeDIP	Núcleo de Desenvolvimento Intergrado de Produtos

NIST	<i>National Institute of Standards and Technology</i> (Instituto Nacional de Normas e Tecnologia)
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PDM	<i>Product Data Management</i> (Gerenciamento de Dados do Produto)
PDMA	Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas
PDP	Processo de Desenvolvimento de Produtos
PERT	<i>Program Evaluation and Review Technique</i> (Técnica de Avaliação e Revisão de Projetos)
PMI	<i>Project Management Institute</i> (Instituto de Gerenciamento de Projetos)
PP	Projeto do Produto
PPMA	Plano do Projeto da Máquina Agrícola
PR	Produção
PROCAD	Programa Nacional de Cooperação Acadêmica
PV	Pós-Vendas
QET	Quadro de Especificações Técnicas
QFD	<i>Quality Function Deployment</i> (Desdobramento da Função Qualidade)
QMA	Quadro de Montagem de Acessórios
QMB	Quadro de Montagem Base
QMV	Quadro de Montagem de Variáveis
QU	Qualidade
SA/RT	<i>Structured Analysis / Real Time</i> (Análise Estruturada / Tempo Real)
SADT	<i>Structured Analysis and Design Technique</i> (Técnica de Análise Estruturada do Projeto)
SDP	Sistema de Documentação do Projeto
SE	Segurança
SEBRAE	Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SIMA	Solicitação de Investimento da Máquina Agrícola
SIMERS	Sindicato das Indústrias de Máquinas e Implementos Agrícolas do Rio Grande do Sul.
SU	Suprimentos
TRIZ	Teoria da Solução Inventiva de Problemas
UFSCar	Universidade Federal de São Carlos
VCR	Variância de cronograma
VEMA	Viabilidade Econômica da Máquina Agrícola
VPMA	Validação do Projeto da Máquina Agrícola

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A – Questionário Aplicado no Levantamento de Informações

Apêndice B – Formulário para a Descrição do Processo

Apêndice C – Formulário para a Descrição da Fase

Apêndice D – Formulário para a Descrição da Atividade

Apêndice E – Exemplo de Planilha Eletrônica Utilizada para Integrar todo o Processo

Apêndice F – Modelo de Referência para o PDMA

Apêndice G – Sistema de Documentação do Projeto

RESUMO

Atualmente é vigente, na maioria das empresas do setor industrial de máquinas agrícolas brasileiro, um processo de desenvolvimento de produtos informal. Este fato é mais aparente em empresas de pequeno e médio porte, que desenvolvem seus produtos baseando-se, geralmente, em adaptações de soluções já comercializadas. Apresenta-se nesta tese um Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas, elaborado com o objetivo de explicitar o conhecimento sobre esse processo, de modo a auxiliar no entendimento e na formalização da prática do mesmo. O modelo de referência inclui: uma macrofase de planejamento, que abrange a fase de planejamento do projeto propriamente dita; uma macrofase de projeção, que envolve as fases de elaboração dos projetos informacional, conceitual, preliminar e detalhado, do produto e do processo de manufatura; e a macrofase de implementação, que inclui as fases de preparação da produção, lançamento do produto no mercado, validação da máquina agrícola e encerramento do projeto. Cada uma das oito fases é composta por atividades, que se subdividem em tarefas específicas. Para cada atividade são modeladas as informações de entrada, necessárias à sua execução, bem como as informações de saída, ou seja, as entregas produzidas. Outras três dimensões são, também, detalhadas: o domínio de conhecimento, os mecanismos e os controles. O domínio indica a área de conhecimento envolvida na tarefa (gestão empresarial, marketing, gerenciamento de projeto, projeto do produto, projeto da manufatura, suprimentos, qualidade, segurança, dependabilidade, produção, pós-venda e administrativo-financeiro). Os mecanismos são as metodologias, técnicas, ferramentas e outros recursos necessários à realização das tarefas. Os controles são as informações resultantes de atividades realizadas anteriormente, utilizadas para monitorar a realização das tarefas. O modelo desenvolvido pode ser empregado na formação de estudantes e na atualização de profissionais e, também, como base para as empresas implementarem melhorias nos seus processos. Assim, o modelo de referência contribui para que as empresas do setor passem a executar um processo de desenvolvimento de produtos mais formal e sistemático, integrado com as demais áreas da empresa, com os participantes da cadeia de fornecimento e com os clientes finais. A avaliação do modelo de referência pelas empresas participantes da pesquisa e por pesquisadores da área, indica que o mesmo representa totalmente o processo, avançando em muito a prática atual vigente no Brasil.

Palavras-chave: Modelo de Referência, Gerenciamento de Projetos, Máquinas Agrícolas.

ABSTRACT

There are, currently, in the majority of Brazilian industrial companies of the agricultural machinery sector, an informal product development process. This fact is most apparent in small and medium sized companies which, generally, develop their products based on adaptations of previously commercialized solutions. This thesis presents a Reference Model for the Agricultural Machinery Development Process, designed with the aim of clarifying the knowledge on this process, in such a way as to aid in the understanding and in the formalization of this practice. The reference model includes the stages of project planning, elaboration of the product design and the manufacturing process, production preparation, launching of the product into the market, validation of agricultural machine and the project completion. Each of these stages is composed of activities for which, the input data necessary for their execution, as well as, the output data, the deliveries produced, are modeled. Other three dimensions of the process are also detailed: the knowledge domain, the mechanisms used and the controls. The domain indicates the area of knowledge involved in the activity (company management, marketing, project management, product design, manufacturing design, supplements, quality, safety, dependability, production, after sales and administrative-financial). The mechanisms are the methods, tools and other resources necessary to carry out the activities. The controls are the pieces of information resulting from the activities previously carried out, utilized to monitor the tasks. The model developed can be employed in the formation of students and updating professionals, and also as a basis for the companies to make improvements in their processes. Thus, the reference model will help the companies of this sector to start implementing a more formal and systematic product development process, integrated with other areas, with the participants of the supply chain and the final clients. The evaluation of the reference model, realized by the companies participating in the research and by researchers in the area, indicates that it represents the total process, greatly advancing the current practice in Brazil.

Key-words: Reference Model, Project Management, Agricultural Machinery.

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

Com a crescente competitividade industrial, empresas têm procurado incorporar melhores práticas ao processo de desenvolvimento de produtos, abrangendo, de maneira integrada, aspectos técnicos e outros ligados ao gerenciamento dos projetos. Contribuindo neste sentido, a redução do ciclo de desenvolvimento do produto tem sido citada como um dos principais responsáveis pelo aumento da competitividade das empresas manufatureiras.

Os benefícios do lançamento antecipado de um produto no mercado permitem o prolongamento da vida comercial do mesmo, conquistando mais clientes e desenvolvendo um impulso que não apenas aumenta as vendas, como também as estende para o futuro, aumentando a participação no mercado e proporcionando maiores margens de lucro.

Um dos grandes benefícios da incorporação de melhores práticas ao processo citado, é a criação de uma percepção contínua de excelência como vantagem competitiva, conseguida por muitas empresas através do estabelecimento e adoção de novas formas de trabalho.

Para se alcançar esse propósito, é necessário antes, obter a visão comum do processo de desenvolvimento de produtos, o que tem gerado um crescente número de trabalhos em diferentes segmentos industriais como, por exemplo, aeroespacial, automobilístico, eletroeletrônicos, entre outros (Rozenfeld, 1997; Valeri *et alii*, 2000; Araújo *et alii*, 2001; Estorilio e Sznelwar, 2001).

Estes trabalhos envolvem desde a análise de processos atualmente praticados na indústria até a construção de modelos de referência, que podem ser usados tanto na formação de estudantes e/ou na atualização de profissionais, quanto como modelo ideal para a implementação de melhorias no processo de desenvolvimento de produtos das empresas.

Inserida nesse contexto, essa tese propõe a elaboração de um modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas, uma vez que estudos precedentes revelam que este segmento industrial não tem sido foco de pesquisas acerca do processo de desenvolvimento de produtos.

1.1. MELHORIAS NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS: TEMA DA PESQUISA

O processo de desenvolvimento de produtos consiste na realização de uma série de atividades, que vão desde a detecção da oportunidade de negócio, até o lançamento do produto no mercado. Analisando esses dois extremos, percebe-se que para passar de uma idéia abstrata do produto até a sua materialização, realiza-se um conjunto de ações ao longo do tempo, as quais envolvem a empresa como um todo e cujo resultado produz efeitos diretos sobre a competitividade da mesma no mercado.

Logo, o processo de desenvolvimento de produtos se apresenta como uma significativa fonte de oportunidades para as empresas empreenderem esforços de melhoria que venham a contribuir para os seus resultados.

Considerando que a prática das empresas é resultante, normalmente, das características e restrições do contexto industrial, sabe-se que a implementação de melhorias nem sempre é tarefa fácil, sobretudo em função dos processos praticados serem, muitas vezes, informais¹.

Nestes casos, coexistem nas empresas diferentes entendimentos sobre como o processo de desenvolvimento de produtos ocorre, o que dificulta em muito a adoção de práticas melhoradas, principalmente no que se refere à integração dos princípios da engenharia simultânea e do gerenciamento de projetos.

Depreende-se assim, que muitas contribuições para a melhoria do processo de desenvolvimento de produtos haverão de surgir através da modelagem do mesmo, que permite levantar, num primeiro momento, a situação atual, com o propósito de explicitar o processo como está definido e, num momento posterior, definir como poderá ser praticado de forma mais adequada.

A modelagem do processo de desenvolvimento de produtos inicia com um levantamento sobre como o mesmo é praticado, através de entrevistas individuais ou por meio de reuniões em grupo, e termina com a sua descrição formal.

Vernadat (1996) denomina de caminho de migração a transição do processo atual para o processo melhorado. De acordo com o autor, para desenvolver um caminho de migração muitas perguntas necessitam ser respondidas, incluindo temas relacionados à estratégia da empresa, à reengenharia do processo de negócio, ao gerenciamento das mudanças, à aquisição de conhecimento, ao processo de projeto e à integração dos processos e subprocessos. Tais perguntas são normalmente feitas no início da modelagem do processo atual, e respondidas durante o desenvolvimento do novo modelo, que deve ser suportado por modelos de referência, por critérios de avaliação (diagnóstico da situação), por metodologias estruturadas, e expresso através de algum formalismo.

¹ Conforme Vernadat (1996), somente poucos processos de negócios são documentados e, portanto, apenas informações técnicas e alguns procedimentos são, geralmente, disponíveis, e não informações que explicam como e porque o processo foi planejado de determinada maneira. Com isso verifica-se muita inconsistência nos documentos existentes, fazendo com que o conhecimento sobre as atividades executadas permaneçam, quase que exclusivamente, sob a posse das pessoas que as executam. No entanto, cada pessoa envolvida nas atividades da empresa possui uma percepção diferenciada dos seus colegas sobre o seu próprio papel e/ou sobre a operação da empresa.

A Figura 1.1 ilustra o caminho de migração descrito acima, destacando o papel dos modelos de referência na melhoria do processo de desenvolvimento de produtos. Segundo Vernadat (1996), um modelo de referência é um modelo que pode ser usado como base (modelo ideal) para o desenvolvimento ou avaliação de modelos particulares.

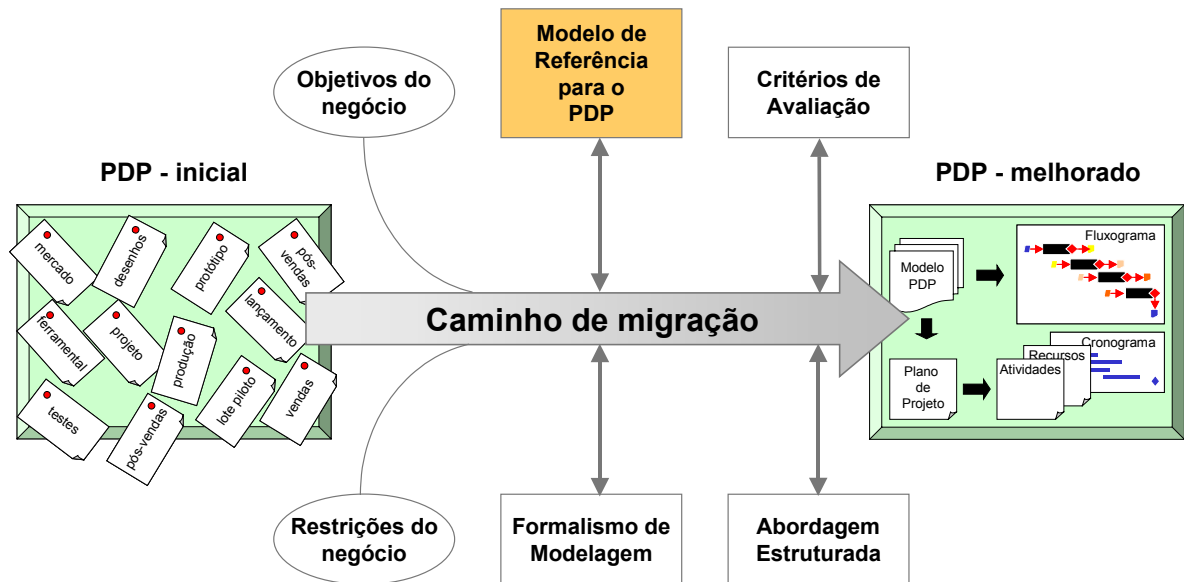


Figura 1.1 – Caminho de migração para a melhoria do processo de desenvolvimento de produtos.
Fonte: Adaptado de Vernadat (1996).

A modelagem do processo de desenvolvimento de produtos resulta na sua formalização – através da descrição das suas fases, atividades, responsáveis, recursos disponíveis e informações necessárias e/ou geradas –, promovendo a construção de uma visão única e compartilhada – servindo de referencial comum para a comunicação entre os envolvidos no processo –, permitindo melhorar o trabalho em equipe e o gerenciamento dos projetos. Além disso, estabelece as bases para a aquisição de conhecimento e registro da memória da empresa, bem como para a tomada de decisão no que se refere à melhoria contínua do processo, facilitando a implantação e integração de métodos, técnicas e sistemas de apoio ao desenvolvimento de produtos como, por exemplo, os preceitos do gerenciamento de projetos e da engenharia simultânea.

Do gerenciamento de projetos obtém-se um planejamento estruturado que fornece o apoio necessário ao desenvolvimento do produto; e da engenharia simultânea, a forma de realizar o trabalho entre as múltiplas disciplinas envolvidas, integrando a elaboração do projeto do produto e do plano de manufatura, reduzindo o tempo de desenvolvimento e o custo do produto, e melhor atendendo às expectativas dos clientes.

A engenharia simultânea apresenta benefícios tão grandes, que fica difícil imaginar, atualmente, a prática do processo de desenvolvimento de produtos puramente seqüencial, principalmente considerando a alta competitividade existente no mercado mundial.

1.2. O SETOR DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS: CONTEXTO DA PESQUISA

A indústria brasileira de máquinas agrícolas é bastante representativa do ponto de vista econômico e social para o País, que possui em seu território, subsidiárias dos maiores fabricantes mundiais de tratores, colhedoras e implementos agrícolas. Se caracteriza por uma estrutura heterogênea onde coexistem empresas de diferentes tamanhos e características. Produz uma grande variedade de produtos, usualmente fabricados em pequenos lotes, quando comparados à indústria automobilística², cujo tamanho depende do tipo do produto ou, em alguns casos, até sob encomenda, predominando nas empresas de pequeno e médio porte a produção de implementos agrícolas, e nas de grande porte a fabricação de tratores e colhedoras autopropelidas³.

As empresas tendem a se especializar num conjunto definido de produtos⁴, permitindo sua participação em vários segmentos de mercado – como forma de evitar as oscilações freqüentes na demanda por produtos, decorrentes da sazonalidade que caracteriza a atividade agrícola –, como também na fabricação de peças para outras empresas produtoras de máquinas agrícolas.

A produção brasileira de máquinas agrícolas é estimada, segundo Passos e Calandro (1999), através do indicativo do número de máquinas autopropelidas produzidas e vendidas, uma vez que não existe registro das informações sobre a produção e a venda de implementos agrícolas. No entanto, devido à forma conjunta como são utilizados nas propriedades agrícolas, os autores afirmam que o desempenho deste último acompanha os números do primeiro. Considerando, então, o número de tratores de rodas e de colhedoras produzidas em 2001, o Rio Grande do Sul detém 53% da produção nacional de tratores e 60% da de colhedoras, seguido pelos Estados do Paraná e São Paulo (ANFAVEA, 2002).

De acordo com a ANFAVEA (2002), o desempenho da indústria brasileira de máquinas agrícolas passou por um período de desaceleração da produção, até os primeiros anos da década de 90, devido às freqüentes mudanças nas regras de financiamento e de comercialização de produtos agrícolas. Em 1994 haviam sido produzidas em torno de cinco mil colhedoras e, em 1996 por volta de duas mil e quinhentas unidades. No segmento de tratores foram produzidas cerca de 41 mil unidades em 1994, caindo para pouco mais de 15 mil unidades em 1996. De 1997 para cá, registra-se um crescimento na produção e comercialização (Figura 1.2), demonstrando a tendência de renovação do parque de máquinas agrícolas brasileiro, ao mesmo tempo em que o setor agrícola alcança um novo recorde⁵: a produção de 120,2 milhões de toneladas de grãos em 2002-2003.

² Em 2000 foram produzidos no Brasil, aproximadamente, vinte e três mil tratores contra 1,5 milhão de automóveis (Dall'Agnol, 2001).

³ Máquina que utiliza o mesmo motor para acionar os mecanismos que desempenham as operações básicas (corte, trilha, separação e limpeza) e para deslocar a máquina através da lavoura (Moraes *et alii*, 1996).

⁴ Divididos em: tratores; máquinas para preparo do solo; máquinas para sementeira e adubação; máquinas para tratamentos culturais; máquinas para colheita de grãos; e, máquinas para o processamento de grãos. Como se pode perceber, as vendas destes produtos tendem a apresentar um comportamento sazonal, sendo exceção os tratores, devido à sua utilização em todas as etapas da atividade agrícola.

⁵ Segundo Brasil (2003), o volume representa um acréscimo de 24,2% (23,43 milhões de toneladas) em relação as 96,73 milhões de toneladas colhidas em 2001/02 – informações relativas ao quinto levantamento de safra realizado pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab). Soja, milho e trigo são os destaques da safra atual. A área plantada é estimada em 43,43 milhões de hectares, 8% (3,2 milhões de hectares) superior à safra passada, quando as lavouras ocuparam 40,22 milhões de hectares. Entre 90/91 a 02/03, a área plantada no Brasil cresceu 14,8%, ou 1,2% ao ano. No mesmo período, a produção aumentou 107,6%, ou 6,3% ao ano.

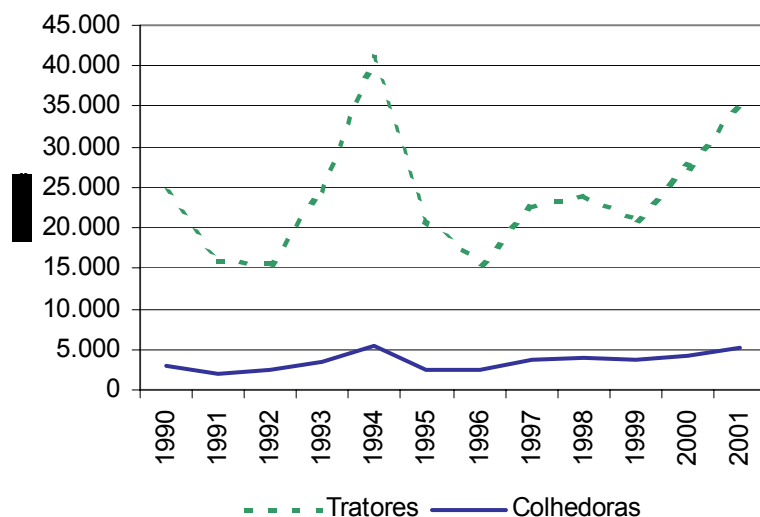


Figura 1.2 – Produção brasileira de tratores e colhedoras 1990 a 2001.
Fonte: ANFAVEA (2002).

No Rio Grande do Sul, existem mais de 50 fábricas de implementos agrícolas, que o tornam o Estado com o maior número de empresas no setor e o maior exportador de equipamentos agrícolas do País (Dall’Agnol, 2001). Utilizando os números do Rio Grande do Sul como referência, apresentam-se algumas características das empresas fabricantes de máquinas agrícolas.

Conforme Passos e Calandro (1999), quanto ao tamanho das empresas, 82% das empresas instaladas são de pequeno porte (menos de 99 funcionários), 11% de médio porte (de 100 a 499 funcionários) e 7% de grande porte (mais de 500 funcionários). Quanto à origem das empresas, as mesmas são predominantemente nacionais, não pertencendo a grandes grupos econômicos, sendo a maioria de origem familiar. Exceção ocorre no caso de fabricantes de tratores e colhedoras, onde as empresas são multinacionais.

A indústria de máquinas agrícolas, segundo Dall’Agnol (2001), compõe-se de empresas montadoras, que compram geralmente, mais de 60% dos componentes utilizados na montagem dos produtos. A estrutura da cadeia produtiva integra fabricantes de insumos (siderurgia, metalurgia), de máquinas industriais e de peças e componentes (Passos e Calandro, 1999).

Observa-se também, que o setor industrial de máquinas agrícolas vem sofrendo mudanças importantes nos últimos anos, passando a se concentrar em empresas de médio e grande porte.

Devido ao aumento da complexidade dos produtos, tem-se a incorporação de componentes de maior tecnologia, fabricados, normalmente, por empresas especializadas, implicando em inovações nos produtos e crescente desverticalização do processo de manufatura. Assim, novos encadeamentos dessa indústria com outros setores industriais estão sendo criados, exigindo novos modelos de desenvolvimento de produtos, que estabeleçam as formas de relacionamento entre os diversos setores envolvidos na cadeia produtiva.

1.3. O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS: FOCO DENTRO DA PESQUISA

No contexto da indústria de máquinas agrícolas, levanta-se nesta tese, a necessidade de realizar estudos sobre o processo de desenvolvimento de produtos no setor.

É notória a informalidade do processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas (PDMA) praticado em grande número de empresas deste segmento industrial. Como relatado em Brasil (1984a e 1984b), Passos e Calandro (1999), Romano (2000b) e Romano *et alii* (2001), as empresas produtoras de máquinas agrícolas, em geral, não adotam e não utilizam procedimentos sistemáticos para a realização do processo de desenvolvimento de produto, sendo fácil encontrar exemplos onde este processo é realizado apenas de acordo com a experiência dos seus responsáveis⁶.

E mesmo nas empresas que realizam o processo com um certo grau de formalidade, pode-se observar deficiências, principalmente, nas fases que envolvem o processo de projeto do produto, pela não aplicação de conhecimentos como engenharia simultânea e metodologias de projeto, causando dificuldades desde a tradução das necessidades e/ou desejos de mercado em requisitos de projeto do produto, passando por questões de geração de concepções até falhas das máquinas em operação.

As referidas deficiências, segundo Pinheiro (1999), afetam o desenvolvimento de novos produtos, realizados em alguns casos, através de acordos tecnológicos ou de *joint ventures* com empresas do exterior. Produzem, também, conseqüências sobre as inovações incrementais ou adaptativas dos seus produtos, criadas pelas empresas como elemento de diferenciação.

Salvo raras exceções, percebe-se que o processo de desenvolvimento do produto ainda está muito baseado na definição da demanda de mercado e na adaptação de concepções de máquinas já existentes, resultando em produtos lançados no mercado com características muito parecidas aos dos concorrentes e com baixo conteúdo de inovação tecnológica.

Segundo Brasil (1997), uma conseqüência direta desses problemas é que as empresas perdem a oportunidade de aumentar o seu conhecimento sobre os produtos lançados, por não considerarem o caráter sistêmico do processo, o qual determina maior formalismo, tornando-as vulneráveis frente à ação da concorrência⁷.

Paralelamente, verifica-se uma escassez de material bibliográfico sobre o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas, principalmente no que se refere ao detalhamento das especificidades do mesmo, como por exemplo:

- ◆ A visão descritiva e gráfica do processo.

⁶ De acordo com Nonaka e Takeuchi (1997) o conhecimento da experiência tende a ser tácito, físico e subjetivo, ou seja, o conhecimento tácito é pessoal, específico ao contexto e difícil de ser formulado e comunicado.

⁷ Werneck (2000) aponta a falta de competitividade dos produtos brasileiros frente aos produtos desenvolvidos nos países do Primeiro Mundo. Segundo a autora o Brasil não desenvolveu um design próprio e ainda copia o que é feito lá fora. Para reverter a situação sugere a criação da marca "Brasil", ou seja, o projeto brasileiro para competir com o importado no mercado interno e externo.

- ◆ O que deve ser feito?
 - Definição e descrição de cada fase do processo, sua finalidade, características principais, as atividades executadas.
 - Planejamento e definição do escopo do projeto e do produto, estrutura de decomposição do projeto e do produto.
- ◆ Como deve ser feito?
 - Definição e descrição dos métodos, ferramentas e documentos a serem utilizados.
 - Formação da equipe, designação de responsabilidades, planejamento das comunicações, planejamento das aquisições, controle do projeto.
- ◆ Quando deve ser feito?
 - Definição da ocorrência temporal das fases e atividades do processo.
 - Seqüenciamento das tarefas, cronograma do projeto.
- ◆ Quem deve participar?
 - Definição das áreas envolvidas em cada fase do processo.
- ◆ Quais os marcos principais?
 - Definição dos eventos que marcam o início e o fim das fases.
- ◆ Quais as informações necessárias?
 - Define as informações de entrada e saída de cada fase do processo.

O detalhamento de um modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas, com as características descritas acima, pode servir como diretriz para as empresas implementarem um processo formal de desenvolvimento de produtos, ou incorporarem melhorias ao processo já estabelecido.

1.4. QUESTÃO DE PESQUISA

Em se tratando do produto máquina agrícola, qualquer observação que se faça sobre este sistema técnico revela a sua grande complexidade, principalmente pela interação usuário-máquina-ambiente, que exige, por um lado, precauções absolutamente indispensáveis para a segurança do homem e do ambiente durante o ciclo de vida da máquina, e por outro, desempenho funcional satisfatório na realização da operação agrícola.

Tal complexidade destaca a importância da execução do processo de desenvolvimento do produto com o uso de métodos que sistematizem o processo, de modo a se obter os resultados desejáveis. Assim, a questão que sintetiza o problema a ser abordado nesta tese é:

- ♦ **Como pode ser melhorado o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas, de modo a promover a construção de uma visão integrada dos múltiplos conhecimentos envolvidos na sua realização?**

1.5. OBJETIVOS

Os objetivos desta tese, firmados abaixo, estão fundamentados na importância da sistematização dos conhecimentos envolvidos no processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas.

1.5.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta tese consiste em elaborar um modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas, que considere de modo integrado os conhecimentos relativos ao gerenciamento de projetos e à engenharia simultânea, bem como as melhores práticas adotadas pelas empresas do setor.

1.5.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos que contribuem para o objetivo geral da tese são:

- ♦ Conhecer as generalidades do processo de desenvolvimento de produtos.
- ♦ Estudar os fundamentos de gerenciamento de projetos e os princípios da engenharia simultânea.
- ♦ Estudar os princípios de modelagem de processos.
- ♦ Revisar a bibliografia sobre o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas.
- ♦ Modelar o processo de desenvolvimento de protótipos de máquinas agrícolas utilizado em trabalhos acadêmicos.
- ♦ Modelar o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas praticado em algumas empresas do setor.
- ♦ Analisar comparativamente os modelos obtidos.
- ♦ Elaborar um modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas.
- ♦ Avaliar o modelo de referência proposto.

1.6. CONTRIBUIÇÕES DA TESE

No levantamento bibliográfico realizado, pôde-se perceber que as máquinas agrícolas são abordadas sob dois pontos de vista: (i) do projeto do produto, e (ii) do ensaio das máquinas.

Os trabalhos referentes ao primeiro tipo possuem como foco a aplicação das clássicas metodologias de projeto no desenvolvimento de protótipos de máquinas agrícolas. Trabalhos com esse enfoque não são comuns de se encontrar na literatura. Tipicamente, descrevem o processo de projeto do produto, orientado segundo uma determinada metodologia, e relatam as suposições realizadas, as tomadas de decisões, bem como as ferramentas de apoio utilizadas durante as várias fases do processo. Esse tipo de trabalho apresenta ainda a documentação gerada e os resultados dos testes do protótipo, sendo extremamente importantes os seus relatos para o aprendizado da atividade de projeto de máquinas agrícolas.

O segundo tipo de trabalho recai sobre a análise do desempenho do produto propriamente dito, conhecidos também como trabalhos de ensaio de máquinas agrícolas. Sob esse enfoque encontra-se vasta literatura disponível, avaliando a capacidade operacional de campo, consumo de combustível, demanda energética, desempenho de mecanismos, perdas ocorridas durante a operação, entre outros.

Estes trabalhos, quando realizados com protótipos, revelam apenas as informações técnicas do mesmo, como dimensionamento e características construtivas, mas não descrevem a forma pelo qual foi obtida a concepção e como o projeto foi gerenciado. Normalmente estes protótipos são desenvolvidos de acordo com a experiência adquirida ao longo da atividade profissional, principalmente através do ensaio de máquinas agrícolas, catálogos de fabricantes nacionais e estrangeiros, visitas a feiras e literatura clássica sobre teoria e construção de máquinas agrícolas.

Outros trabalhos⁸ foram encontrados, todavia, relacionados à indústria automobilística, permitindo afirmar que o processo de desenvolvimento de produtos do setor de máquinas agrícolas não estava sendo, ainda, adequadamente tratado e que, portanto, requer a aplicação de esforços para melhor descrevê-lo, compreendê-lo e detalhá-lo.

Em face do exposto, acredita-se que, a elaboração de um modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas, venha a contribuir para o ensino e o aprendizado deste processo, assim como, para que as empresas do setor passem a executar um processo de desenvolvimento de produtos mais formal e sistemático, integrado aos demais processos empresariais, com os participantes da cadeia de fornecimento e com os clientes finais. Fornece ainda, os meios para que as empresas inovem e desenvolvam dentro de suas fábricas, novos produtos.

⁸ Alguns exemplos são: Clark e Fujimoto (1991), Womack *et alii* (1992), Hartley (1998), Fragoso (1999), Schützer e Souza (1999), Silva e Alliprandini (2000), Chiusoli e Toledo (2000).

1.7. ESTRUTURA DA TESE

O conteúdo da tese está estruturado em sete capítulos, descritos a seguir.

No **Capítulo 1**, este que se apresenta, são destacadas as motivações para o tema da pesquisa e também para o contexto de aplicação, a questão de pesquisa (problema) e os objetivos – geral e específicos.

No **Capítulo 2**, é exposto o processo de gerenciamento de projetos de desenvolvimento de produtos, que constitui a teoria de fundamento da tese, destacando os conhecimentos fundamentais a serem considerados, e que envolvem as seguintes denominações: projeto, projetos de desenvolvimento de produtos, tipos de produtos, ciclo de vida do projeto, fases do processo de desenvolvimento de produtos, gerenciamento de projetos, engenharia simultânea e modelos de referência.

No **Capítulo 3**, é apresentado o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas, considerando as descrições encontradas na literatura da área (teoria de foco), bem como os levantamentos e estudos de caso que foram realizados em empresas do setor e na academia (teoria de dados).

No **Capítulo 4**, é mostrada a estrutura desenvolvida para a representação do modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas. Primeiramente, são descritos o objetivo do modelo de referência para o referido processo e a metodologia utilizada na sua elaboração. Segue com a apresentação da estrutura, seus requisitos e contribuições, bem como a aplicação da mesma ao processo estudado. O capítulo é finalizado com a descrição resumida do processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas.

No **Capítulo 5**, é apresentado o modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas, estruturado à luz da fundamentação teórica e das melhores práticas levantadas nas empresas e na academia.

No **Capítulo 6**, referente aos resultados e discussões, são apresentadas duas avaliações. A primeira é uma análise comparativa entre o modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas e os modelos dos estudos de caso. A segunda é a avaliação do modelo de referência, realizada por pesquisadores da área e pelas empresas participantes da pesquisa.

Por fim, no **Capítulo 7** são apresentadas as considerações finais da tese e as recomendações para trabalhos futuros.

Capítulo 2

GERENCIAMENTO DE PROJETOS DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

A gestão de projetos teve seu grande progresso durante a Segunda Guerra Mundial e tornou-se mais conhecida através dos principais projetos militares e espaciais realizados. Contudo, como descrito no prefácio do livro *Project Management: Methods and Studies* (Dean, 1985), suas origens remetem-se a milhares de anos atrás, com as Grandes Pirâmides do Egito. Este exemplo contém, ainda hoje, princípios científicos e de engenharia que não foram totalmente entendidos, porém, conhece-se alguns métodos e técnicas de gerenciamento – sendo um deles relacionado ao planejamento da construção – usados para gerenciar aquele grande e complexo projeto que tem sobrevivido até os nossos dias.

Fazer planos é coisa provavelmente conhecida do homem desde que ele se descobriu com capacidade de pensar antes de agir. Desenhos indicando como seriam feitas determinadas construções, quando as tarefas eram muito complicadas ou exigiam a participação de muita gente, não são achados muito raros para quem estuda história ou arqueologia. Mas parece que foi com o desenvolvimento comercial e industrial, ocorrido com o capitalismo, que a preocupação de planejar começou a invadir a área da economia. (Ferreira, 1979, p.27).

Considerando que a gestão de projetos é um processo fundamental para que o produto seja concebido e colocado no mercado, este capítulo apresenta uma visão geral sobre o gerenciamento de projetos de desenvolvimento de produtos, ou seja, projetos cujas atividades vão desde a detecção da oportunidade de negócio, até a comercialização do produto.

Como se pode perceber, este tipo de projeto envolve atividades ligadas a diferentes domínios de conhecimento, tais como marketing, projeto do produto, manufatura, suprimentos, financeiro, entre outros, e que, portanto, requerem um esforço integrado para que sejam realizadas de modo adequado.

Assim, nos projetos de desenvolvimento de produtos, alguns conhecimentos básicos devem ser considerados como, por exemplo: os tipos de produtos; as fases do processo de desenvolvimento de produtos; o processo de gerenciamento de projetos; os princípios da engenharia simultânea; e, a própria modelagem do processo de desenvolvimento de produtos.

2.1. PROJETOS DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Para definir precisamente o que são projetos de desenvolvimento de produtos, primeiramente deve-se compreender o que é um projeto de um modo geral. Nas organizações privadas ou públicas são realizados, normalmente, trabalhos que envolvem operações e projetos, sendo que ambos podem sobrepor-se um ao outro. Estes trabalhos compartilham muitas características comuns, como por exemplo, são realizados por pessoas, são limitados por recursos, além de serem planejados, executados e controlados. Entretanto, a diferença fundamental entre as operações⁹ e os projetos é que as operações são processos contínuos e repetitivos, enquanto os projetos são temporários e únicos. Logo, **um projeto é um esforço temporário realizado para criar um produto ou serviço único** (PMI, 2000).

Temporário significa que cada projeto tem um início e um fim definido. O fim de um projeto é alcançado de duas maneiras, quando os objetivos foram atingidos ou quando se torna claro que estes não serão ou não podem ser alcançados, e o projeto é então interrompido. Temporário¹⁰ não significa necessariamente de curta duração, pois muitos projetos duram por vários anos. Em todos os casos, porém, a duração do projeto é finita, ou seja, projetos não são operações ou trabalhos contínuos.

Um projeto envolve fazer algo que não tenha sido feito antes, sendo portanto, único. Único significa que o produto ou serviço é diferente, de algum modo, daqueles outros produtos ou serviços similares. Segundo o PMI (2000), um produto ou serviço pode ser único, mesmo que a categoria a qual pertence seja extensa¹¹. A presença de elementos repetitivos não muda a singularidade fundamental do trabalho do projeto.

Projeto é um empreendimento não repetitivo, caracterizado por uma seqüência clara e lógica de eventos, com início, meio e fim, que se destina a atingir um objetivo claro e definido, sendo conduzido por pessoas dentro de parâmetros pré-definidos de tempo, custo, recursos envolvidos e qualidade. (Vargas, 2000, p.8).

Além da natureza temporária e de unicidade dos projetos, Slack *et alii* (1996) definem outros elementos: complexidade; incerteza e ciclo de vida. A complexidade está ligada a quantidade de atividades diferentes necessárias para atingir os objetivos de um projeto. O relacionamento entre todas essas atividades pode ser complexo, especialmente quando número de atividades no projeto é grande. A incerteza remete ao planejamento. Todos os projetos devem ser planejados antes de serem executados, pois carregam sempre um

⁹ Inclui os programas, os quais não tem um ponto final definido.

¹⁰ É importante salientar que a natureza temporária dos projetos refere-se, também, a outros aspectos, como por exemplo: uma oportunidade de mercado é normalmente temporária; a equipe raramente se mantém como equipe, isto é, a maioria dos projetos é realizada por uma equipe criada devido a um propósito claro, sendo desfeita e os membros realocados quando o projeto é concluído. (PMI, 2000).

¹¹ Por exemplo, muitos modelos de automóveis já foram desenvolvidos, mas cada modelo em particular é único, isto é, há um desenho diferente, uma configuração diferente, equipes de desenvolvimento diferentes, fabricantes diferentes, usos diferentes, e assim por diante.

elemento de risco. Por exemplo, um projeto pioneiro de pesquisa básica carrega o risco de recursos caros e de alta tecnologia serem comprometidos com resultados que podem não valer a pena. E por último, os recursos necessários para um projeto mudam durante o curso de seu ciclo de vida. O padrão típico dos recursos necessários para um projeto segue uma curva previsível, sendo possível dividir o ciclo de vida de um projeto em fases de projeto.

Alguns exemplos de projetos¹² são (PMI, 2000):

- ◆ O desenvolvimento de um novo produto ou serviço.
- ◆ A realização de uma mudança na estrutura, no quadro de funcionários ou no modo de atuar de uma organização.
- ◆ O desenho de um novo veículo de transporte.
- ◆ O desenvolvimento ou a aquisição de um sistema de informações novo ou modificado.

A Figura 2.1 ilustra uma tipologia de projetos, considerando a complexidade dos projetos em termos de tamanho, valor e número de pessoas envolvidas, e de sua incerteza de alcance dos objetivos de custo, prazo e qualidade. Conforme Slack *et alii* (1996), a tipologia gera uma idéia da natureza dos projetos e das dificuldades de seu gerenciamento, sendo que a incerteza influencia, particularmente, o planejamento do projeto e a complexidade afeta o controle do projeto.

Segundo descrição de Slack *et alii* (1996), os projetos com alta incerteza são especialmente difíceis de definir e de estabelecer objetivos realísticos. Por outro lado, projetos com altos níveis de complexidades não são necessariamente difíceis de planejar, embora possam envolver esforço considerável, todavia, controlá-los pode ser problemático.

À medida que os projetos tornam-se mais detalhados, com muitas atividades, recursos e grupos de pessoas envolvidos, a oportunidade para que algo dê errado cresce bastante. Daí a necessidade do planejamento e monitoramento das atividades e, portanto, do gerenciamento de projetos.

Considerando as definições apresentadas, **projetos de desenvolvimento de produtos**, neste trabalho, **são aqueles empreendimentos cujo objetivo é executar o processo de geração de uma idéia de um bem-material¹³ ao longo de várias fases, até o lançamento do produto no mercado**. O processo pelo qual estes projetos são desenvolvidos é denominado comumente de Processo de Desenvolvimento de Produtos¹⁴ (PDP).

¹² De acordo com Dinsmore (1999, p.5) "tudo no mundo dos negócios ou é um projeto ou está relacionado a um projeto".

¹³ "Bem-material é aquele produto industrial cuja qualidade e grau de inovação tecnológica vai muito além dos aspectos formais e funcionais, uma vez que segue e transmite valores éticos e morais como, por exemplo, respeito ao meio-ambiente, honestidade no atendimento às necessidades dos fregueses e clientes, e cumprimento às garantias dadas ao produto. A existência dessas condições caracteriza um produto industrial como testemunho da tradição fabril e da significativa manifestação da cultura das idéias e do comportamento de um povo ou nação." (Gomes, 2001, p.8).

¹⁴ O PDP engloba um complexo conjunto de atividades que são realizadas através da participação das diversas áreas da organização, tendo influência direta sobre a competitividade da mesma.

Na Figura 2.1, os projetos de desenvolvimento de produtos são apresentados como de média-baixa incerteza e complexidade, envolvendo, geralmente, grupos de pessoas (equipes). Contudo, como cada projeto é único, pode-se ter grandes variações dependendo da situação. Considerando, por exemplo, um projeto de desenvolvimento de um produto global, envolvendo várias equipes de diferentes organizações (empresas), em diferentes partes do mundo, tais parâmetros podem configurar um projeto de alta complexidade.

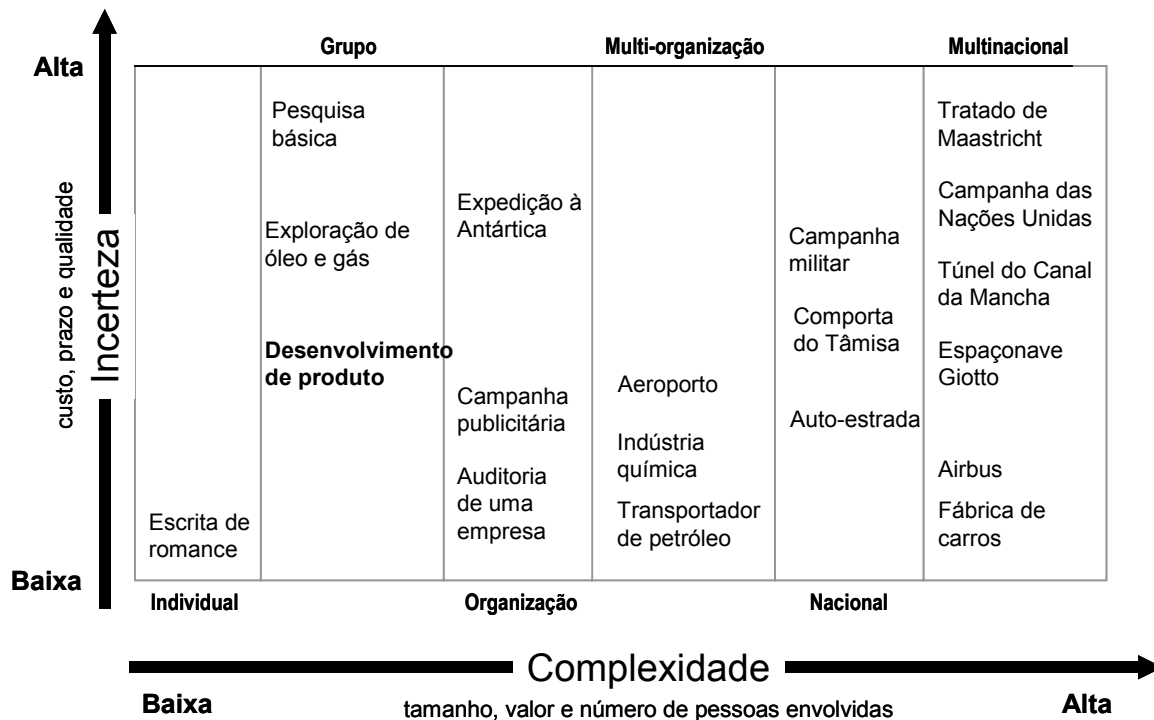


Figura 2.1 – Tipologia de projetos.
Fonte: Adaptado de Slack *et alii* (1996).

Alguns exemplos de projetos de desenvolvimentos de produtos incluem a desenvolvimento de: vestuário e calçados; brinquedos; embalagens; utilidades domésticas; instrumentos musicais; eletrodomésticos; instrumentos óticos; equipamentos médicos/hospitalares; veículos de transporte; veículos de carga; máquinas agrícolas; máquinas e ferramentas, entre outros.

O produto resultante desse processo, segundo Barroso Neto (1982), pode ser de dois tipos:

- ◆ Novo produto – é o produto cuja solução funcional e formal não está contida no atual estado da técnica, ou seja, não existe produto similar industrializado, comercializado ou cujo projeto não tenha sido divulgado.
- ◆ Redesenho de um produto existente¹⁵ – é a readaptação de um produto já existente a fim de que o mesmo possa acompanhar mudanças ocorridas no sistema de produção ou no comportamento do mercado consumidor (usuário/sociedade).

¹⁵ Segundo Wheelwright e Clark (1992), também conhecidos como projetos derivativos. Já Pahl e Beitz (1996) denominam de projeto variante, onde se faz uma modificação do tamanho ou do layout já existente para criar um novo produto.

A proposta de Barroso Neto (1982) é bastante simples e adequada, principalmente por que diferencia o que é um produto original ou inovador de um não original. Nesse sentido, Stemmer (1974) classificou as atividades projetuais que definem mais precisamente os tipos de produtos:

- ◆ Execução original¹⁶ – atividade de projeto mais complexa, que visa a obtenção de um produto que preencha a função desejada, considerando a não existência de produto prévio. Exemplos desse tipo incluem o desenvolvimento da locomotiva, do automóvel, do avião, etc.
- ◆ Aperfeiçoamento – atividade de projeto em que se procura um preenchimento mais adequado da função já exercida por um produto existente, através da eliminação de falhas, e ao mesmo tempo, uma redução de dispêndio por simplificação, melhoria da construção, etc.
- ◆ Adaptação¹⁷ – atividade de projeto mais usual, em que são realizadas pequenas modificações num produto, para atender a exigências especiais do comprador, ao uso de outros materiais ou processos de fabricação, à montagem de dispositivos adicionais, etc.

As definições de Stemmer (1974) para a atividade de projeto conduzem a três tipos de produtos: originais, aperfeiçoados e adaptados, sendo os dois últimos referentes ao grupo de redesenho, como denominado por Barroso Neto (1982).

Tomando por base que a realização de um projeto envolve a obtenção de um produto único (PMI, 2000), ou seja, diferente em algum aspecto dos produtos já existentes, pode-se dizer que os projetos de desenvolvimento de produtos resultam sempre em novos produtos¹⁸ para a organização que o empreende. Portanto, os mesmos poderão ser classificados como:

- ◆ Produtos originais ou inovadores – são os produtos cuja solução funcional e formal não está contida no atual estado da técnica, ou seja, não existe produto similar industrializado ou comercializado.
- ◆ Produtos aperfeiçoados – são os produtos cuja solução funcional e formal está contida no atual estado da técnica, ou seja, existe produto similar industrializado e comercializado, sobre o qual são incorporadas melhorias ou são derivados novos modelos de produtos.
- ◆ Produtos adaptados – são os produtos cuja solução funcional e formal está contida no atual estado da técnica, ou seja, existe produto similar industrializado e comercializado, sobre o qual são realizadas adaptações para atendimento a objetivos específicos ou são derivados novos modelos de produtos.

Com outro enfoque, Ulrich e Eppinger (1995) apresentam uma classificação para os produtos

¹⁶ Ou projeto original, conforme denominação de Pahl e Beitz (1996).

¹⁷ Ou projeto adaptativo, conforme denominação de Pahl e Beitz (1996).

¹⁸ Os novos produtos, dependendo da estratégia da empresa, podem seguir o conceito plataforma. De acordo com Rozenfeld *et alii* (2000, p.56), “plataforma é um conjunto de elementos de um produto (subconjuntos, componentes, etc...) que formam o núcleo de uma família de produtos com suas diversas combinações. Desta forma, a empresa consegue lançar diversos produtos distintos entre si do ponto de vista do cliente, reutilizando de maneira sistemática partes de produtos existentes”. Segundo Wheelwright e Clark (1992), este tipo envolve o desenvolvimento de projetos com um ciclo de vida de vários anos, e estabelece uma arquitetura base para novos projetos derivativos, de modo a atender as necessidades de segmentos específicos de mercados.

industriais, de acordo com a natureza da fonte de desenvolvimento do produto (Figura 2.2): produtos impulsionados pela tecnologia; produtos impulsionados pelos usuários; e, produtos impulsionados tanto pela tecnologia quanto pelo usuário.

A principal característica de um produto guiado pela tecnologia é que o seu benefício é baseado em sua própria tecnologia, ou na sua capacidade de executar uma tarefa técnica específica, ou seja, o produto é geralmente comprado pelo seu desempenho técnico.

Produtos impulsionados pelos usuários tem o seu benefício principal derivado da funcionalidade e/ou apelo estético do produto. Tipicamente existe um alto grau de interação do usuário com o produto, que deve estar em conformidade com aspectos de segurança, facilidade de uso e manutenção. Frequentemente a aparência externa é uma importante diferenciação, transformando-se em objeto de estima e prazer para o seu proprietário.

Os produtos orientados pela tecnologia e pelo usuário são simplesmente a combinação das duas classes anteriores, e possuem um alto grau de interação com o usuário e com os requisitos técnicos.

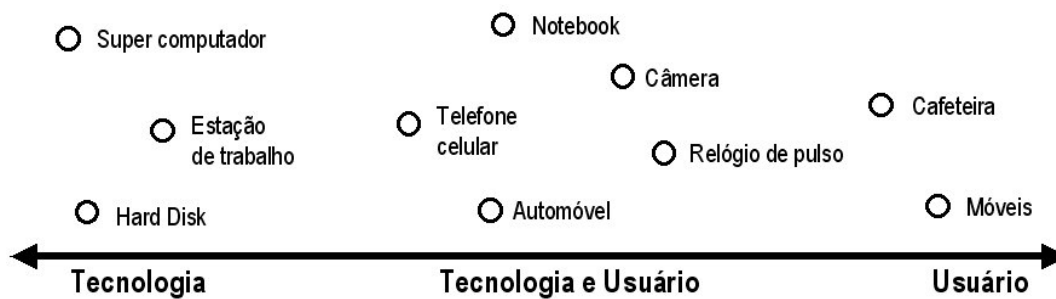


Figura 2.2 – Classificação de alguns produtos usuais.

Fonte: Adaptado de Ulrich e Eppinger (1995).

Seja qual for o produto industrial a ser desenvolvido, cada projeto envolve normalmente, diversas fases, as quais conduzem à elaboração progressiva do produto, desde a idéia inicial até a definição completa das especificações e de suas características¹⁹, culminando com o lançamento do produto no mercado.

Quando do seu desenvolvimento, os diferentes tipos de produtos trazem consigo diferentes particularidades, como a duração do projeto. Pode-se esperar que projetos de desenvolvimentos de produtos originais sejam naturalmente mais longos que os de produtos aperfeiçoados ou adaptados. Ou seja, o ciclo de vida do projeto varia de acordo com o tipo de produto a ser desenvolvido²⁰. Isso se deve, também, a alguns aspectos referentes à natureza dos projetos de desenvolvimento de produtos (Slack *et alii*, 1996):

- ◆ Criatividade – o projeto exige a criação de algo novo, seja um produto original, aperfeiçoado ou adaptado.

¹⁹ Essas características são definidas de maneira geral no início do projeto e se tornam mais explícitas e detalhadamente estabelecidas à medida que a equipe de projeto vai obtendo uma compreensão melhor e mais completa do produto (PMI, 2000).

²⁰ Na próxima seção a duração dos projetos é abordada mais detalhadamente.

- ◆ Complexidade – o projeto envolve decisões sobre grande número de parâmetros e variáveis, tais como configuração, desempenho funcional global e de componentes, materiais, aparência, métodos de produção, entre outros.
- ◆ Compromisso – o projeto exige o balanceamento de requisitos múltiplos e muitas vezes conflitantes como, por exemplo, desempenho e custo, materiais e durabilidade, etc.
- ◆ Escolha – o projeto exige fazer escolhas entre diversas soluções possíveis para um problema em todos os níveis, desde o conceito básico do produto até o menor detalhe de cor ou forma.

Os elementos citados contribuem para que, dependendo de cada caso, o ciclo de vida dos projetos seja variável. Considerando o exposto acima define-se as fases do processo de desenvolvimento de produtos.

2.2. PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS: FASES

Normalmente os projetos que envolvem o desenvolvimento de produtos são subdivididos em várias fases a fim de facilitar o gerenciamento e estabelecer vínculos com as operações das organizações. Quando agrupadas, as fases do projeto formam o ciclo de vida do projeto (PMI, 2000). Conforme Verzuh (2000), as fases do ciclo de vida do projeto representam uma progressão linear, desde a definição do projeto, passando pela elaboração do planejamento, execução do trabalho e encerramento do projeto.

As fases de um projeto são caracterizadas pela conclusão de um ou mais resultados ou saídas esperadas. Essas saídas são tangíveis e verificáveis como, por exemplo, uma especificação de projeto, um estudo de viabilidade, etc. As saídas e, portanto, as fases são parte de uma lógica geralmente seqüencial, planejada para garantir a definição correta do resultado do projeto, isto é, definir quais os trabalhos técnicos devem ser realizados em cada fase e, quem deve ser envolvido.

A conclusão de uma fase do projeto é geralmente marcada pela revisão das saídas principais e do desempenho até a data em questão²¹, de maneira a determinar se o projeto deve continuar e, também, detectar e corrigir desvios de custos.

Essas revisões são geralmente chamadas, de acordo com o PMI (2000), de saídas de fase (*phase*

²¹ Valeri (2000) apresenta um estudo detalhado do processo de revisão de fases de projetos de desenvolvimento de produtos, em uma empresa do setor automobilístico.

exit) ou passagens de estágios (*stage gates*), e caracterizam diversas abordagens²² para o processo de desenvolvimento de produtos. As saídas principais de cada fase são geralmente aprovadas antes das atividades da fase seguinte serem iniciadas. Todavia, quando os riscos envolvidos forem aceitáveis, podem acontecer situações em que algumas atividades da próxima fase sejam iniciadas antes da aprovação dos resultados principais da fase anterior. Nestes casos diz-se que ocorre a sobreposição²³ das fases.

As descrições do ciclo de vida de projetos podem ser genéricas ou bem detalhadas, e envolvem, por exemplo, inúmeros formulários, planilhas, gráficos ou listas de verificação, todos com o propósito de apresentar claramente a metodologia de projeto a ser utilizada no desenvolvimento do produto, entre outras informações.

A Figura 2.3 apresenta uma curva típica do ciclo de vida do projeto, onde o custo e o número de membros da equipe são baixos no início, maiores nas fases intermediárias e diminuem significativamente quando o projeto chega ao final. A probabilidade de completar o projeto com sucesso é menor no início, pois os riscos e as incertezas são maiores. Com o andamento do projeto, aumenta progressivamente a probabilidade de completar o mesmo com sucesso (PMI, 2000).

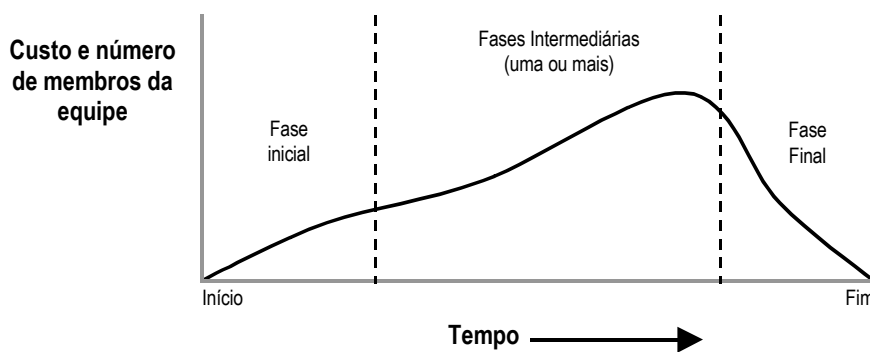


Figura 2.3 – Curva do ciclo de vida do projeto.
Fonte: Adaptado do PMI (2000).

²² Conforme Wheelwright e Clark (1992), estas abordagens podem ser de quatro tipos: *phases & gates*; *tollgate process*; *contract-driven*; e, *tiger team*. A primeira é utilizada nas empresas que direcionam o conhecimento técnico de seus processos em uma variedade de produtos (p. ex. a Kodak). É um processo com forte orientação funcional que alcança a integração das partes por meio do foco no cliente e procedimentos comuns. A segunda, *tollgate process*, é característica em empresas que possuem uma grande diversidade de negócios, processos de manufatura, tecnologias e mercados (p. ex. a General Electric), exigindo o controle dos projetos por parte da alta administração. A característica mais evidente dessa abordagem é o grande número de fases intercaladas por revisões e controles em curtos espaços de tempo, cujo propósito é a reavaliação dos projetos em termos de continuidade ou não, conforme os indicadores de risco e de oportunidade de mercado. O terceiro tipo, *contract-driven*, tem como característica principal o trabalho de equipes multifuncionais, sob a direção de um gerente ou líder do projeto, durante todo o desenvolvimento. O foco está em encontrar soluções para problemas existentes (p. ex. produtos plataforma), através de reduzido tempo de desenvolvimento e melhor utilização dos recursos. É uma abordagem eficaz em empresas que atuam em mercados dinâmicos, onde ações rápidas são essenciais (p. ex. Motorola). O último tipo abrange as empresas cujo foco de seus produtos são as inovações, ou seja, a intenção principal é uma nova oportunidade de mercado ou um negócio totalmente novo. No centro dessa abordagem estão os *tiger teams* ou times autônomos de projeto, totalmente dedicados e responsáveis pelas decisões ao longo do processo de desenvolvimento do produto. Essa abordagem é praticada na Lockheed, empresa do setor aeroespacial, onde a inovação é uma das maiores vantagens competitivas.

²³ Conforme Kerzner (2002), historicamente as fases de ciclo de vida eram sequenciais por natureza. No entanto, devido à necessidade de compressão do sequenciamento, passaram a ser sobrepostas. A sobreposição depende do grau de risco que o gerente do projeto assumir. Quanto maior for a sobreposição, maior o risco. Com a sobreposição das fases ainda há revisões no final de cada fase, mas elas são apoiadas por revisões intermediárias durante a realização das atividades.

Como se observa na literatura, existem diferentes versões para o ciclo de vida do projeto, desde as que contêm umas poucas fases até aquelas que possuem nove ou mais (Meredith e Mantel Jr., 1995; King e Cleland, 1995; Adams e Barndt, 1995; Kerzner, 1998; Valeriano, 1998; Vargas, 2000; PMI, 2000), e isso ocorre principalmente em função da diversidade de segmentos industriais e de tipos e complexidade dos projetos desenvolvidos.

No caso de projetos de desenvolvimento de produtos, Valeriano (1998) define de forma bastante adequada, um ciclo geral de quatro fases²⁴:

- ◆ Fase de conceito – inclui atividades que vão desde a idéia inicial do produto, passando pela elaboração de uma proposta até a aprovação.
- ◆ Fase de planejamento e organização – inclui atividades que envolvem a elaboração do plano do projeto²⁵, necessário à execução e controle.
- ◆ Fase de implementação ou de execução – onde o trabalho da equipe de projeto é realizado, sob a coordenação e liderança do gerente, para a obtenção do objetivo, compreendendo a execução propriamente dita das atividades e o controle²⁶ das mesmas.
- ◆ Fase de encerramento – em que se efetiva a transferência dos resultados do projeto, com aceitação do seu cliente, seguida de uma avaliação geral do projeto e, por fim, da desmobilização da estrutura e dos recursos à disposição do projeto.

Conforme descreve Valeriano (1998), a exemplo do PMI (2000) e de Kerzner (2002), as fases apresentadas não são estanques, nem totalmente sucessivas, ocorrendo sobreposição por quase todo o desenvolvimento do produto, principalmente, a fase de planejamento, que tem o plano do projeto constantemente atualizado durante a fase de execução.

Assim, para descrever as fases dos projetos de desenvolvimento de produtos, parte-se da proposta de Valeriano (1998), pois se considera que a mesma é bastante ampla e envolve, também, uma fase de conceito, que ocorre antes do processo de desenvolvimento do produto propriamente dito iniciar, denominada, nesse trabalho, de pré-desenvolvimento do produto – fase onde o produto é planejado e aprovado, autorizando o desenvolvimento do seu projeto, ou seja, a realização das demais fases, o planejamento, a execução e o encerramento do projeto.

Para apresentar a visão geral do processo de desenvolvimento de produtos, Wheelwright e Clark (1992) definem as seguintes fases: (i) desenvolvimento do conceito do produto; (ii) planejamento do produto; (iii)

²⁴ Similar às propostas de vários autores, como, por exemplo, Dinsmore (1992): fase conceitual, fase de planejamento, fase de execução, fase final; e, Verzuh (2000): definição do projeto, elaboração do planejamento, execução do trabalho e encerramento do projeto.

²⁵ Convém destacar que, de acordo com Silva (1998), ambas as categorias – plano e projeto – apresentam afinidades lógicas mas não são coisas idênticas. O plano difere do projeto essencialmente no que se refere à amplitude do objeto. Planejar a execução de um determinado projeto é traçar antecipadamente o rumo da ação e relacionar as providências que precisam ser tomadas.

²⁶ O controle do projeto é tratado pelo PMI (2000) como uma fase paralela à fase de execução. No total, o PMI (2000) define o processo de gerenciamento de projetos em cinco grupos: iniciação; planejamento, execução, controle e encerramento.

elaboração do projeto do produto e do processo de manufatura; (iv) produção piloto e (v) lançamento do produto no mercado (Figura 2.4).

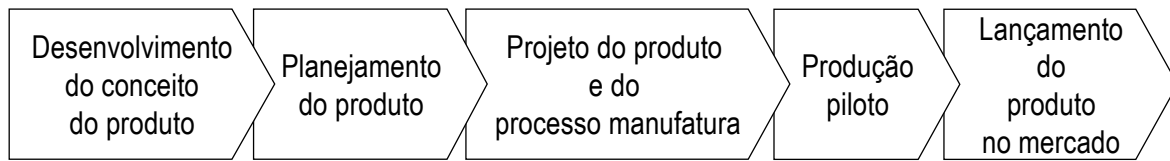


Figura 2.4 – Decomposição típica das fases do processo de desenvolvimento de produtos.
Fonte: Adaptado de Wheelwright e Clark (1992).

As duas primeiras fases correspondem à fase de conceito definida por Valeriano (1998). Dependendo do setor industrial podem ser divididas em uma ou mais fases, mas a característica principal é que ocorrem permanentemente, já que envolvem um processo de geração de idéias de novos produtos que poderão se transformar em projetos a serem desenvolvidos, e formam, normalmente, o portfólio de projetos das empresas. Nestas fases são levantadas informações sobre as oportunidades de mercado, as mudanças competitivas, as possibilidades técnicas e os requisitos de produção. Estes elementos, uma vez combinados, definem o conceito do produto, as metas de mercado, o nível desejado de desempenho, os investimentos requeridos e o impacto financeiro do desenvolvimento. Uma vez aprovada a realização do projeto, passa-se ao seu desenvolvimento.

Neste ponto o processo de desenvolvimento do produto é iniciado, abrangendo as fases de planejamento do projeto, execução e encerramento (Valeriano, 1998). Em resumo, as fases que compõem o PDP cobrem a elaboração do projeto do produto e do processo de manufatura, resultando, respectivamente, na construção de protótipos funcionais e no desenvolvimento de ferramental de manufatura e de montagem para serem usados na produção do produto.

O processo segue com uma fase que compreende a execução de uma produção piloto, durante a qual os componentes individuais, fabricados e testados em máquinas da produção, são montados e testados na fábrica como um sistema. Durante a produção piloto, algumas unidades do produto são produzidas, e a capacidade do processo de manufatura de atender a produção comercial é testada.

Nesse ponto, todo o ferramental e equipamentos de fabricação e montagem estão montados, e os fornecedores prontos para atender ao volume de produção. De acordo com Wheelwright e Clark (1992), é formado e consolidado o sistema total – conceito, detalhamento, ferramental e equipamentos, componentes, seqüências de montagem, supervisores de produção, técnicos, fornecedores, entre outros.

A última fase é o lançamento do produto no mercado. Esta fase suporta os ajustes a serem realizados no processo, desenvolvendo sua capacidade em estabilizar a produção, ao mesmo tempo em que marketing desenvolve o trabalho de venda do produto. A conclusão da fase de lançamento é atingida quando o sistema produtivo alcança as metas de volume, custo e qualidade planejados.

Logo que o processo de desenvolvimento do produto é concluído, o que ocorre com o encerramento do projeto, é iniciada uma fase de pós-desenvolvimento²⁷, cuja duração é a do ciclo de vida do produto. Nesta estão incluídos a elaboração de novos projetos, que resultam em alterações no produto desenvolvido, para a implementação de melhorias das características do produto, do processo de manufatura, etc., buscando entre outros objetivos, a redução do custo do produto, o aumento da performance, a eliminação de problemas, bem como o planejamento da retirada do produto do mercado.

A Figura 2.5 apresenta, sobre a visão geral do processo de desenvolvimento de produtos de Wheelwright e Clark (1992), as fases do ciclo de vida do projeto e as etapas de pré e pós-desenvolvimento.

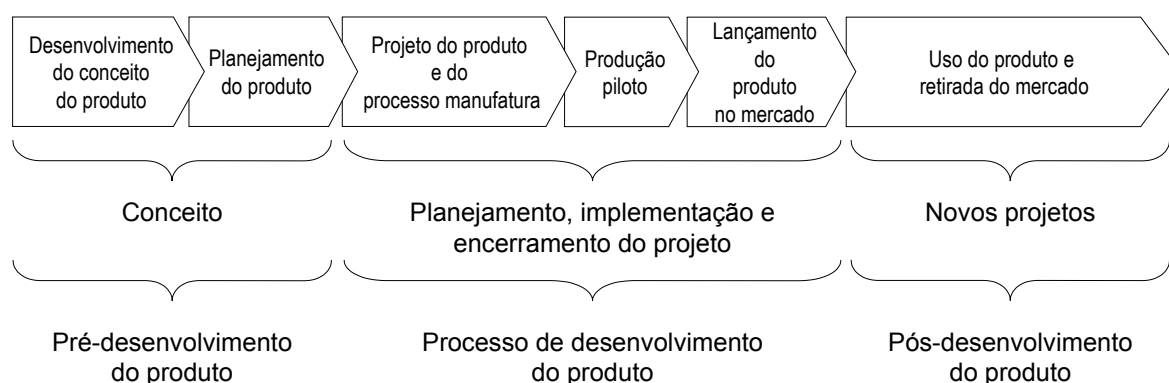


Figura 2.5 – Visão geral do processo de desenvolvimento de produtos e as fases do ciclo de vida do projeto.

Como o foco deste trabalho recai sobre o processo de desenvolvimento do produto, desenvolveu-se um estudo sobre a divisão de suas fases (vide Quadro 2.1). Como já mencionado, o processo de desenvolvimento de produtos é definido através de um variado número de fases, as quais podem ser tipicamente agrupadas em duas grandes macrofases, a primeira onde são elaborados os projetos do produto e do processo de manufatura²⁸, e a segunda, onde os projetos desenvolvidos são implementados na produção.

A primeira macrofase tem recebido destaque nos trabalhos de muitos autores, principalmente em virtude da importância do processo de projeto²⁹ para a competitividade das empresas, sendo considerado, portanto, uma atividade central nas mesmas (Jo *et alii*, 1993; Pahl e Beitz, 1996; Hubka e Eder, 1996; Smith e Reinertsen, 1997; Upton e Yates, 2001; Wallace *et alii*, 2001; entre outros).

Analisando as informações referentes a macrofase de elaboração do projeto, nove autores definem quatro fases, seis definem três fases, um autor define duas fases, e apenas um não divide a macrofase

²⁷ Vide, por exemplo, Stryker (1996), Ottum (1996), Olson (1996), Katzfey (1996).

²⁸ Posteriormente esta macrofase será denominada de projeção.

²⁹ Segundo Jo *et alii* (1993), embora o projeto do produto contabilize apenas 5% do custo total do produto, ele influencia em 70% dos seus custos, causando efeitos sobre todas as áreas de uma empresa. Segundo o autor, 40% de todos os problemas de qualidade de um produto podem ser associados a projetos deficientes, e que de 70 a 80% da produtividade da manufatura pode ser determinada durante a fase de projeto.

em fases. Estes resultados demonstram um certo consenso com relação à divisão da macrofase de elaboração do projeto, ao contrário da macrofase de implementação³⁰.

Apesar das diferenças, percebe-se uma grande similaridade entre os modelos citados, mesmo naqueles onde o processo é dividido em três fases.

Quadro 2.1 – As fases do processo de desenvolvimento de produtos segundo a visão de diversos autores.

Autores	Fases						
	Elaboração do projeto				Implementação		
	1	2	3	4	5	6	7
Baxter (1998)	Especificação do projeto	Projeto conceitual	Projeto de configuração	Projeto detalhado	Projeto para fabricação		
Magrab (1997)	Definição do produto	Geração de projetos viáveis	Avaliação dos projetos	Projeto do produto e do processo	Manufatura e montagem		
Pahl e Beitz (1996)	Clarificação da tarefa	Projeto conceitual	Projeto preliminar	Projeto detalhado			
Hubka e Eder (1996)	Definição do problema	Projeto conceitual	Projeto preliminar	Detalhamento	Protótipo e testes		
Clausing (1995)	Conceito		Projeto		Preparação	Produção	
Ulrich e Eppinger (1995)	Desenvolvimento do conceito		Projeto nível de sistema	Projeto detalhado	Teste e melhorias	Produção e lançamento	
Schulmann (1994)	Estudos preliminares	Criação	Execução tridimensional (modelos)	Realização (aperfeiçoamento técnico, protótipos e custos)	Industrialização		
Ullman (1992)	Planejamento (desenvolvimento da especificação)	Projeto conceitual	Projeto do produto (documentação)		Produção		
Wheelwright e Clark (1992)	Projeto do produto e projeto do processo de manufatura				Produção piloto	Lançamento	
Pugh (1991)	Especificação de projeto de produto	Projeto conceitual	Projeto detalhado		Manufatura		
Andreassen e Hein (1987)	Investigação da necessidade	Princípio do produto	Projeto do produto		Preparação da produção	Produção	
Bonsiepe (1984)	Definição do problema	Anteprojeto geração de alternativas	Projeto (avaliação, decisão, escolha)	Realização	Análise final da solução		
Back (1983)	Estudo de viabilidade		Projeto preliminar	Projeto detalhado, revisão e testes	Planejamento da produção	Planejamento de marketing	
Barroso Neto (1982)	Definição do produto	Anteprojeto geração de alternativas	Projeto	Construção do protótipo	Produção experimental		
Bomfim, Nagel e Rossi (1977)	Compreensão da necessidade	Processos de solução e análise	Desenvolvimento		Implantação		
Archer (1974)	Pesquisa preliminar	Estudos de exequibilidade	Desenvolvimento do desenho do produto	Desenvolvimento do(s) modelo (s)	Estudos de comercialização	Desenvolvimento da produção	Planejamento da produção
Cain (1969)	Investigação	Concepção de projeto	Projeto do produto	Desenvolvimento do produto	Teste	Documentação para produção	

³⁰ Mesmo considerando que os trabalhos pesquisados são sobre o processo de projeto do produto.

Fica claro, na maioria dos casos, que o propósito da primeira fase é o estabelecimento das especificações de projeto do produto a ser desenvolvido. Na segunda fase, o objetivo é o desenvolvimento de concepções alternativas que atendam ao problema a ser resolvido, sendo esta fase denominada, em grande parte dos trabalhos, de projeto conceitual.

Nestas duas primeiras fases se observa uma variação em três trabalhos. Tanto Back (1983), Clausing (1995), como Ulrich e Eppinger (1995) apresentam estas fases em uma mesma etapa, denominada, respectivamente, de estudo de viabilidade, conceito e desenvolvimento do conceito. Depreende-se que apresentadas desta forma, obtém-se apenas uma maior simplificação do processo, uma vez que o objetivo final é a definição das concepções alternativas. Por outro lado, a divisão em duas fases proporciona uma maior visibilidade dos resultados ao longo do processo, já que estes são de natureza distinta, apesar de estarem relacionados, facilitando a verificação do atendimento aos objetivos planejados³¹, auxiliando na tomada de decisão sobre a continuidade do projeto.

No que se refere a terceira e quarta fases, a maioria dos modelos busca os mesmos resultados, respectivamente, a definição da configuração (leiaute) do produto e o seu detalhamento final. A divisão dessa segunda parte da macrofase parece ser bastante adequada, pelos mesmos motivos das fases anteriores. Em cinco trabalhos estas duas fases são apresentadas sob uma mesma etapa, cujas denominações dadas foram: projeto; projeto do produto (em dois modelos); projeto detalhado e desenvolvimento.

Em função da complexidade inerente ao processo de projeto e de sua diversidade de atividades, a sua subdivisão em fases o torna mais facilmente compreendido, caracterizado e controlado. Portanto, entende-se que a subdivisão da macrofase de elaboração dos projetos do produto e do processo de manufatura em quatro fases é bastante adequada. Neste sentido, esta macrofase poderia ser definida pelas fases de projeto informacional³², projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado. Segundo Back e Ogliari (2000), esta divisão define um modelo de consenso para o projeto sistemático de produtos, representando de maneira abrangente as diversas proposições de metodologias de projeto.

Com relação à fase posterior à elaboração dos projetos do produto e do processo de manufatura, ou seja, a macrofase de implementação, concorda-se que a mesma possa ser subdividida em pelo menos duas fases, como propõem Wheelwright e Clark (1992), Andreassen e Hein (1987) e Back (1983), sendo denominadas de preparação da produção e lançamento do produto no mercado. Durante a preparação da produção estaria incluída a realização de uma produção piloto para verificação da conformidade do produto e dos processos envolvidos e, na fase de lançamento, a produção do lote inicial dos produtos a serem comercializados.

Por outro lado, retomando as definições iniciais sobre o ciclo de vida do projeto, mesmo que o processo de desenvolvimento de produtos fosse subdividido em seis fases (projeto informacional, projeto

³¹ A divisão em fases permite a supervisão da realização dos objetivos e determinação dos riscos relacionados, de forma a se obter um desempenho progressivo do projeto (ABNT, 2000).

³² A denominação "informacional" foi dada por Fonseca *apud* Back e Ogliari (2000).

conceitual, projeto preliminar, projeto detalhado, preparação da produção e lançamento), ainda assim estaria incompleto. É consenso que, sob o ponto de vista de gerenciamentos dos projetos, estes devem ser planejados, a fim de que possam ser executados e controlados adequadamente, e formalmente encerrados. Como proposto por Valeriano (1998), PMI (2000), Verzuh (2000), ABNT (2000), entre outros, para que o processo de desenvolvimento torne-se completo, deve-se acrescentar duas fases as seis anteriormente citadas: planejamento do projeto; e, encerramento ou validação do projeto.

Como se verifica, nenhum dos autores citados no Quadro 2.1 contempla estas fases. Deste modo, a fase de planejamento passa a ser a primeira fase do processo de desenvolvimento de produtos, definindo uma macrofase de mesmo nome, e a validação a última fase, porém, fazendo parte da macrofase de implementação. A Figura 2.6 ilustra as macrofases e fases do processo de desenvolvimento de produtos, como definidas neste trabalho.

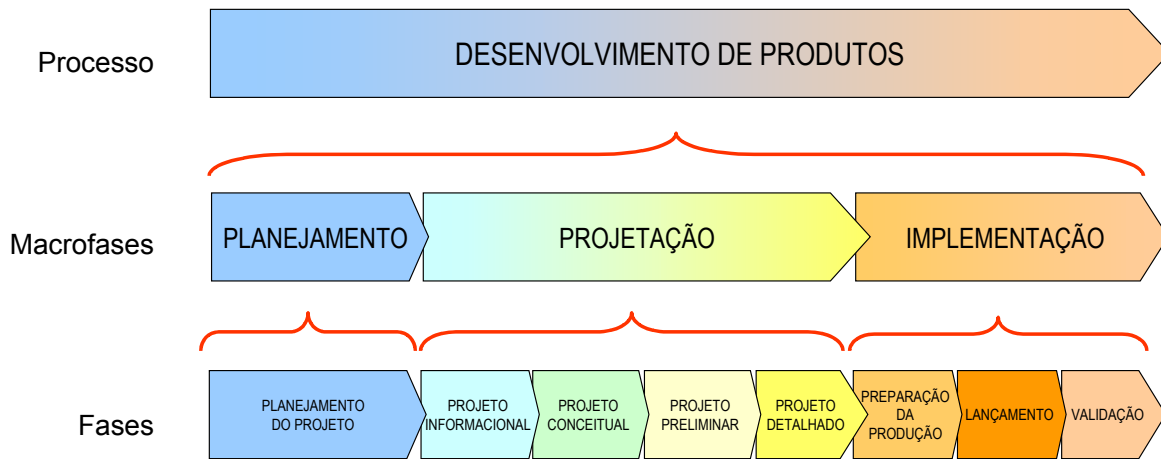


Figura 2.6 – Macrofases e fases do processo de desenvolvimento de produtos.

Adotou-se a denominação *projeção*³³ por entender que a mesma é bastante adequada para definir a etapa em que os projetos do produto e do processo de manufatura são elaborados, visto que a mesma “refere-se ao projeto em ação ou sendo desenvolvido, considerando-se as suas interfaces e inter-relações, ou seja, o projeto dentro de um contexto dinâmico. Neste caso, a palavra projeto passa a ser usada para referir-se ao estático ou ao resultado (ou resultados) da projeção” (Oliveira, 2001, p. 150).

³³ Do dicionário “Aurélio” o termo *projeção* é “projetar + -ção”, ou seja, o ato de projetar. De acordo com Oliveira (2001), o termo *projeção* também é empregado como uma tentativa de tradução de *design*, em especial da expressão *engineering design*, usados em questões que se referem ao desenvolvimento de atividades projetuais de engenharia, considerando o processo e o seu contexto. Neste caso, segundo o mesmo autor, as razões que justificam a restrição ao vocábulo projeto referem-se a multiplicidade de significados correntes, já que o seu uso tem sido aceito para se referir a quaisquer planos ou intentos futuros e, sendo comum o seu emprego para referir-se a esboços, plantas, ou mesmo a produtos ou empreendimentos, na maioria das vezes, a serem formalizados ou viabilizados no futuro. Além desses exemplos, a palavra projeto é muito utilizada para se referir a textos legislativos e administrativos que estejam em tramitação com vistas a transformarem-se em leis, normas ou regras.

“É necessário recordar que *projeção* e *planejamento* não são sinônimos, ... *Planejamento*, obviamente, traduz-se como ato ou efeito de elaborar planos, enquanto que *projeção*, como já se definiu anteriormente, significa ato ou efeito de elaborar projetos.” (Silva, 1998, p.34).

Entretanto, como neste trabalho a palavra “projeto” é empregada, também, para referir-se ao “empreendimento” como um todo, que envolve o desenvolvimento de produtos – do idioma inglês “*project*” –, utiliza-se o termo “projeção”, melhor do que “projeto”, para definir a macrofase.

Logo, os resultados da macrofase de projeção, oriundos das atividades realizadas nas fases de projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado, são, respectivamente, as especificações de projeto, a(s) concepção(ões) do produto, a(s) configuração(ões) (leiaute) do produto (viabilizada técnica e economicamente), e a documentação detalhada do produto e do processo de manufatura.

Como mencionado ao final da seção 2.1, a duração da projeção varia de acordo com o tipo de produto a ser desenvolvido e com a quantidade de recursos disponíveis para a sua realização. Considerando o desenvolvimento de um produto original ou inovador, caso mais complexo, tem-se a realização de um maior número de atividades, o que consome, portanto, um maior tempo para a projeção se comparado com os demais tipos de produto, como ilustra a Figura 2.7. Naturalmente, o tempo para a implementação do projeto do produto e do plano de manufatura na produção é também, maior, pois exige a realização de testes de montagem, estabilização da produção nos fornecedores, entre outros aspectos.

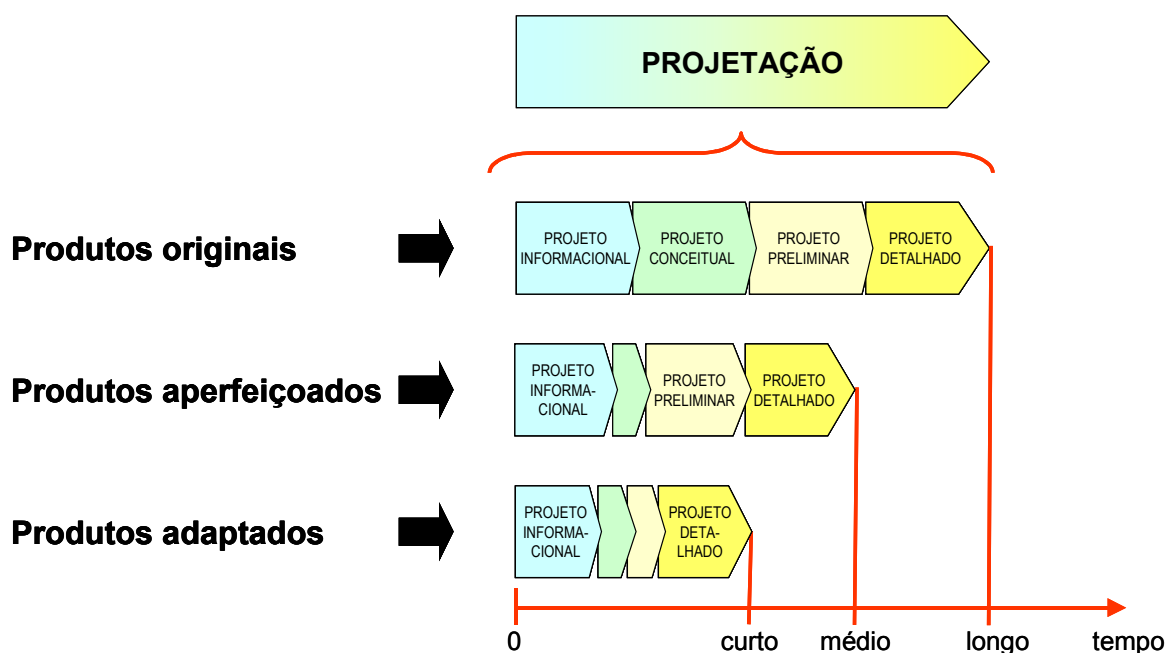


Figura 2.7 – Tipologia de produto x duração das atividades de projeção.

No caso de produtos aperfeiçoados, a duração da projeção é mediana em relação ao desenvolvimento de produtos originais. Nestes casos, a concepção do produto permanece inalterada, de modo que variam apenas as especificações de projeto e, conforme o caso, o leiaute final do produto e seus detalhamentos. Deste modo, a fase de projeto conceitual é realizada de forma abreviada, com suas atividades voltadas apenas para a confirmação da concepção do produto a ser utilizada, reduzindo o tempo de projeção.

O desenvolvimento de produtos adaptados visa atender, normalmente, objetivos específicos. Como envolvem o produto atualmente produzido, consomem menos tempo de desenvolvimento, pois duas fases da projeção são realizadas de forma abreviada. Como a concepção do produto e o leiaute final permanecem inalterados (em geral), variam apenas as especificações de projeto e o detalhamento final do que foi introduzido ou adaptado. Assim, as atividades das fases de projeto conceitual e projeto preliminar são voltadas para a confirmação da concepção do produto e do leiaute final, diminuindo o número de atividades e, conseqüentemente, encurtando o tempo de projeção e de implementação na produção.

Nos caso de produtos aperfeiçoados e adaptados, a análise da necessidade de realização de todas as atividades das fases de projeto conceitual e preliminar ocorre, primeiramente, durante a fase de planejamento do projeto, sendo confirmada ao final da fase de projeto informacional³⁴. O tempo para a implementação do projeto do produto e do plano de manufatura na produção é menor nestes dois tipos de projeto, pois não envolvem, normalmente, mudanças significativas na produção.

Para finalizar esta seção, a última macrofase do processo de desenvolvimento do produto foi denominada, neste trabalho, de implementação, por ser nela em que o resultado da projeção (documentação detalhada do produto e do processo de manufatura) é levado à prática por meio de providências concretas, ou seja, a produção e lançamento do novo produto no mercado. Finalizando o processo de desenvolvimento do produto, tem-se definido uma fase de validação e encerramento formal do projeto. Esta é uma fase que ocorre durante a comercialização do produto e tem como propósito validar, quando for o caso, o produto junto ao cliente e, posteriormente, submeter o projeto à auditoria de encerramento e desmobilização da equipe. Com esse evento, como já mencionado, é iniciada a fase de pós-desenvolvimento do produto, cuja duração é determinada pelo ciclo de vida do produto.

2.3. GERENCIAMENTO DE PROJETOS

Pelo apresentado até esta seção, depreende-se que a elaboração de projetos de desenvolvimento de produtos não é uma atividade simples, nem tampouco dependente dos conhecimentos de um único especialista ou de um departamento funcional da empresa. Projetos deste tipo exigem um esforço coordenado do trabalho de distintos intervenientes ao longo do tempo na busca pelo objetivo planejado.

Tem-se na literatura muitos trabalhos voltados para o estudo do processo de gerenciamento de projetos, notadamente em aspectos de como as tarefas são planejadas, uma vez que o planejamento de atividades complexas como o de desenvolvimento de produtos é absolutamente indispensável. Por exemplo,

³⁴ Pahl e Beitz (1996) recomendam que ao final da fase de esclarecimento da tarefa, equivalente ao projeto informacional, sejam analisadas as concepções conhecidas com relação ao atendimento às especificações de projeto. Caso as concepções existentes atendam, aconselham passar diretamente para as fases de projeto preliminar ou projeto detalhado.

Hendricks e de Wilde (1999), mapearam a prática do gerenciamento de projetos em algumas empresas e constataram que, apesar da divisão dos projetos em fases, ainda há muitas dificuldades na determinação e no controle do tempo, dos custos, das informações e dos recursos humanos.

Grote e Engelmann (1999) identificaram três aspectos que influenciam negativamente os projetos de desenvolvimento de produtos em empresas de pequeno e médio porte: (i) poucos recursos financeiros; (ii) empresas facilmente afetadas por flutuações cíclicas (atuação em mercados reduzidos); e, (iii) participação dos responsáveis pelo planejamento dos produtos e dos projetos nas tarefas rotineiras da empresa. Estes aspectos indicam problemas no processo de gerenciamento dos projetos, pois, segundo os autores, existe um déficit³⁵ significativo dos quatro meios produtivos básicos para a realização de projetos de desenvolvimento de produtos: máquinas, materiais, pessoal e recursos financeiros.

Em estudos realizados em duas empresas consideradas bem sucedidas em projetos de desenvolvimento de produtos, uma alemã e outra italiana, Baumgärtner e Blessing (1999) verificaram a existência de uma grande disparidade entre os processos de gerenciamento de projetos adotados. A empresa alemã apresentava um processo concordante aos padrões definidos na literatura, porém pouco flexível às mudanças em relação ao planejado, enquanto a empresa italiana apresentava um processo pouco planejado, mas com uma alta cooperação entre os membros da equipe de projeto. Os autores descrevem que estas culturas não são estáticas, existindo uma tendência das empresas italianas adotarem processos mais sistemáticos e, as alemãs, flexibilizarem os seus, através da adoção, por exemplo, dos princípios da engenharia simultânea em seus projetos.

Kerzner (1998) destaca que o planejamento dos projetos deve ser sistemático e flexível o suficiente para atender as variações ocorridas durante a sua execução. Mais especificamente, o plano do projeto deve ser monitorado através de revisões e controles. Considerando essas características, o autor afirma que o planejamento deve ser um processo iterativo e que deve ser desenvolvido ao longo de todo o ciclo de vida do projeto. Em outras palavras, durante a execução do plano do projeto, o mesmo deve ser revisto e atualizado, de modo a servir de base real para a tomada de decisões frente aos eventos de risco durante o desenvolvimento do produto.

A necessidade de um planejamento de projetos flexível também é citada em Zukin (1999). Segundo o autor, as empresas que desejam obter vantagens competitivas, durante o desenvolvimento dos seus produtos, devem estar preparadas para agir a todo o momento, de forma permanente, antecipando e formulando e reformulando os problemas e riscos futuros. Neste sentido, Owen (1998) afirma que um planejamento estruturado fornece o apoio para o desenvolvimento de produtos, sobretudo em relação a dois aspectos: (i) fornece uma filosofia, uma estrutura e um formato das informações a serem manipuladas, permitindo o levantamento do que é necessário fazer na execução do projeto; e, (ii) organiza as informações da melhor

³⁵ Gomes *et alii* (1998) discutem algumas idéias sobre a formação de engenheiros capazes de realizar o planejamento de um produto individualmente, em virtude das empresas de pequeno e médio porte não possuírem recursos humanos em número suficiente para participarem deste processo.

maneira, para que as equipes de gerenciamento e de projeto possam utilizá-las. Certamente os dois aspectos citados trazem inúmeros benefícios para o gerenciamento dos projetos.

Para isso é necessário o desenvolvimento de uma metodologia-padrão, como propõe Kerzner (2002), obtida do entendimento comum, que possa ser utilizada repetidamente a fim de atingir os objetivos do projeto. O autor recomenda que a metodologia deve ser simples e integrada às ferramentas da gestão de projeto em um processo unificado. No entanto, de acordo com o mesmo autor, a implementação de uma metodologia não constitui garantia de sucesso no projeto. Embora aumente as possibilidades de concretizá-lo, a cultura da empresa deve promover:

- ◆ Trabalho em equipe – desenvolvido por pessoas com espírito de cooperação, sob os limites da coordenação. Ou seja, onde membros da equipe e o gerente do projeto: trocam idéias e estabelecem altos índices de inovação e criatividade nos grupos de trabalho; têm confiança e lealdade mútuas e para com a empresa; são dedicados ao trabalho que realizam e aos compromissos que assumem; costumam intercambiar informações por sua própria iniciativa; são inteiramente francos e honestos em seu relacionamento.
- ◆ Confiança – fundamental para o sucesso na implementação de um gerenciamento mais informal de projetos, sem a qual gerentes e responsáveis por projetos precisariam de uma vasta documentação apenas para ter a certeza de que todos os participantes dos projetos estão cumprindo suas tarefas da maneira que lhes foi determinada. É também fundamental na consolidação de uma relação efetiva entre fornecedores e cliente.
- ◆ Comunicações eficientes³⁶ – permitindo uma gestão mais informal do que formal, ou seja, menos burocrática.

Clausing (1995) afirma que para um produto alcançar o sucesso desejado, o processo de gerenciamento de projetos adotado deve atender a dois princípios: (i) fornecimento de clareza, unidade e recursos; e, (ii) melhoramento contínuo. O primeiro princípio estabelece as seguintes relações: a clareza mantém a convergência sobre os objetivos e tarefas necessárias para alcançar as metas do projeto; a unidade focaliza a ação; e, os recursos possibilitam ação. O segundo princípio busca garantir que o desenvolvimento do produto seja realizado da melhor forma possível.

³⁶ A comunicação apropriada é vital para o sucesso de qualquer projeto. De acordo com Kerzner (1998), a comunicação é o processo pelo qual a informação é trocada, podendo ser escrita e oral, apresentada formalmente ou informalmente. A comunicação oral possui um alto grau de flexibilidade, sendo usada no contato pessoal, reuniões de grupo ou ao telefone. Por outro lado, a comunicação escrita é mais precisa, sendo transmitida através de minutas, cartas, memorandos, relatórios, correio eletrônico e de sistemas de gerenciamento de informações de projeto. O autor cita ainda que, num ambiente de projeto, um gerente pode gastar 90% ou mais de seu tempo se comunicando, ou seja, fornecendo orientações de projeto, tomando decisões, autorizando trabalho, dirigindo tarefas, negociando, elaborando relatórios, participando de reuniões, etc.

A importância e a necessidade do processo de gerenciamento de projetos, também é apresentada por Chapman (1996), que definiu as dez principais razões³⁷ para as empresas não usarem este conhecimento, sendo estas relacionadas a diferentes níveis organizacionais, partindo da alta gerência até o pessoal que realiza o projeto.

Conforme Kerzner (2002), as empresas estão finalmente percebendo que a rapidez mediante a qual se pode atingir os benefícios – tanto quantitativos quanto qualitativos – da gestão de projetos é incrementada por um adequado treinamento. Entre os benefícios quantitativos ocasionados pelo treinamento em gestão de projetos, o autor cita: menor tempo para o desenvolvimento de produtos; decisões mais rápidas e qualificadas; redução dos custos; aumento das margens de lucros; redução da necessidade de pessoal; redução da burocracia; melhoria da qualidade e confiabilidade; redução da rotatividade de pessoal; implementação mais rápida das melhores práticas. E, entre os resultados qualitativos destaca: melhor visibilidade e foco nos resultados; melhor coordenação; moral elevado; aperfeiçoamento mais rápido dos gerentes; melhor controle; melhor relação com os clientes; aumento do apoio dos funcionários; diminuição dos conflitos.

Então, para aprofundar os conhecimentos relativos ao processo de gerenciamento de projetos, é necessário, primeiramente, defini-lo. Segundo o PMI (2000), o **gerenciamento de projetos consiste na aplicação de conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto, a fim de satisfazer os seus requisitos e, atingir ou exceder as diferentes necessidades e expectativas das partes envolvidas ou interessadas – clientes, organização empreendedora, parceiros, fornecedores, instituições financeiras, órgãos jurídicos ou legais, etc. –, com relação ao projeto, o que invariavelmente envolve o equilíbrio entre demandas concorrentes: escopo, prazo, custo e qualidade.**

De uma forma geral, o modelo de gerenciamento de projetos³⁸ é organizado em cinco grupos de um ou mais processos cada, como mostra a Figura 2.8. Os vetores representam o fluxo do processo e o de documentos. Os grupos de processos indicados são conectados pelas saídas de seus processos, isto é, os resultados de um tornam-se entradas de outros. Como observado anteriormente, as atividades dos grupos de processos de gerenciamento sobrepõem-se em cada fase do projeto, fazendo com que as interações ocorram em todas as fases, caracterizando a natureza integrada do gerenciamento de projetos.

³⁷ 1. Nossos clientes realmente nos amam, de maneira que eles não se importam se os nossos produtos demoram a ser lançados no mercado e não funcionam adequadamente. 2. Passar a gerenciar os projetos não é compatível com nossa cultura, e a última coisa que necessitamos com relação a isso são mudanças. 3. Todos os nossos projetos são fáceis e nunca têm problemas de custos, de programação e riscos técnicos. 4. Não somos hábeis o suficiente para implementar o gerenciamento de projetos sem sufocar a criatividade e ofender nossos técnicos. 5. Devemos entender as necessidades dos nossos clientes e documentar uma grande quantidade de material, e isto é uma chateação. 6. O gerenciamento de projetos requer integridade e coragem, de maneira que eles teriam que nos pagar mais por isso. 7. Nossos chefes não fornecem o apoio necessário para o gerenciamento dos projetos; eles querem que obtenhamos melhores resultados através de mágica. 8. Teríamos que aplicar o gerenciamento de projetos cegamente em todos os projetos, indiferentemente do tamanho e complexidade, e tudo isso não faria sentido algum. 9. Sei que há uma boa base de conhecimento desenvolvida sobre gerenciamento de projetos, mas eu não posso achá-la sob a desordem de minha mesa. 10. Imaginamos ser mais lucrativo ter 50% de horas extras do que gastar 10% em gerenciamento de projetos para ajustá-los.

³⁸ O gerenciamento de projetos inclui o planejamento, a organização, a supervisão e o controle de todos os aspectos do projeto, em um processo contínuo, para alcançar seus objetivos (ABNT, 2000), tanto no aspecto técnico quanto organizacional, o que envolve atingir ou exceder as necessidades e expectativas das partes envolvidas com relação a demandas concorrentes: escopo, prazo, custo e qualidade.

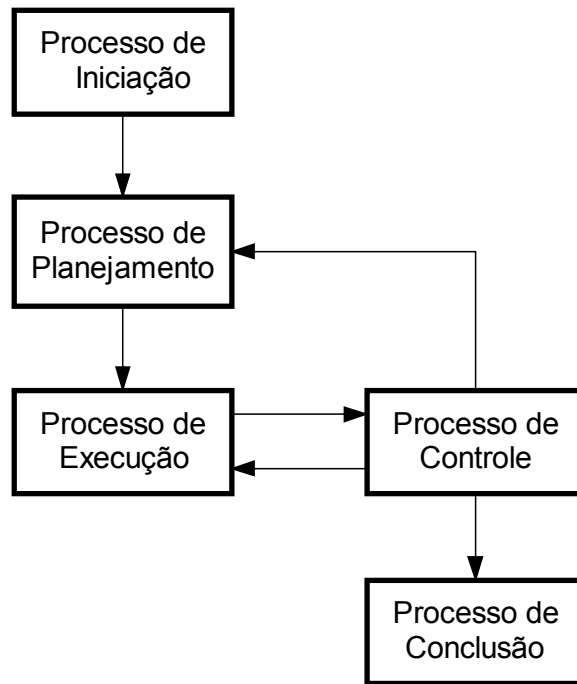


Figura 2.8 – Processos envolvidos no gerenciamento de projetos.
Fonte: Adaptado do PMI (2000).

O processo de **iniciação** é o de reconhecimento formal da existência do desenvolvimento de um novo projeto. Em geral, um projeto não é formalmente iniciado até que um estudo, da demanda de mercado, seja realizado.

O **planejamento** possui grande relevância para o gerenciamento, pois implica na elaboração do plano do projeto do produto, que orienta o processo de execução na busca dos objetivos.

O processo de **execução** se refere à coordenação das pessoas e de outros recursos para levar a cabo o plano do projeto do produto. Em outras palavras, é o responsável pela dinâmica do projeto, executando as atividades planejadas.

O processo de **controle**, como o próprio nome denota, realiza o acompanhamento do processo de execução, segundo as metas traçadas durante o planejamento do projeto, permitindo o monitoramento do andamento do projeto.

O processo de **conclusão**, por sua vez, envolve o encerramento formal do projeto.

Os conhecimentos envolvidos no gerenciamento de projetos são organizados, segundo o PMI (2000), em nove áreas distintas, apresentadas no Quadro 2.2. Cada área trata de um subconjunto do gerenciamento de projetos que engloba processos específicos, e que tem uma abrangência própria, mas que está integrada com as demais, formando um todo único e organizado.

Quadro 2.2 – Áreas abrangidas pelo gerenciamento de projetos.

Área	Descrição
Integração	Engloba três processos necessários para assegurar que os diversos elementos do projeto sejam adequadamente coordenados: (1) elaboração do plano do projeto – integração e coordenação de todos os planos do projeto, de maneira a gerar um documento consistente e coerente; (2) execução do plano do projeto – através da execução das atividades nele incluídas; e, (3) controle integrado de alterações – coordenação das alterações ao longo do projeto.
Escopo	Abrange os processos requeridos para que o projeto inclua todas as atividades necessárias. Estes processos visam traduzir as necessidades do cliente, e de outras partes interessadas, em atividades a serem organizadas e realizadas para alcançar os objetivos do projeto, assegurar que as pessoas trabalhem dentro do escopo e que as atividades realizadas atendam aos requisitos descritos. Envolve a iniciação do projeto, o planejamento escopo, a definição do escopo, a verificação do escopo e o controle de alterações do escopo.
Tempo	Reune os processos necessários para assegurar a conclusão do projeto no prazo previsto. Envolve a definição das atividades, o seqüenciamento, a estimativa de duração, a elaboração e o controle do cronograma do projeto.
Custo	Engloba os processos necessários para assegurar que o projeto seja concluído dentro do orçamento previsto. Envolve o planejamento de recursos, a estimativa de custos, a orçamentação (distribuição da estimativa total de custos entre as atividades individuais do projeto) e o controle de custos e desvios sobre o orçamento do projeto.
Qualidade	Compreende os processos necessários para assegurar que o projeto satisfaça as necessidades para as quais foi criado. Envolve o planejamento da qualidade, a garantia da qualidade e o controle da qualidade.
Recursos humanos	Inclui os processos requeridos para assegurar a utilização mais eficaz do pessoal envolvido no projeto. Envolve o planejamento organizacional, a formação e o desenvolvimento da equipe.
Comunicações	Reune os processos que asseguram a geração, aquisição, coleta, divulgação, armazenagem e disposição final e apropriada das informações do projeto. Envolve o planejamento das comunicações, a distribuição de informações, o relatório de desempenho e o encerramento administrativo do projeto.
Riscos	Engloba os processos envolvidos com o planejamento do gerenciamento de riscos, a identificação de riscos, a análise qualitativa de riscos, a análise quantitativa de riscos, o planejamento de respostas a riscos e a monitoração e controle de riscos.
Aquisições ou suprimentos	Abrange os processos necessários a garantia da aquisição de bens e serviços fora da organização executora do projeto. Envolve o planejamento das aquisições, o planejamento da solicitação de compra, a solicitação de compra, a seleção dos fornecedores, a administração de contratos e o encerramento de contratos.

Fonte: Adaptado de PMI (2000).

Neste sentido, o papel do gerenciamento de projetos recai sobre a integração de vários processos, ou seja, o mesmo não é um processo individual, mas integrado e apoiado em seus relacionamentos, situação operacional e utilização de recursos (Miller, 1993).

Observa-se, portanto, que o processo de gerenciamento de projetos, no contexto deste trabalho, está relacionado com a descrição e a organização do trabalho a ser realizado durante o desenvolvimento do produto.

O mapeamento dos processos de gerenciamento de projetos em relação aos cinco grupos de processos são apresentados no Quadro 2.3.

Quadro 2.3 – Mapeamento dos processos de gerenciamento de projetos em relação aos grupos de processos e às áreas de conhecimento.

Áreas de Conhecimento	Grupos de Processos				
	Iniciação	Planejamento	Execução	Controle	Encerramento
Integração		Elaboração do plano do projeto	Execução do plano do projeto	Controle integrado de alterações	
Escopo	Iniciação	Planejamento do escopo Definição do escopo		Verificação do escopo Controle de alterações do escopo	
Tempo		Definição das atividades Sequenciamento das atividades Estimativa de duração das atividades Elaboração do cronograma		Controle do cronograma	
Custos		Planejamento dos recursos Estimativas de custos Orçamentação		Controle de custos	
Qualidade		Planejamento da qualidade	Garantia da qualidade	Controle de qualidade	
Recursos Humanos		Planejamento organizacional Formação da equipe	Desenvolvimento da equipe		
Comunicações		Planejamento das comunicações	Distribuição de informações	Relatório de desempenho	Encerramento administrativo
Riscos		Planejamento do gerenciamento de riscos Identificação de riscos Análise qualitativa de riscos Análise quantitativa de riscos Planejamento de respostas a riscos		Monitoração e controle de riscos	
Aquisições		Planejamento das aquisições Planejamento das solicitações	Solicitações Seleção das fontes Administração dos contratos		Enceramento dos contratos

Fonte: PMI (2000).

O Quadro 2.3 revela que o planejamento possui um número maior de processos em relação aos demais grupos. Depreende-se o processo de planejamento é, então, de fundamental importância para o projeto e, portanto, não deve ser tratado como algo autônomo.

A importância do processo de planejamento também é destacada por Dinsmore (1992). O autor afirma que de todas as decisões de gerenciamento de projetos, a de planejamento é a que possui o impacto potencialmente mais forte, já que inclui, entre outros, a fixação dos objetivos, a previsão de recursos, a prevenção de dificuldades e o esboço de soluções. Desta forma, pode-se avistar o panorama ou o cenário do

projeto e, assim, os planos podem ser traçados para dar a direção no momento da execução das tarefas inerentes à sua implantação.

Dentre os principais benefícios do planejamento de projetos, apontados por Vargas (2000), podem ser destacados:

- ◆ Evita surpresas durante a execução das atividades.
- ◆ Permite desenvolver diferenciais competitivos e novas técnicas, uma vez que toda a metodologia está sendo estruturada.
- ◆ Antecipa as situações desfavoráveis que poderão ser encontradas, para que ações preventivas e corretivas possam ser tomadas antes que essas situações se consolidem como problemas.
- ◆ Adapta os trabalhos ao mercado consumidor e ao cliente.
- ◆ Disponibiliza os orçamentos antes do início dos gastos.
- ◆ Agiliza as decisões, já que as informações estão estruturadas e disponibilizadas.
- ◆ Aumenta o controle gerencial de todas as fases a serem implementadas devido ao detalhamento ter sido realizado.
- ◆ Facilita e orienta as revisões da estrutura do projeto que forem decorrentes de modificações no mercado ou no ambiente competitivo, melhorando a capacidade de adaptação do projeto.
- ◆ Otimiza a alocação de pessoas, equipamentos e materiais necessários.
- ◆ Documenta e facilita as estimativas para futuros projetos.

Um dos pontos interessantes dos estudos de Kerzner (1998) está relacionado aos objetivos do planejamento do projeto. É fundamental definir, à medida do possível, todo o trabalho necessário para a execução do projeto e, isso se deve a:

- ◆ Se a tarefa é bem entendida antes de ser realizada, muito do trabalho pode ser pré-planejado.
- ◆ Se a tarefa não é entendida, então, durante a execução da mesma é necessário buscar mais conhecimento, exigindo que sejam feitas mudanças nos recursos alocados e no cronograma.
- ◆ Quanto maior a incerteza na tarefa a ser realizada, maior a quantidade de informações que deve ser processada, de maneira a garantir um desempenho aceitável.

Destacada a complexidade e a importância que é o desenvolvimento de um projeto, pode-se dizer que se deve sempre planejar, principalmente, porque diferentes pessoas ou organizações participam da ação, todos interessados ou pelo menos comprometidos na realização de um objetivo comum. Frente a essas considerações, é consenso dizer que o processo de planejamento é originariamente complexo pela sua natureza incerta e, dessa maneira, torna-se importante considerá-lo estratégico para o efetivo gerenciamento de projetos

de desenvolvimento de produtos. Logo, é com esse enfoque que se apresenta brevemente, o processo de planejamento³⁹.

Como pode ser verificado na prática, o trabalho de elaboração do plano do projeto varia de organização para organização, porém, segundo Meredith e Mantel Jr. (1995) alguns elementos são comuns a qualquer plano, citando por exemplo: visão geral do projeto; objetivos; abordagem geral; aspectos contratuais; cronograma; recursos; seleção de pessoal; métodos de avaliação e problemas potenciais. A partir destes elementos básicos pode-se desenvolver um planejamento mais detalhado, incluindo o orçamento e o gerenciamento geral do projeto. Todavia, como descreve Ferreira (1979), a noção do planejamento deve ser a mais simples e comum: o contrário da improvisação⁴⁰.

Como ilustrado anteriormente na Figura 2.8, o processo de planejamento possui duas entradas principais, a primeira proveniente do processo de iniciação e, a segunda, correspondente do processo de controle. A saída do processo de planejamento é sempre uma entrada para o processo de execução.

Dentre as principais informações provenientes do processo de iniciação tem-se (PMI, 2000): plano sumário do projeto ou carta de projeto ou termo de abertura do projeto – documento que reconhece formalmente a existência de um projeto, no qual são incluídas as necessidades comerciais ou de negócio que deram início à proposta e uma descrição do produto a ser desenvolvido; identificação e designação do gerente do projeto; e, restrições e premissas.

As informações relacionadas às entradas advindas do processo de controle para o processo de planejamento são, em essência, referentes a relatórios do desempenho do projeto, podendo ser constituídas, também, de pedidos de mudanças no plano do projeto (principal saída do processo de planejamento), resultando em alterações e/ou atualizações do escopo do projeto, do cronograma, das estimativas de custos, do pessoal envolvido, entre outras.

O modelo para o processo de planejamento a ser descrito é baseado no PMI (2000), e os processos envolvidos estão ilustrados na Figura 2.9. Na figura pode-se visualizar dois grupos de processos: essenciais e auxiliares. De acordo com o PMI (2000), os processos essenciais são dependentes de outros (p. ex. as atividades devem ser definidas antes de serem seqüenciadas ou orçadas). Além disso, os processos essenciais de planejamento podem ser repetidos várias vezes em qualquer fase do ciclo de vida do projeto. Os processos auxiliares são executados intermitentemente ao longo do projeto, conforme necessário. Em alguns projetos pode haver riscos pequenos ou não identificáveis até que a maior parte do planejamento esteja pronta.

³⁹ Este e os demais processos de gerenciamento de projetos podem ser vistos detalhadamente em Romano (1999).

⁴⁰ Todavia, sabe-se que embora algumas empresas desenvolvam produtos com um planejamento mais formal, outras o fazem sem planejamento algum. Ferreira (1979) descreve que quando se tem um objetivo em vista, como é o caso do desenvolvimento de um produto, e se está decidido a alcançá-lo, decide-se por planejar. Caso contrário, improvisa-se todas as ações. Verifica-se, então, que o critério é o de querer chegar a algo, ou seja, ter uma meta em vista que realmente interessa realizar, quer por uma escolha pessoal ou resultante de uma decisão coletiva. Campos (1996) define claramente o conceito de meta, quando faz a introdução ao planejamento. Uma meta é um ponto a ser atingido no futuro. Assim, planejar é definir aquilo que tem que ser feito para que a meta seja atingida. Campos (1996) acrescenta que gerenciar é atingir metas, não existindo, portanto, gerenciamento sem meta.

Por exemplo, se o cronograma indicar que os objetivos de prazo são muito apertados, altos riscos podem ser identificados e, neste caso, o processo de análise e planejamento de respostas aos riscos pode ser iniciado. Caso contrário ele não é realizado.

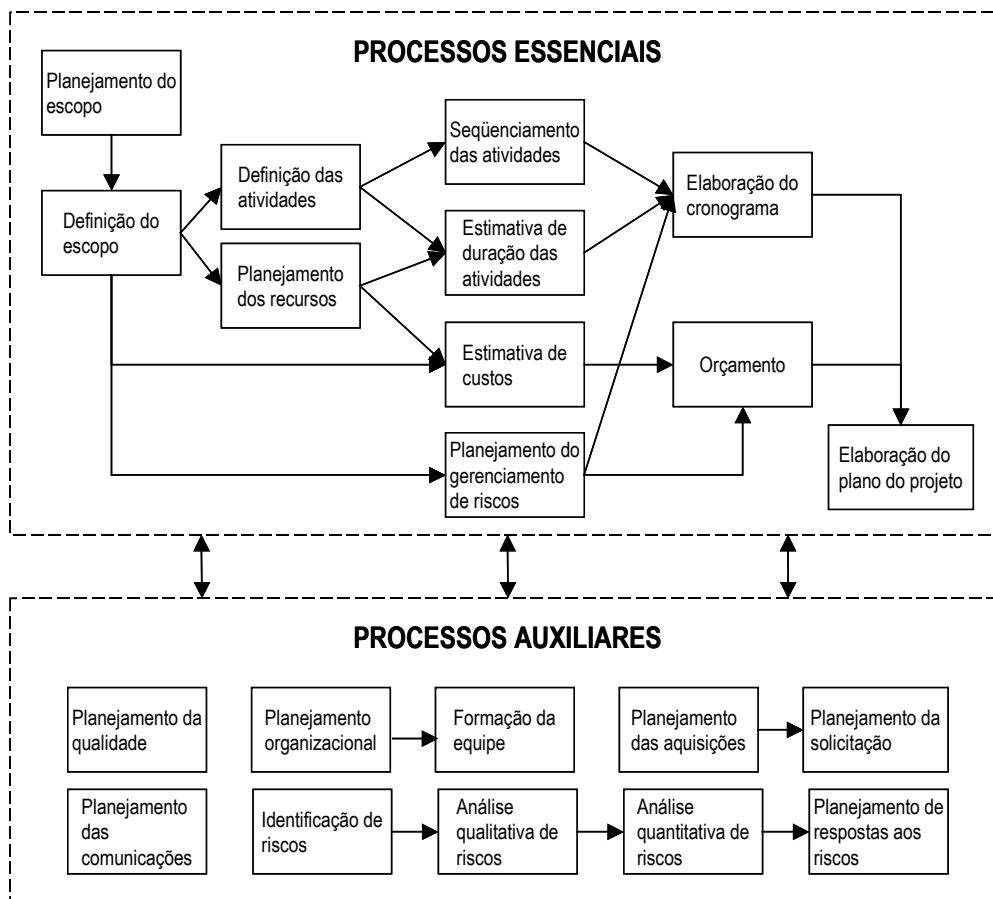


Figura 2.9 – Relações entre os processos de planejamento.
Fonte: adaptado do PMI (2000).

O **planejamento do escopo** é o processo de desenvolvimento da declaração de trabalho, ou seja, do documento que formaliza o escopo de todas as atividades a serem desenvolvidas no projeto, servindo de base para futuras decisões, em particular, os critérios usados para determinar se o projeto ou fase foi completado com sucesso, e para estabelecer um entendimento comum do que deve ser realizado entre as partes envolvidas. Deve conter, diretamente ou através de referência a outros documentos, os seguintes itens:

- ◆ A justificativa do projeto – objetivo implícito ou razão de ser do projeto, o benefício gerado por ele.
- ◆ Os produtos do projeto – bens ou resultados físicos que se espera obter ao término do projeto.
- ◆ Os subprodutos do projeto – resultados físicos ou semiprodutos obtidos ao longo do projeto, usados para medir ou avaliar o desempenho do mesmo através de marcos ou etapas no cronograma.
- ◆ Os objetivos do projeto – representação formal daquilo que se quer atingir com o término do projeto, através de critérios quantificáveis envolvendo tempo, custo e qualidade.

Com o progresso do projeto, a declaração do escopo pode necessitar de uma revisão, para refletir as mudanças ocorridas. Neste caso, deve ser elaborado o plano de gerenciamento do escopo – documento que pode ser formal ou informal, muito detalhado ou bastante amplo, dependendo das necessidades do projeto –, cujo objetivo é descrever os procedimentos que serão utilizados para gerenciar todo o escopo do projeto. O plano de gerenciamento do escopo é um elemento componente do plano geral do projeto, e deve indicar: como o escopo do projeto deve ser gerenciado; com que frequência o escopo deve ser reavaliado; dentro de qual orçamento as mudanças de escopo devem ser enquadradas; como as mudanças de escopo devem ser identificadas, classificadas e priorizadas; quais os procedimentos para o atendimento de uma necessidade de mudança de escopo não prevista no plano; como e com que frequência o plano de gerenciamento de escopo deve ser revisto; quem deve ser o responsável pelo gerenciamento e pelo seu controle.

A **definição do escopo** envolve a subdivisão dos maiores resultados do projeto, em menores, mais facilmente gerenciáveis, de maneira a aumentar a exatidão das estimativas de custos, tempos e recursos. Também serve para definir uma base de referência para medição e controle do desempenho e a designar as responsabilidades de cada envolvido no projeto.

Como resultado principal deste processo tem-se a confecção da estrutura de decomposição do projeto⁴¹ (EDP), que é uma técnica utilizada para desmembrar um projeto em seus componentes e partes (pacotes de trabalho). Serve de base para o planejamento do projeto pois permite:

- ◆ Que se veja a contribuição dos pacotes de trabalho no projeto principal; o direcionamento das equipes, dos recursos e das responsabilidades.
- ◆ Determinar quais são os materiais necessários para execução de cada pacote de trabalho.
- ◆ Determinar o custo final do projeto a partir do custo de cada pacote.
- ◆ Um agrupamento dos elementos de projeto de forma que qualquer tarefa realizada que não esteja nele contido esteja fora do escopo do projeto.

Apesar de cada projeto ser único, a EDP de projetos anteriores pode ser frequentemente usada como um modelo para um novo projeto, desde que os projetos se assemelhem em alguma particularidade.

A **definição das atividades** é o processo que envolve a identificação das atividades específicas a ser realizadas com a finalidade de produzir os diversos subprodutos identificados na EDP. Logo, a saída principal é a lista de atividades, que inclui todos os trabalhos que serão realizados no projeto, com descrições completas, devendo ser organizada de acordo com a EDP, para assegurar que esteja completa e que não inclua qualquer tarefa desnecessária ao atendimento do escopo do projeto.

O **planejamento dos recursos** abrange a determinação dos recursos físicos necessários (equipamentos, material e pessoal) à execução das atividades. Podem ser definidos através de informações contidas em projetos anteriores, bem como sobre os recursos disponíveis. São auxiliares do processo de

⁴¹ Também conhecida como estrutura analítica do trabalho e/ou do projeto – WBS (*Work Breakdown Structure*), PMI (2000).

planejamento dos recursos, os processos de planejamento organizacional⁴² e de formação da equipe, bem como o planejamento das aquisições e das solicitações⁴³.

O **seqüenciamento das atividades** envolve a identificação e a documentação das relações de dependência entre as mesmas, de modo a suportar o desenvolvimento de um cronograma executável para o projeto. As dependências podem ser classificadas como obrigatórias (inerentes à natureza do projeto), arbitrárias (definidas pelas melhores práticas de projeto) e, externas (não relacionadas à atividade). Diversas técnicas são utilizadas para o seqüenciamento das atividades, tais como o método do diagrama de precedência⁴⁴ e a técnica de avaliação e análise gráfica⁴⁵, porém, todas com o objetivo de criação de um diagrama de rede do projeto que demonstre esquematicamente as relações lógicas das atividades do projeto.

A **estimativa de duração das atividades** consiste em determinar o período de tempo necessário para realizar cada atividade do projeto. Normalmente, este processo é conduzido em paralelo à alocação de recursos nas atividades, uma vez que existe uma dependência intrínseca entre duração e quantidade de recursos. Para auxiliar o processo, utiliza-se normalmente: opinião especializada, baseada em informações históricas; estimativas por analogia, onde se usam os valores reais de durações de projetos anteriores ou similares para estimar a duração de uma atividade futura; e, simulações, que envolvem calcular as múltiplas durações com diferentes conjuntos de premissas.

A **estimativa de custos** consiste em calcular o custo⁴⁶ dos recursos necessários à implementação das atividades do projeto. Envolve identificar e considerar as várias alternativas de custos, de modo a construir a melhor e mais precisa estimativa de custo possível.

Com relação às técnicas para realizar esse processo destacam-se: estimativas por analogias, com base em projetos anteriores similares; estimativas de baixo para cima (*bottom-up*), onde o custo total do projeto é estimado através da soma dos itens individuais de trabalho; modelo paramétrico, onde se utilizam características do projeto (parâmetros) em modelos matemáticos para prever os custos do mesmo; ferramentas

⁴² Segundo o PMI (2000), envolve identificar, documentar as responsabilidades e as relações hierárquicas entre as pessoas do projeto. É, na maioria das vezes, fortemente ligado ao planejamento das comunicações, visto que a estrutura organizacional do projeto terá um efeito maior nos requisitos de comunicação do projeto. A principal saída do planejamento organizacional é a matriz de designação de responsabilidade – que define as funções (quem faz o que) e responsabilidades (quem decide o que) do projeto –, e o plano de gerenciamento de pessoal – documento formal ou informal, muito detalhado ou bastante amplo, dependendo das necessidades do projeto –, que descreve os procedimentos que devem ser utilizados para gerenciar os recursos humanos envolvidos no projeto. Nesse plano deve estar documentado: o organograma do projeto; a frequência com que o resultado da equipe é avaliado; o procedimento de recrutamento e de treinamento da equipe; os parâmetros dos benefícios e das recompensas da equipe do projeto; como as alterações na equipe devem ser identificadas, classificadas e priorizadas; por meio de quais procedimentos deve ser atendida uma necessidade de contratação, ou treinamento, não prevista no plano; como e com que frequência o plano de gerenciamento de pessoal deve ser revisto; quem deve ser o responsável pelo gerenciamento e pelo controle do plano de gerenciamento de pessoal.

⁴³ O planejamento das solicitações, conforme denomina o PMI (2000), é também encontrado com o nome de planejamento ou preparação das licitações, planejamento do processo de requisição (Vargas, 2000), documentação de requisitos de suprimentos (ABNT, 2000). Consiste em identificar quais necessidades do projeto podem ser melhor atendidas através da contratação de produtos ou serviços fora da organização do projeto (PMI, 2000). Envolve considerações sobre quando, como, o que, quanto, e onde contratar.

⁴⁴ *Precedence Diagramming Method* (PDM), técnica de diagramação de rede que utiliza nós para representar as atividades, as quais são conectadas por vetores (flechas) que indicam as precedências (PMI, 2000).

⁴⁵ *Graphical Evaluation and Review Technique* (GERT), técnica de análise de rede que permite o tratamento condicional e probabilístico das relações lógicas, ou seja, algumas atividades podem não ser realizadas (PMI, 2000).

⁴⁶ De acordo com Vargas (2000), o custo de uma atividade é calculado pela soma dos custos dos recursos envolvidos na execução da mesma com os custos indiretos – provenientes da infra-estrutura administrativa (supervisão, administração, instalações físicas, etc.).

computadorizadas, tais como softwares de gerenciamento de projeto e planilhas eletrônicas, que podem simplificar o uso das técnicas descritas acima e, portanto, agilizar as considerações de muitas alternativas de custo.

Devido ao grau de incerteza que envolve as estimativas de custo, PMI (2000) recomenda a apresentação das mesmas juntamente com a indicação da variação dos resultados possíveis. Além das estimativas de custo, outra saída do processo é o plano do gerenciamento de custos, no qual são descritos: como os custos do projeto devem ser gerenciados; com que frequência o orçamento deve ser reavaliado; como as mudanças nos custos devem ser identificadas, classificadas e priorizadas; quais os procedimentos para o atendimento de uma necessidade de investimento, ou capital, não prevista no plano; como e com frequência o plano de gerenciamento de custos deve ser revisto; quem deve ser o responsável pelo gerenciamento e pelo controle do plano de gerenciamento de custos.

O **planejamento do gerenciamento de riscos** consiste no processo através do qual se decide como abordar e planejar as atividades relacionadas aos riscos de um projeto. A saída principal é o plano de gerenciamento de riscos, que descreve como pode ser feita a estruturação e a execução dos processos de identificação⁴⁷, análises qualitativas⁴⁸ e quantitativas⁴⁹, planejamento das respostas⁵⁰, monitoramento e controle de riscos durante o ciclo de vida do projeto. O plano de gerenciamento de riscos pode incluir:

- ◆ Metodologia – define as abordagens, as ferramentas e as fontes de dados que podem ser usadas para executar o gerenciamento dos riscos.
- ◆ Funções e responsabilidades – define a liderança, o apoio e a formação da equipe de gerenciamento de riscos adequada para cada tipo de ação do plano elaborado.
- ◆ Orçamento – estabelece o orçamento para o gerenciamento de riscos do projeto.
- ◆ Frequência – define com que frequência o processo será executado durante o ciclo de vida do projeto.
- ◆ Métodos de pontuação e interpretação – define métodos adequados para o tipo e frequência das análises qualitativa e quantitativa de riscos.
- ◆ Limites de tolerância – define um limite de tolerância que determina uma ação, quem executa e de que forma. O limite de tolerância aceitável forma a meta contra a qual a equipe mede a eficácia da execução do plano de respostas a riscos.
- ◆ Conteúdo e formato de relatórios – define como os resultados do processo são documentados, analisados e comunicados à equipe do projeto, aos interessados internos e externos, aos patrocinadores e outros.

⁴⁷ O processo de identificação de riscos consiste em determinar os riscos que podem afetar o sucesso do projeto e verificar quais são suas características (PMI, 2000).

⁴⁸ A análise qualitativa de riscos consiste no processo pelo qual se avalia o impacto de um risco e a probabilidade de ele ocorrer. Esse processo prioriza os riscos de acordo com seu efeito potencial sobre os objetivos do projeto. É uma das maneiras usadas para determinar a importância de se responder a riscos específicos e guiar as respostas a esses riscos (PMI, 2000).

⁴⁹ O processo de análise quantitativa de riscos tem o objetivo de analisar numericamente a probabilidade de ocorrência de cada risco e suas implicações para os objetivos do projeto, como também a extensão do risco para o projeto em geral (PMI, 2000).

⁵⁰ O planejamento de respostas a riscos é o processo pelo qual se desenvolvem opções e se determinam ações que venham a realçar as oportunidades e reduzir as ameaças aos objetivos do projeto (PMI, 2000).

- ◆ Outros – define como registrar todas as facetas das atividades relacionadas a riscos, a fim de beneficiar o projeto atual, as necessidades futuras e as lições aprendidas.

Definidas as estimativas de duração das atividades, custos, seqüenciamento e o plano de gerenciamento dos riscos, passa-se à **elaboração do cronograma**, que determina as datas de início e término para cada uma das atividades do projeto. As principais técnicas empregadas para definir estas datas são:

- ◆ Análise matemática – que envolve o cálculo de datas teóricas de início e término para todas as atividades do projeto, considerando as limitações de recursos. As datas resultantes indicam os períodos de tempo dentro dos quais as atividades devem ser programadas. As técnicas de análise matemática mais conhecidas são: método do caminho crítico⁵¹ (CPM); técnica de avaliação e análise gráfica (GERT); técnica de avaliação e análise de programas⁵² (PERT).
- ◆ Compressão da duração – é um caso especial da análise matemática que busca alternativas para reduzir o cronograma sem provocar mudanças no escopo do projeto. Uma das técnicas utilizadas chama-se compactação (*crashing*), onde se faz uma escolha entre o custo e o cronograma de forma a obter, se possível, a maior compressão da duração pelo menor custo. A outra técnica, conhecida por caminho rápido (*fast tracking*), consiste na realização de atividades em paralelo, daquelas normalmente feitas seqüencialmente.
- ◆ Nivelamento dos recursos – consiste em realocar os recursos de atividades não críticas para atividades críticas.
- ◆ Softwares de gerenciamento de projeto – automatizam os cálculos das análises matemáticas e do nivelamento dos recursos e permitem uma rápida avaliação de muitas alternativas de cronograma. São amplamente usados para imprimir ou apresentar as saídas do desenvolvimento do cronograma.

Os resultados do processo de elaboração do cronograma podem ser apresentados na forma de gráficos de Gantt, diagramas de rede com escala de tempo, gráficos de eventos limite (marcos), entre outros. Durante o processo também é desenvolvido o plano de gerenciamento do cronograma, no qual são definidos como as mudanças de cronograma são gerenciadas.

⁵¹ Do inglês *Critical Path Method*. É uma técnica de análise de rede utilizada para prever a duração do projeto mediante análise da seqüência das atividades (qual caminho) que apresenta a menor flexibilidade em termos de cronograma (a menor folga). As datas mais cedo são calculadas através do caminho de ida usando uma data de início específica. As datas mais tarde são calculadas através do caminho de volta a partir de uma data de conclusão especificada (normalmente, a data mais cedo de conclusão do projeto é calculada no caminho de ida) (PMI, 2000).

⁵² Do inglês *Program Evaluation and Review Technique*. É uma técnica de análise de rede orientada para eventos, utilizada para calcular a duração de um programa quando existe incerteza nas estimativas de duração da atividade individual. A técnica PERT aplica o método do caminho crítico (CPM) através de durações calculadas por uma média ponderada das estimativas de duração otimista, pessimista e mais provável. A técnica PERT calcula o desvio padrão da data de conclusão com base na duração das atividades do caminho (PMI, 2000).

A **elaboração do orçamento** envolve a alocação das estimativas de custos a cada item de trabalho, de modo a estabelecer uma base de referência de custos para medir o desempenho do projeto, apresentadas, normalmente, em escala temporal, geralmente, na forma de Curva-S⁵³.

Como último processo de planejamento tem-se a **elaboração do plano do projeto**, que utiliza as saídas de outros processos de planejamento para criar um documento consistente, coerente e formal, que deve ser aprovado e usado para: guiar a execução do projeto; documentar as premissas relativas ao planejamento do projeto; documentar as decisões em relação às alternativas escolhidas; facilitar a comunicação entre os envolvidos; definir as revisões do conteúdo, extensão e cronograma; prover uma base de referência para medição do progresso e o controle do projeto.

Diversas são as maneiras de organizar este documento, porém, normalmente são incluídos (Vargas, 2000; PMI, 2000):

- ◆ A visão geral dos objetivos, metas e escopo do projeto de uma maneira resumida e macro para atender aos altos executivos do projeto.
- ◆ O objetivo detalhado do projeto para atender ao gerente e à equipe do projeto.
- ◆ O nome e as responsabilidades do gerente e da equipe do projeto.
- ◆ O organograma do projeto.
- ◆ Estudo técnico da solução a ser adotada pelo projeto.
- ◆ Aspectos contratuais quanto à participação de elementos externos ao projeto.
- ◆ Estrutura de decomposição do projeto (estrutura analítica do projeto).
- ◆ Cronogramas.
- ◆ Principais marcos com suas datas.
- ◆ Utilização de recursos pelo projeto.
- ◆ Análise de custos, fluxos de caixa, etc.
- ◆ Necessidade de contratação e treinamento de pessoal.
- ◆ Linhas de base de desempenho de custos e prazos.
- ◆ Modelos de avaliação dos índices de qualidade e desempenho a serem atingidos pelo projeto.
- ◆ Potenciais obstáculos a serem enfrentados pelo projeto, e possíveis soluções.
- ◆ Planos secundários: plano de gerenciamento de escopo; plano de gerenciamento de tempo; plano de gerenciamento de custos; plano de gerenciamento da qualidade⁵⁴; plano de gerenciamento de recursos

⁵³ Representação gráfica dos custos cumulativos, horas de mão-de-obra, porcentagem de trabalho ou outras quantidades, indicando sua evolução no tempo. O nome se origina do formato parecido com um S da curva (mais plana no começo e no fim e de curvatura mais acentuada no centro) gerada em projeto que começa lentamente, se agiliza e em seguida diminui o ritmo. (PMI, 2000).

⁵⁴ Plano de gerenciamento da qualidade – documento formal ou informal, muito detalhado ou bastante amplo, dependendo das necessidades do projeto –, que descreve os procedimentos que devem ser utilizados para gerenciar todos os aspectos da qualidade do projeto. Nesse plano deve estar documentado: como os requisitos de qualidade do projeto devem ser gerenciados; como as mudanças nos requisitos de qualidade devem ser integradas ao projeto; com que frequência os aspectos de qualidade do projeto devem ser reavaliados; dentro de qual orçamento as necessidades de mudança na qualidade devem se enquadrar; como as variações nos requisitos de qualidade devem ser identificadas, classificadas e priorizadas; por meio de que procedimento será atendido uma necessidade de mudança nos padrões de qualidade não prevista no plano; como e com que frequência o plano de gerenciamento da qualidade deve ser revisto; que deve ser o responsável pelo gerenciamento e pelo controle do plano de gerenciamento da qualidade (PMI, 2000).

humanos; plano de gerenciamento das comunicações⁵⁵; plano de gerenciamento de riscos; plano de gerenciamento de contratos.

Como descrito anteriormente, uma vez aprovado o plano do projeto, é iniciado o processo de execução, responsável pela coordenação das pessoas e de outros recursos de modo que o plano do projeto do produto seja implementado.

Neste processo é gasto a maior parte do orçamento do projeto, abrangendo a macrofase de projeção e as fases de preparação da produção e lançamento do produto no mercado.

A Figura 2.10 ilustra como o processo de execução interage com os seguintes processos auxiliares:

- ◆ Garantia da qualidade – avaliação regular do desempenho geral do projeto, para gerar confiança no sucesso em alcançar os padrões de qualidade.
- ◆ Desenvolvimento da equipe – aumento das aptidões individuais e da equipe, visando à melhoria do desempenho do projeto.
- ◆ Distribuição das informações – disponibilidade das informações necessárias para os interessados no projeto, no momento oportuno, reuniões⁵⁶.
- ◆ Solicitação – Obtenção de cotações, licitações, ofertas e propostas, conforme apropriado.
- ◆ Seleção das fontes – escolha entre vários fornecedores em potencial.
- ◆ Administração dos contratos – administração do relacionamento com o fornecedor.

⁵⁵ Plano de gerenciamento das comunicações – documento formal ou informal, muito detalhado ou bastante amplo, dependendo das necessidades do projeto –, que descreve os procedimentos que serão utilizados para gerenciar todo o processo de comunicação no projeto. Nesse plano devem estar documentados: os métodos que devem ser utilizados para coletar e armazenar as informações; a estrutura de distribuição das informações; os meios de comunicação a serem utilizados (e-mail, relatórios impressos, reuniões, etc.); o cronograma de geração dos relatórios do projeto, informando o que deve estar contido no relatório, qual a periodicidade, a quem se destina, como deve ser entregue e quais são os objetivos; o cronograma de todas as reuniões de rotina no projeto; um exemplo de cada relatório a ser criado, bem como das atas de reunião; quais os procedimentos para o atendimento de uma necessidade de comunicação não prevista no plano; como com que frequência o plano de gerenciamento das comunicações deve ser revisado; quem deve ser o responsável pelo gerenciamento e pelo controle d plano de gerenciamento das comunicações (PMI, 2000).

⁵⁶ De acordo com Verzuh (2000), as reuniões de projeto podem ser de três tipos:

- Reunião para estabelecer a atribuição das tarefas; explicar quais são os resultados do projeto; deixar claro quanto ao nível de empenho esperado nas datas devidas; informar sobre qualquer possível obstáculo ou sobre informações especiais.
- Reuniões individuais de acompanhamento.
- Reuniões de acompanhamento do projeto, que dão ao gerente de projeto a oportunidade para: (i) aumentar a coesão da equipe; (ii) manter a equipe informada sobre o desenvolvimento do projeto executado pelas fontes externas à equipe; (iii) identificar os problemas potenciais ou informar sobre as soluções de problemas em comum; (iv) assegurar que a equipe entende o progresso do projeto e trabalha em conjunto para determinar qualquer alteração necessária ao plano do projeto; e, (v) ter certeza de que a equipe toda divide as responsabilidades de se cumprirem todos os objetivos do projeto.

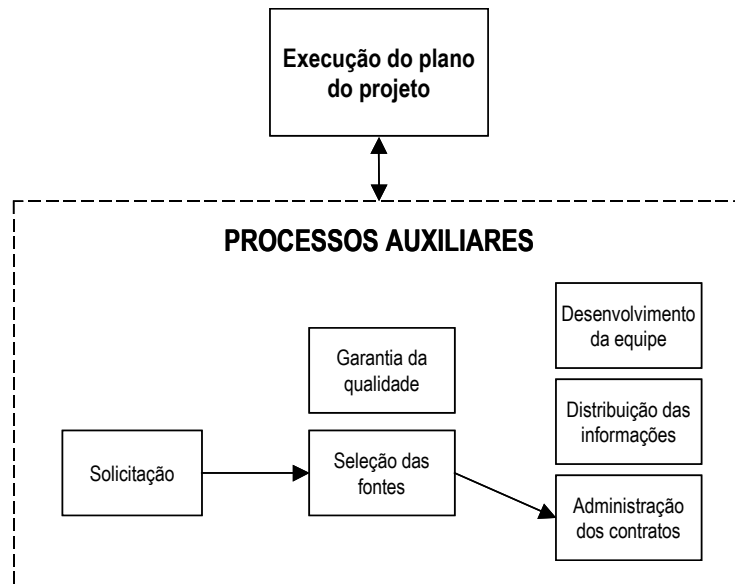


Figura 2.10 – Relações entre os processos de execução.
Fonte: Adaptado do PMI (2000).

O processo de **controle**, como o próprio nome denota, realiza o acompanhamento do processo de execução, segundo as metas traçadas durante o planejamento do projeto. Assim, o desempenho do projeto pode ser medido regularmente para identificar as variações do plano. Estes desvios são analisados, dentro dos processos de controle, nas diversas áreas de conhecimento. Na medida em que são identificados desvios significativos (aqueles que colocam em risco os objetivos do projeto), realizam-se ajustes no plano através da repetição dos processos de planejamento que sejam adequados àquele caso.

A Figura 2.11 ilustra como o processo de controle interage com os seguintes processos:

- ◆ Controle integrado de alterações – coordenação das alterações ao longo do projeto.
- ◆ Verificação do escopo – formalização da aceitação do escopo do projeto.
- ◆ Controle de alterações do escopo – controle das alterações realizadas no escopo do projeto.
- ◆ Controle do cronograma – controle das alterações realizadas no cronograma do projeto.
- ◆ Controle de custos – controle das alterações do orçamento do projeto.
- ◆ Controle de qualidade – monitoramento dos resultados específicos do projeto a fim de determinar se esses estão de acordo com os padrões de qualidade, e identificação de formas de eliminação das causas de um desempenho insatisfatório.
- ◆ Relatório de desempenho – coleta e divulgação de informações sobre o desempenho de tempo, custos, etc.
- ◆ Monitoração e controle de riscos – acompanhamento de riscos identificados, monitoramento de riscos residuais e identificação de novos riscos, de maneira a assegurar a execução de planos de riscos e a avaliação de sua eficácia em reduzir riscos.

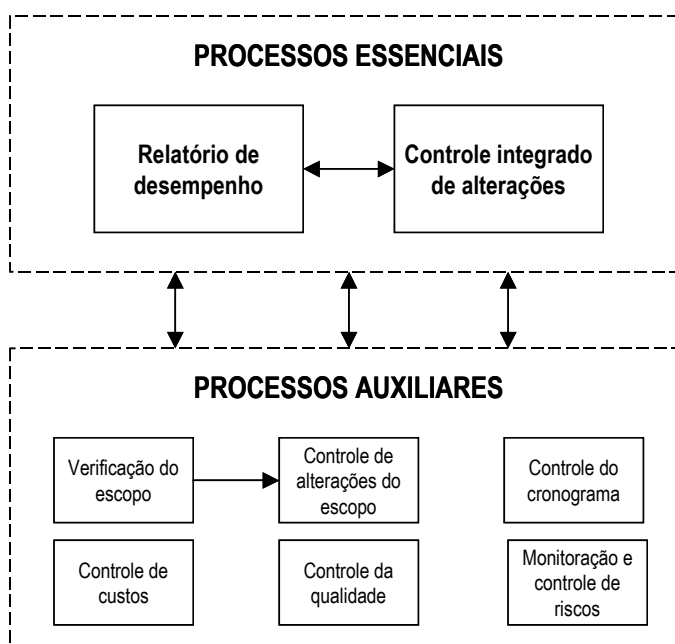


Figura 2.11 – Relações entre os processos de controle.
Fonte: Adaptado do PMI (2000).

O processo de **conclusão**, por sua vez, envolve o encerramento formal do projeto. A Figura 2.12 ilustra a interação entre os seguintes processos essenciais:

- ◆ Encerramento dos contratos – conclusão e liquidação dos contratos com a resolução de quaisquer itens em aberto.
- ◆ Encerramento administrativo – geração, coleta e divulgação de informações para que se formalize a conclusão do projeto, incluindo a avaliação do projeto e a compilação das lições aprendidas, para que sejam usadas no planejamento dos próximos projetos.

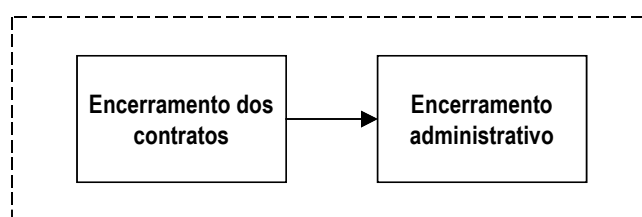


Figura 2.12 – Relações entre os processos de conclusão.
Fonte: Adaptado do PMI (2000).

2.4. A ENGENHARIA SIMULTÂNEA INTEGRADA AO PROCESSO DE GERENCIAMENTO DE PROJETOS

Considerando os avanços no processo de desenvolvimento de produtos verificados nas últimas décadas, pode-se dizer que os princípios da engenharia simultânea⁵⁷, aliados aos processos de gerenciamento de projetos, colaboram sobremaneira para que as empresas aumentem suas competências, resultando em maior competitividade mercadológica.

A implementação e utilização dos princípios da engenharia simultânea⁵⁸ têm-se mostrado uma alternativa para a melhoria do desenvolvimento de produtos e processos em diversos setores industriais, com expressivos ganhos, conseguidos através do paralelismo de atividades de projeto e o conseqüente encurtamento do tempo global de desenvolvimento do produto⁵⁹, bem como da diminuição de problemas de produção e de uso decorrentes do projeto, através de uma maior e precoce interação entre os envolvidos.

A engenharia simultânea impõe a concretização das várias etapas e processos da gestão de um projeto paralelamente e não em seqüência. Isto significa que a Engenharia, a Pesquisa e Desenvolvimento, Produção e Marketing devem estar integrados desde o começo de um projeto, antes mesmo da realização de qualquer de suas atividades. [...] A engenharia simultânea pode ser a principal força motriz para a crescente aceitação da gestão de projetos moderna. (Kerzner, 2002, p.196).

⁵⁷ Diversas denominações são empregadas para a engenharia simultânea, tais como, engenharia integrada, projeto para produção, desenvolvimento integrado do produto, engenharia concorrente, entre outros. Entretanto, é importante ressaltar que, na língua inglesa, as expressões *simultaneous engineering* e *concurrent engineering* possuem o mesmo sentido, uma vez que *simultaneous* e *concurrent* são sinônimos e, segundo Cowie (1994), significam aquilo que existe, ocorre ou é feito ao mesmo tempo. Frequentemente, encontra-se nos textos escritos em português, a tradução das expressões acima como sendo engenharia simultânea e engenharia concorrente. Todavia, procedendo uma análise denotativa dos vocábulos envolvidos, verifica-se que os mesmos não são sinônimos. Segundo Ferreira (1999), simultâneo é aquilo que ocorre ou é feito ao mesmo tempo, ou quase ao mesmo tempo, que outra coisa; e, concorrente, por sua vez, é qualquer coisa ou pessoa que concorre, competidor. Logo, conclui-se que o uso da expressão engenharia concorrente não reproduz o significado do tema em estudo. (Romano, 2000a).

⁵⁸ Para Canty, *apud* Molloy e Browne (1993), a engenharia simultânea é uma filosofia e, também, um ambiente. Como filosofia, é baseada no reconhecimento de cada indivíduo de suas próprias responsabilidades para com a qualidade do produto, e como um ambiente, é baseada no projeto paralelo do produto e dos processos que o afetam ao longo de seu ciclo de vida. Segundo Noble (1993), engenharia simultânea é tipicamente definida como a integração dos processos de projeto: do produto e de manufatura. O objetivo desta integração é reduzir o tempo de desenvolvimento do produto, reduzir o custo e fornecer um produto que melhor atenda às expectativas dos clientes. De acordo com Kerzner (1998), a engenharia simultânea é uma tentativa de executar o trabalho em paralelo, melhor do que o realizado seqüencialmente – onde o grande inconveniente é que a concepção escolhida passará por todas as etapas de projeto sem uma avaliação detalhada das dificuldades ou facilidades de fabricação (execução) do produto –, buscando projetar “certo da primeira vez” através da simultaneidade entre o projeto do produto e seus processos relacionados.

⁵⁹ A redução do ciclo de desenvolvimento tem sido um dos principais responsáveis pelo aumento da competitividade das empresas manufatureiras. Segundo Smith e Reinertsen (1997), os benefícios de um lançamento antecipado de um produto no mercado permite o prolongamento da vida comercial do produto – “se um produto for lançado mais cedo, raramente se torna obsoleto mais cedo” – ganhando mais clientes e desenvolvendo um impulso que não apenas aumenta as vendas dos produtos, como também as estende para o futuro, aumentando a participação no mercado e proporcionando maiores margens de lucro.

Clausing (1995) destaca que os maiores benefícios da engenharia simultânea provêm dos seguintes princípios:

- ◆ Início de todas as tarefas tão cedo quanto possível.
- ◆ Utilização de todas as informações relevantes tão cedo quanto possível.
- ◆ Estímulo às pessoas e equipes a participar da definição dos objetivos de suas atividades.
- ◆ Obtenção de entendimento operacional para todas as informações relevantes.
- ◆ Apoio para decidir e utilizar todo trabalho prévio relevante.
- ◆ Tomada de decisões sobre um único cenário, ou seja, trata o projeto, a produção e áreas de apoio como um sistema único.
- ◆ Desenvolvimento de confiança e responsabilidade entre os membros da equipe.
- ◆ Estímulo para o consenso da equipe.
- ◆ Realização de um processo simultâneo visível.

Assim, os cinco principais benefícios da implementação da engenharia simultânea em uma empresa são, segundo o referido autor:

- ◆ Desenvolvimento dos sistemas de produção e das áreas de apoio mais cedo que no processo seqüencial.
- ◆ Análise integrada dos aspectos relacionados ao produto, envolvendo as áreas de projeto, produção e logística, simultaneamente, como um sistema único.
- ◆ Facilidade de obtenção de um projeto para a manufatura e apoio logístico adequados.
- ◆ Um claro entendimento do projeto e comprometimento para o seu sucesso.
- ◆ Redução das modificações de protótipo.

Ainda conforme Clausing (1995), esses benefícios implicam na inclusão de uma série de melhorias no processo de desenvolvimento de produtos, entre elas: foco na qualidade, custo e desenvolvimento do cronograma; ênfase na satisfação do consumidor; ênfase em *benchmarking* competitivo; equipe de desenvolvimento do produto multidisciplinar; funcionários envolvidos e participantes do gerenciamento; e, relacionamento estratégico com fornecedores⁶⁰.

Entretanto, de acordo com Kerzner (2002), a busca pela obtenção dos benefícios citados nem sempre é fácil, e pode criar determinados riscos à medida que o projeto é realizado.

⁶⁰ Pode-se encontrar alguns trabalhos referindo-se a integração do fornecedor já na fase de definição do conceito do produto, sendo conhecida como *early supplier involvement* – metodologia que colabora para os objetivos da engenharia simultânea, principalmente, a redução do tempo de lançamento do produto no mercado (Boujut e Jeantet, 1999; Johansson, 1999).

Necessita-se então de um planejamento de projeto de alta qualidade, a fim de evitar o aumento do nível dos riscos nas fases posteriores do projeto. Os riscos mais sérios são o atraso no lançamento de produtos no mercado e os custos resultantes da retomada do trabalho em consequência de um planejamento inadequado. Dessa forma, um planejamento de qualidade é fundamental para a gestão de projetos, não sendo surpresa alguma o fato de as grandes empresas procurarem a integração da engenharia simultânea com o sistema de gestão de projetos. (Kerzner, 2002, p.196).

Isso ratifica a necessidade de acrescentar uma fase específica de planejamento do projeto no processo de desenvolvimento de produtos, conforme abordado anteriormente neste capítulo, seção 2.2.

Nesse sentido, pode-se verificar a importância de integração do gerenciamento de projetos ao processo de desenvolvimento de produtos em um ambiente de engenharia simultânea, na definição de Prasad *et alii* (1998, p.121): “engenharia simultânea é uma abordagem sistemática que considera todos os aspectos do gerenciamento do ciclo de vida do produto, incluindo a integração do planejamento, projeto, produção e processos relacionados.”

De acordo com Kerzner (1998), a engenharia simultânea tem um grande impacto sobre como os projetos devem ser gerenciados, donde destacam-se os seguintes aspectos:

- ◆ Planejamento do projeto – determinação dos objetivos do plano: menor tempo, menor custo e menor risco. Como esses objetivos são, geralmente, conflitantes, a maioria dos projetos elege somente um objetivo principal como, por exemplo, o menor risco, fazendo com que ocorra, assim, um aumento de tempo e custo. Todavia, com a engenharia simultânea o principal objetivo passa a ser o menor tempo, fazendo com que a empresa assuma certos riscos.
- ◆ Gerenciamento dos riscos – o gerente de projeto deve buscar informações junto aos gerentes departamentais, sendo estas as pessoas mais qualificadas para avaliar os riscos. O patrocinador do projeto pode fornecer informações estratégicas, de maneira que o gerente possa tomar decisões em tempo.
- ◆ Mudanças do escopo – afeta o controle dos riscos de projeto. A identificação das mudanças do escopo do projeto deve ser realizada o mais cedo possível, uma vez que influencia no agrupamento das atividades, e consequentemente, no escopo do projeto.
- ◆ Diretrizes de gerenciamento de projeto – como a engenharia simultânea e o gerenciamento de projetos trabalham integrados, as empresas necessitam definir as fases do ciclo de vida do projeto, as políticas, os procedimentos, as diretrizes e as revisões de final de fase.
- ◆ Patrocinador do projeto – com a engenharia simultânea, os patrocinadores de projeto têm suas responsabilidades aumentadas, fazendo com que dediquem mais tempo do que aquele gasto com o gerenciamento de projeto convencional.

- ◆ Equipe multidisciplinar – a engenharia simultânea requer a alocação, em tempo integral, de todos os membros críticos ao longo do projeto dos não críticos em tempo parcial, alocados matricialmente a partir das áreas envolvidas.

Observa-se que o impacto da engenharia simultânea se dá, fundamentalmente, sobre o planejamento organizacional dos projetos. Jo *et alii* (1993) destacam que a nova forma de organizar as atividades do processo de desenvolvimento de produtos se baseia, principalmente, no trabalho de equipes formadas por indivíduos de diversas áreas funcionais da empresa⁶¹. Os membros das equipes de projetos são selecionados por suas habilidades, de modo a contribuir para o projeto do produto e do processo de manufatura, através da identificação prévia de problemas futuros e tomadas de decisões acertadas para evitar os altos custos de um retrabalho.

Em função dessa nova forma de realizar o trabalho, passa a ser imperativo que as empresas ofereçam treinamento, bem como suporte tecnológico adequado⁶², para aumentar e melhorar a comunicação interpessoal dos membros da equipe de projeto. Isso é facilitado com a utilização de recursos computacionais de diversos tipos, para o apoio ao planejamento, organização e controle de projetos⁶³, além daqueles empregados no desenvolvimento do produto propriamente dito⁶⁴.

No entanto, para que a utilização dos recursos computacionais seja otimizada, e para que as equipes cooperativas sejam organizadas e tenham os seus esforços direcionados, é necessário antes, modelar os processos do negócio e decompor os mesmos em fluxos de trabalho ou atividades (Prasad *et alii*, 1998). Ou seja, para se alcançar as metas de menor tempo de desenvolvimento do produto, qualidade e menor custo, pressupõe-se a adoção de processos de reengenharia no fluxo de trabalho, na organização e nos recursos,

⁶¹ Hartley (1998) cita que a empresa OPEL adotou a engenharia simultânea dando ênfase ao trabalho conjunto de engenheiros de fabricação e engenheiros de projeto. Assim, para todos os projetos de desenvolvimento de novos modelos, é formada uma equipe multidisciplinar – com representantes das áreas de marketing, planejamento de produto, desenho industrial, engenharia de produto, compras, qualidade, serviço e finanças – que só é desmobilizada após o início da produção.

⁶² “A tecnologia de informação e comunicações cria um ambiente que permite o trabalho de alta eficiência, unindo todos os ‘atores’... onde se destaca o papel da internet, que reduz distâncias e o tempo necessário ao deslocamento das pessoas, além de permitir melhor atualização de informações... e o novo papel do microcomputador que deixa de ser uma simples máquina de edição de textos e dados/gráficos para se tornar uma verdadeira máquina de comunicação de informações gerenciais e técnicas para desenvolver o trabalho colaborativo entre as diversas equipes que devem ser mobilizadas no desenvolvimento do projeto, auxiliando a equipe técnica e gerencial através de um gerenciamento da rede de contatos, fornecedores, parceiros e até clientes”. (Valle e Naveiro, 1999).

⁶³ Que permitem o tratamento de diferentes tipos de informação sobre o projeto e em formatos variados: gráficos (de Gantt, PERT, de recursos); planilhas (de recursos, de tarefas, etc.); relatórios (de resumo do projeto, das tarefas de nível superior, das tarefas críticas, de etapas, das tarefas não iniciadas, das tarefas com início breve, das tarefas em andamento, das tarefas concluídas, tarefas que já deveriam ter sido iniciadas, das tarefas adiadas, de fluxo de caixa, de orçamento, das tarefas com orçamento ultrapassado, dos recursos com orçamento ultrapassado, de valor acumulado, de funções, de funções e prazos, de lista de tarefas pendentes, dos recursos superalocados, de uso da tarefa, de uso do recurso, de calendário base, da tarefa, do recurso).

⁶⁴ Por exemplo: CAD – *Computer Aided Design* (para a criação de documentação geométrica das partes, elementos e sistemas do produto); CAE – *Computer Aided Engineering* (para análises estruturais, de fadiga, aeroelasticidade, aerodinâmica, mecanismos); CAPP – *Computer Aided Process Planning* (para suporte ao planejamento do processo produtivo); PDM – *Product Data Management* (para centralização das informações relacionadas ao produto); GCP – Gestão de Configuração do Produto; FMEA – *Failure Mode and Effect Analysis* (para análises de confiabilidade e robustez); EDMS – *Electronic Document Management System* (para o gerenciamento dos manuais e catálogos); ECM – *Engineering Change Management* (para gerenciamento das modificações de engenharia); Doors (para monitoramento integrado dos requisitos do produto, durante o desenvolvimento); DFX – *Design for x* (para análise de aspectos do produto relacionados à manufatura, à montagem, ao custo, à qualidade, ao tempo, ao suporte técnico, etc.); banco de dados de lições aprendidas. (Araújo, 1999).

através dos quais procura-se desenvolver as habilidades necessárias para satisfazer simultaneamente os consumidores e os interesses da empresa.

2.5. MODELAGEM DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Muitas empresas têm incorporado melhores práticas ao processo de desenvolvimento de produtos, envolvendo de maneira integrada, aspectos técnicos e outros ligados ao gerenciamento do projeto como um todo. Como consequência disso, o processo vem sendo aprimorado a ponto de se tornar, a exemplo da manufatura, mais uma competência de destaque nas empresas, resultando na geração de produtos com qualidade, combinada com a redução do custo total e do ciclo de desenvolvimento⁶⁵.

Para qualquer empresa, uma etapa comum ao esforço de melhoria é a modelagem ou levantamento dos processos atuais, com o propósito de conhecer e explicitar a forma com que os mesmos são executados na prática (Araújo *et alii*, 2001).

Conforme Vernadat (1996), os elementos de uma empresa que podem ser modelados e integrados são:

- ◆ Produtos – descrito sob dois aspectos: modelo do produto, contendo todos os dados técnicos de um produto; e, modelo de processo, definindo o processo de negócio (p. ex. descrevendo como desenvolver o produto).
- ◆ Recursos físicos – máquinas e equipamentos (p. ex. computadores, servidores, aplicativos, etc.).
- ◆ Informação – banco de dados, sistemas de arquivo, arquivos de CAD e sistemas de informação.
- ◆ Organização e decisões – dados, informações ou conhecimento para a tomada de decisões.
- ◆ Processos de negócio – conjunto de processos usuais e simultâneos de uma empresa (administrativos, gerenciais, técnicos ou de suporte).
- ◆ Pessoal – gerentes, tomadores de decisão, engenheiros, técnicos, operadores, etc.

Dentro do contexto da modelagem de empresas⁶⁶, o interesse deste trabalho recai particularmente sobre a modelagem de processos, que segundo Vernadat (1996), é o conjunto de atividades a serem seguidas para a criação de um ou mais modelos de algum processo (definido pelo seu universo de domínio) para atender os propósitos de representação, comunicação, análise, síntese, tomada de decisão ou controle.

Os modelos estabelecem um modo de pensar, abordar e articular os problemas organizacionais e desempenham um papel de referência, ou seja, operam como prescrição para os agentes que tomam decisão a

⁶⁵ De acordo com Smith e Reinertsen (1997), empresas de muitos setores alcançaram reduções significativas, como é o caso da Deere & Company, que diminuiu seu ciclo de desenvolvimento de 7 anos em 60%, ao mesmo tempo em que reduziu o custo do desenvolvimento em 30%.

⁶⁶ Processo de construção de modelos de toda ou de partes de uma empresa a partir do conhecimento sobre a mesma, modelos anteriores e/ou modelos de referência. (Vernadat, 1996).

respeito de práticas a serem empregadas nas operações e processos (Lima, 2001).

De acordo com Rozenfeld (1997), através de um modelo do processo de negócio pode-se materializar as políticas e estratégias gerenciais, racionalizar o fluxo de informações e de documentos durante o desenvolvimento de produtos, integrando a empresa em torno de uma visão única.

De uma maneira geral, Rozenfeld e Amaral (1999) descrevem que a modelagem do processo de negócio de uma empresa permite às pessoas que nela trabalham:

- ◆ Obter uma maior compreensão da empresa e do processo.
- ◆ Adquirir e registrar o conhecimento para uso posterior.
- ◆ Racionalizar e garantir o fluxo de informações durante a realização das atividades.
- ◆ Planejar e especificar uma parte da empresa (funções, informação, comunicação, entre outros).
- ◆ Servir como base para análises de partes ou aspectos da empresa.
- ◆ Fornecer uma base para simulação do funcionamento da empresa.
- ◆ Fornecer uma base para a tomada de decisões sobre as operações e a organização da empresa.
- ◆ Fornecer uma base para o desenvolvimento e implantação de softwares de forma integrada.

Para descrever os vários elementos do processo de negócio podem ser utilizados basicamente dois tipos de modelos (Vernadat, 1996; Amaral, 2001):

- ◆ Modelos de referência – de aplicação mais ampla e geral que podem ser utilizados como referência para o desenvolvimento de modelos específicos. Descrevem as fases, as atividades, os recursos, os métodos e as ferramentas, as técnicas de gerenciamento de projeto, as informações e a organização do processo propriamente dito.
- ◆ Modelos particulares ou específicos – também chamados simplesmente de modelos ou modelos de empresa, que representam e/ou são utilizados por uma empresa específica, numa situação específica.

Normalmente, os modelos de referência representam processos de setores industriais – automotivo, aeroespacial, etc. –, servindo como parâmetro para as empresas destes segmentos avaliarem e incorporarem melhorias em seus processos, ou seja, para estabelecerem seus modelos particulares.

Assim, verifica-se que o modelo de referência para o processo de desenvolvimento de produtos tem por objetivo promover uma visão holística do mesmo, de modo que as empresas possam compreender este processo através de um entendimento comum, destacando os seus elementos, suas estratégias, atividades, informações, recursos e organização, assim como, suas inter-relações.

Contudo, a elaboração de modelos de referência é uma tarefa por vezes complexa, não só em função do grau de detalhamento que se deseja modelar, mas, sobretudo pela própria natureza do processo a ser modelado, por isso é importante ter claro os objetivos a serem alcançados – aquisição e explicitação de conhecimento, melhor entendimento, etc.

Seja qual for o caso, Vernadat (1996) recomenda que, na elaboração de modelos de referência, os seguintes princípios devem ser considerados, conforme o Quadro 2.4.

Quadro 2.4 – Princípios para a elaboração de modelos de referência.

Princípio	Descrição
Separação de conceitos	Processos devem ser modelados em partes, representando as áreas funcionais separadamente ou o domínio do problema.
Decomposição funcional	O processo deve ser modelado de modo a abranger hierarquicamente todas as funções, decompondo-as num conjunto de subfunções até a descrição das funções mais específicas (fases, atividades, tarefas).
Modularidade	Para facilitar as alterações, o modelo deve ser modular, de modo que possa ser atualizado e melhorado continuamente.
Generalização	A modelagem deve possibilitar a criação de blocos padrão (classes genéricas) que agrupem os objetos cujas propriedades sejam similares.
Reusabilidade	Para reduzir o esforço de modelagem e aumentar a modularidade, deve-se utilizar blocos predefinidos ou reutilizar modelos parciais ⁶⁷ configurados para atender a necessidades específicas, reduzindo o tempo de desenvolvimento do modelo.
Separação entre procedimentos e funcionalidade	Procedimentos (como fazer – método) não podem ser confundidos com as funcionalidades (o que deve ser feito – atividades) quando se busca flexibilidade organizacional, permitindo modificações em um sem impacto ao outro, e vice-versa.
Separação entre processos e recursos	Similarmente ao princípio anterior, deve-se separar o que deve ser feito dos recursos para fazê-lo, preservando a flexibilidade operacional.
Conformidade	Relacionado à exatidão sintática e semântica da representação (clareza, consistência, não redundância) no domínio da aplicação do modelo.
Visualização	A modelagem deve apresentar uma linguagem de representação gráfica de fácil comunicação e entendimento.
Simplicidade <i>versus</i> adequação	A linguagem de modelagem deve expressar o que precisa ser expresso, de modo mais simples possível, sem que haja perda na adequação ao propósito do modelo.
Gerenciamento da complexidade	Qualquer técnica de modelagem ⁶⁸ deve ser capaz de lidar com sistemas de alto grau de complexidade.
Rigor da representação	O modelo não deve ser ambíguo e nem redundante, e deve servir como referência para a verificação de propriedades, análises e até mesmo, simulações do sistema modelado.
Separação entre dados e controles	Deve-se distinguir os dados necessários para a realização de um processo (p. ex. entradas), dos dados necessários para controlar o processo (que definem como e quando operar).

Fonte: Adaptado de Vernadat (1996).

A despeito da necessária definição dos objetivos e do atendimento aos princípios supracitados para a elaboração de modelos de referência, convém destacar, a exemplo de Araújo *et alii* (2001), que:

⁶⁷ É um modelo que não está totalmente concluído e que pode ser reutilizado para construção de modelos particulares ou específicos (Vernadat, 1996).

⁶⁸ São muitas as metodologias empregadas na modelagem de empresas: SADT; família IDEF; SA/RT; GRAI-GIM; CIMOSA; IEM; Merise, entre outros, as quais são detalhadas em Vernadat (1996).

- ◆ A modelagem de processos não é uma ciência exata, não existindo uma solução única, mas sim várias formas possíveis de entender e agrupar processos e atividades, dependendo, portanto, da visão de quem (indivíduo ou equipe) está modelando.
- ◆ Quanto maior o envolvimento com a modelagem, maior o aprendizado sobre o processo.
- ◆ É fundamental manter o foco no conteúdo do modelo a ser gerado, e nos objetivos a serem atingidos, evitando o “encantamento” com ferramentas de modelagem.
- ◆ Os processos e atividades são entidades intrinsecamente dinâmicas, sempre se adequando às mudanças contextuais, novas formas organizacionais, novas ferramentas e novos paradigmas, novos projetos. Assim, a tarefa de modelagem dos processos deve ser também de natureza contínua.
- ◆ É correta e 100% aplicável a projetos de modelagem de processos complexos como o desenvolvimento de produtos, a máxima: “é preferível estar aproximadamente correto, do que exatamente incorreto”.

Do exposto acima, depreende-se que a modelagem do processo de desenvolvimento de produtos, apesar de notadamente trabalhosa e complexa, traz contribuições fundamentais, tanto às empresas quanto à academia, uma vez que, através do desenvolvimento de modelos de referência, permite a compreensão das informações do ciclo de vida do projeto, bem como do emprego de métodos e ferramentas de auxílio à sua realização, estabelecendo uma visão detalhada e integrada do trabalho a ser executado.

2.6. COMENTÁRIOS FINAIS DO CAPÍTULO

Neste capítulo foi exposto o processo de gerenciamento de projetos de desenvolvimento de produtos, que constitui a teoria de fundamento da tese, destacando os conhecimentos fundamentais a serem considerados, e que envolvem as seguintes denominações: projeto, projetos de desenvolvimento de produtos, tipos de produtos, ciclo de vida do projeto, fases do processo de desenvolvimento de produtos, gerenciamento de projetos, engenharia simultânea e modelos de referência.

Considerando a definição apresentada para projetos de desenvolvimento de produtos – aqueles empreendimentos cujo objetivo é executar o processo de geração de uma idéia de um bem-material ao longo de várias fases, até o lançamento do produto no mercado – pode-se afirmar que o processo citado é bastante complexo, e que portanto, requer a integração dos diversos conhecimentos envolvidos para que seja realizado eficazmente.

Através dos preceitos do gerenciamento de projetos e da engenharia simultânea, essa integração é possível. Ou seja, do primeiro obtém-se um planejamento estruturado que fornece o apoio necessário ao desenvolvimento do produto, e do segundo, a forma de realizar o trabalho entre as múltiplas disciplinas.

A engenharia simultânea apresenta benefícios tão grandes, que fica difícil imaginar, atualmente, a prática do processo de desenvolvimento de produtos puramente seqüencial, principalmente considerando a alta competitividade existente no mercado mundial. Assim, para que as empresas sobrevivam frente a esse cenário, é necessário que lancem produtos de elevada qualidade num ciclo de desenvolvimento cada vez menor.

No entanto, os benefícios da engenharia simultânea exigem, sobretudo, uma visão de todo o processo de negócio. Esta visão é conseguida através da modelagem do processo de desenvolvimento de produto, que torna o mesmo transparente, apresentando onde cada área funcional atua, quando e como. Assim, assegura-se vantagem competitiva à empresa.

Evidencia-se assim, a importância da modelagem do processo de desenvolvimento de produtos, pois permite a implementação de um processo formal, que gera, além da visão do todo, o entendimento da necessidade de participação e integração das diversas áreas da empresa ao longo deste processo.

Em outras palavras, a formalização do processo de desenvolvimento de produtos aumenta a probabilidade de sucesso dos projetos, uma vez que acorda entre os envolvidos as metas do projeto, estabelece um plano que mostra o caminho a ser seguido, definindo as responsabilidades e o que será usado para medir o progresso do mesmo. Cria, também, uma comunicação constante e efetiva entre cada pessoa envolvida no projeto.

No próximo capítulo é apresentada a teoria de foco da tese: o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas.

Capítulo 3

O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS

A forma pela qual as empresas manufatureiras organizam o processo de desenvolvimento de produtos tem sido, cada vez mais, discutida. É notória a importância deste processo para as empresas e para o consumidor, pois, quando o mesmo existe formalmente, aumenta a possibilidade de oferta no mercado, de produtos de maior qualidade e confiabilidade, de preços mais atrativos e disponibilizados num menor prazo.

Levanta-se no âmbito da indústria de máquinas agrícolas, a necessidade de realizar estudos sobre o processo de desenvolvimento de produtos, principalmente, devido à informalidade de como a projeção é realizada na maioria das empresas do setor, que não adotam e não utilizam procedimentos sistemáticos, conforme relatado em Brasil (1984a), Brasil (1984b) e Passos e Calandro (1999). Sem considerar o caráter sistêmico do processo de projeto, as empresas perdem a oportunidade de aumentar seu conhecimento sobre os produtos lançados, tornando-se vulneráveis frente à ação da concorrência (Brasil, 1997).

Nesse contexto, o objetivo desse capítulo é apresentar o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas, considerando as descrições encontradas na literatura da área, bem como os levantamentos e estudos de caso que foram realizados em empresas do setor e na academia.

3.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Em levantamento bibliográfico realizado, pôde-se observar que as máquinas agrícolas são abordadas nos trabalhos científicos sob dois enfoques: (i) o do projeto da máquina agrícola; e, (ii) o do ensaio das máquinas agrícolas.

O primeiro enfoque, que interessa a este trabalho, refere-se ao desenvolvimento de protótipos de máquinas agrícolas. Tipicamente, estes trabalhos descrevem o processo de projeto pelo qual a máquina agrícola foi concebida, e relatam as suposições realizadas, as tomadas de decisões, as ferramentas de apoio utilizadas durante as várias fases do projeto, a documentação gerada para a construção do protótipo (modelos icônicos, desenhos conceituais e desenhos detalhados), bem como os detalhes da construção do protótipo e os testes.

Trabalhos com esse enfoque não são comuns de se encontrar na literatura, apesar de contribuírem para a difusão do conhecimento acerca da atividade de projeto de máquinas agrícolas.

Por outro lado, a grande maioria dos trabalhos publicados sobre máquinas agrícolas abrange o ensaio de máquinas comerciais e/ou de protótipos em desenvolvimento. Apesar destes trabalhos gerarem contribuições para a melhoria das máquinas, estes não descrevem a forma pelo qual a mesma foi desenvolvida, já que o seu escopo é, normalmente, a avaliação do desempenho funcional do produto e, por isso não são considerados nesta pesquisa.

3.1.1 Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas

Na revisão bibliográfica sobre o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas, o primeiro registro encontrado é Kepner *et alii* (1972), nos Estados Unidos, na segunda edição⁶⁹ do livro *Principles of Farm Machinery*. Segundo seus autores, o desenvolvimento de uma máquina agrícola é o processo total pelo qual a maioria das máquinas evolui, e inclui a execução gradual de um plano na direção de um objetivo específico.

É interessante notar que naquela época o desenvolvimento da máquina agrícola já era definido como um processo, orientado por um plano previamente elaborado. No entanto, conforme descrevem Kepner *et alii* (1972), no princípio do desenvolvimento das máquinas agrícolas predominavam as técnicas denominadas de tentativa-erro⁷⁰.

Essa forma de desenvolver máquinas também é citada por Miller⁷¹, *apud* Mialhe (1996), ao se referir aos tempos em que a indústria de máquinas agrícolas encontrava-se na “era do ferreiro”. Naquela época, costumava-se construir grosseiramente um protótipo na oficina para ser levado ao campo para testes. Conforme os resultados obtidos, o protótipo recebia cortes, remendos e reforços até que se apresentasse funcionalmente satisfatório e estruturalmente resistente. Com o protótipo aprovado, construía-se uma máquina “modelo”, com as alterações incorporadas, para ser desmontada e cada parte associada ao seu respectivo número de identificação, só então seguindo para a produção em série.

Todavia, Kepner *et alii* (1972), citam que o projeto de máquinas agrícolas estava se tornando rapidamente mais científico, e o desenvolvimento do produto estava sendo baseado, de modo crescente, nos princípios e informações obtidos através de diferentes métodos de pesquisa (p.ex. testes, levantamentos, experimentação, entre outros). Além disso, os programas de desenvolvimento realizados na indústria ou em organizações públicas, seguiam um extenso modelo de pesquisa, onde os testes funcionais e físicos da máquina e componentes, em laboratório e no campo, eram parte indispensável.

⁶⁹ A primeira edição deste livro data do ano de 1955.

⁷⁰ *Cut-and-try system*.

⁷¹ MILLER, W. G. *Correlation of design and testing*. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, v. 36, n. 1, p. 23-25, 1955.

Também destacam o papel do agricultor no desenvolvimento da máquina, em função de muitas idéias surgirem em seu dia a dia no campo e, em muitos casos, os primeiros modelos eram construídos pelos próprios agricultores ou sob sua supervisão.

Voltando para a análise do processo, segundo Kepner *et alii* (1972), pelo menos dois tipos de projetos envolvem o desenvolvimento de máquinas agrícolas: o primeiro abrange o desenvolvimento de um novo tipo de máquina; e, o segundo, a melhoria de uma máquina existente (projeto de um novo modelo similar a máquinas existentes e/ou alterações de projeto para reduzir custos de manufatura da máquina).

De acordo com os autores, o segundo tipo de projeto abrange a maioria dos desenvolvimentos da indústria de máquinas agrícolas. Alguns, ainda que a máquina existente apresente desempenho satisfatório sob o ponto de vista funcional e mecânico, são originados devido a considerações econômicas (p. ex. redução de custo). Um novo projeto destinado a lançar um modelo similar, em substituição a um modelo mais antigo, é colocado em produção somente quando o fabricante supõe que estará oferecendo algo de mais valor⁷² para o agricultor, em relação aos custos de manufatura atuais e desde que as vendas sejam mantidas ou aumentadas.

Nestes casos, as especificações para os novos projetos são baseadas em máquinas bem sucedidas no mercado, levantamento da satisfação dos usuários, experiência da assistência técnica com máquinas existentes, análises de mercado, tendências projetadas sobre os recentes desenvolvimentos tecnológicos, entre outros.

Sobre o desenvolvimento de um novo tipo de máquina, que resulta em novas e melhores formas de realizar o trabalho, Kepner *et alii* (1972) citam o seguinte modelo para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas:

- ◆ **1º passo – Reconhecimento e avaliação do problema.** Envolve o estudo e a análise do projeto proposto em relação à aplicação potencial dos resultados e do seu valor para o agricultor em termos de redução do trabalho, aumento da produtividade, aumento da qualidade, etc. Além disso, considera as previsões de venda e a viabilidade econômica da máquina proposta.
- ◆ **2º passo – Determinação dos requisitos funcionais e relações fundamentais.** Implica estabelecer o que a máquina deve fazer (funções) e sob que condição é esperada uma operação satisfatória, bem como as especificações de projeto. As relações fundamentais abrangem as características da planta e do solo, limitações impostas, etc.
- ◆ **3º passo – Projeto e desenvolvimento de uma máquina experimental.** Cobrem o desenvolvimento de idéias para diversas alternativas de soluções para o problema, através da imaginação e da lógica, incluindo idéias sugeridas por outras pessoas, e a realização de experimentos. Os primeiros experimentos são puramente funcionais e envolvem, em geral, os componentes ou sistemas mais importantes a serem testados. O objetivo final é de que a máquina seja capaz de desempenhar as funções estabelecidas

⁷² Por exemplo, melhoria da qualidade do trabalho durante a operação, uso mais eficiente das fontes de potência e do trabalho humano, aumento da durabilidade, facilidade de assistência e de manutenção, etc.

satisfatoriamente, da forma mais simples e eficiente possível. Pode ser necessária a construção de várias unidades experimentais antes de se obter uma concepção satisfatória.

- ◆ **4º passo – Projeto do protótipo da máquina.** Se os resultados obtidos no passo anterior indicarem que a máquina é viável economicamente, um protótipo apropriado para produção comercial é projetado, considerando os seguintes fatores: forças envolvidas, requisitos de potência, inércia das partes móveis, peso, durabilidade, assistência e regulagens, segurança, conforto, conformidade com as normas e custos. Coordenação e consenso sobre materiais, procedimentos de fabricação e outros aspectos que contribuem para a manufatura econômica da máquina devem ser mantidos entre os departamentos de engenharia, produção e vendas.
- ◆ **5º passo – Construção e teste de protótipos da máquina.** Envolve a construção de um número limitado de protótipos da máquina (unidades piloto), os quais podem ser submetidos a testes e modificações durante anos, antes do projeto ser implementado na produção. São construídos em laboratórios ou oficinas preparadas para a fabricação de protótipos, através de métodos e técnicas próprias, embora sigam da forma mais fiel possível, os desenhos propostos para produção seriada. Estas máquinas são operadas por agricultores em diversas regiões, sob as mais variadas condições. O desempenho é verificado periodicamente por engenheiros de campo e de projeto. Testes de laboratório também são conduzidos para determinar os pontos de tensão máxima e qualquer outra indicação de possibilidade de perda da durabilidade. Testes de fadiga acelerados podem ser necessários para algumas partes críticas.
- ◆ **6º passo – Manufatura do modelo de produção.** Compreende a revisão do projeto final e a liberação para a produção. Dependendo da natureza e da extensão das mudanças provocadas no projeto, da complexidade e do tipo de máquina, e do grau esperado de variabilidade em condições de trabalho, o fabricante pode decidir por produzir uma pré-produção limitada a 25 a 50 máquinas no primeiro ano. Assim, se surgirem problemas funcionais ou mecânicos graves, haverá poucas máquinas para serem remanufaturadas. Se a pré-produção for um sucesso, o projeto segue para a produção máxima no ano seguinte.

O modelo apresentado por Kepner *et alii* (1972) não é detalhado em termos de tarefas e recursos necessários (métodos e técnicas) para a realização do processo de projeto do produto. No entanto, percebe-se uma certa ênfase na realização de experimentos (passo 3), que permitem testar funcionalmente os princípios de concepções gerados, iniciando o ciclo projetar-testar-projetar. A partir de uma solução viável técnica e economicamente é que o projeto é detalhado (passo 4), permitindo a construção de protótipos a serem testados em campo e em laboratório (passo 5). Durante os testes o projeto é alterado para atender as correções necessárias, sendo sua revisão final (passo 6) determinante para a liberação do projeto para a produção. Depreende-se que a partir deste momento é que são alocados esforços para a elaboração e implementação do plano de manufatura da máquina.

No Brasil, o primeiro registro encontrado sobre o desenvolvimento de máquinas agrícolas está no livro de Mialhe (1974), sobre mecanização agrícola. Em seu livro é apresentado um roteiro que indica o trabalho

a ser realizado, desde a necessidade de ser realizada uma operação agrícola (condição inicial) até o lançamento da máquina no mercado consumidor (condição final). Esse roteiro é denominado, doravante, de modelo de Mialhe⁷³, e é ilustrado em sua forma original na Figura 3.1.

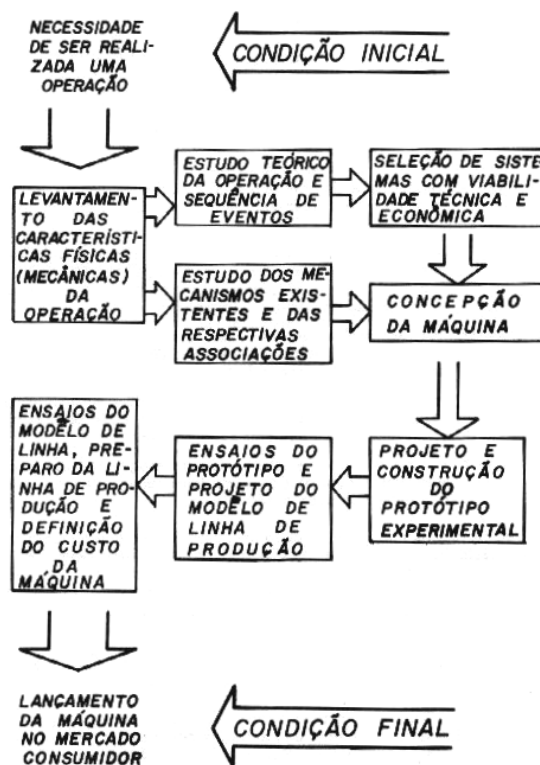


Figura 3.1 – Modelo do nascimento de máquinas agrícolas.
Fonte: Mialhe (1974, p.18).

A descrição do processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas de Mialhe (1974) se resume ao modelo apresentado na figura, não sendo detalhado o processo de projeto da máquina agrícola com relação às atividades e à aplicação de métodos e ferramentas de auxílio ao projeto. Limita-se a indicar as ações a serem executadas para a obtenção da máquina (por exemplo: levantar as características físicas da operação⁷⁴; realizar estudo teórico da operação⁷⁵ e seqüência de eventos; realizar estudo dos mecanismos existentes e das respectivas associações; selecionar sistemas com viabilidade técnica e econômica; definir a concepção da

⁷³ O autor denominou originalmente tal roteiro de “nascimento de máquinas agrícolas”. Mais tarde, Mialhe (1996) passa a denominá-lo de desenvolvimento, referenciando a designação dada por Kepner *et alii* (1972), mostrada anteriormente.

⁷⁴ Sobre essa atividade, Mialhe (1974) define alguns requisitos a serem atendidos no projeto. Por exemplo, os valores observados da operação agrícola geralmente se encontram entre certos limites do ponto de vista mecânico, e que para satisfazer essa condição a máquina deve apresentar recursos de regulagens e, também, de ajustagens, que permitem variações dentro de limites muito mais estreitos que os relativos às regulagens. Segundo o autor, as ajustagens são feitas nas próprias linhas de montagem das fábricas. As regulagens, ao contrário, são realizadas pelo próprio operador em função das condições de trabalho e influenciam o desempenho operacional da máquina. Observa ainda, que as especificações de regulagem e a maneira de execução devem constar no manual de instruções que acompanha a máquina.

⁷⁵ Este estudo evidencia, segundo Mialhe (1974), importantes aspectos para o projeto da máquina agrícola, e envolve considerações sobre características técnicas, tempos consumidos e custos da operação.

máquina; projetar e construir protótipo experimental; etc.), ou seja, define o que precisa ser feito, mas não explica como fazer ou com que ferramentas ou técnicas o projeto pode ser desenvolvido.

Observando o modelo, pode-se ver que o projeto do produto e o projeto da manufatura ocorrem seqüencialmente, conforme a abordagem vigente na época. Apesar de não fazer referência, depreende-se que o modelo de Mialhe é baseado na prática das empresas na época de publicação de seu livro.

3.1.2 Rota Tecnológica de Desenvolvimento de Produto

As primeiras informações obtidas sobre como as empresas situadas no Brasil desenvolvem suas máquinas agrícolas, são oriundas de uma avaliação⁷⁶ tecnológica realizada na década de 80, portanto, posterior aos modelos de Kepner *et alii* (1972) e Mialhe (1974). A avaliação foi baseada em um estudo que resultou na análise do processo de desenvolvimento de produto, denominado na época de “rota tecnológica de desenvolvimento de produto”, definida como uma sucessão de atividades tecnológicas que conduziam ao desenvolvimento de um novo produto ou ao aperfeiçoamento de produtos já existentes, desde as atividades iniciais de pesquisa até a obtenção do projeto final a ser industrializado, conforme ilustra o diagrama de blocos da Figura 3.2.

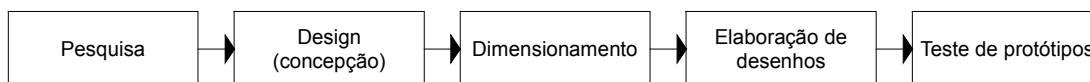


Figura 3.2 – Rota tecnológica de desenvolvimento de produto.
Fonte: adaptado de Brasil (1984a).

Os resultados da avaliação demonstraram que naquela época, a indústria de máquinas agrícolas brasileira não realizava pesquisa (1º bloco), procurando subsídios para o desenvolvimento da concepção de seus produtos (2º bloco) em trabalhos realizados por outras empresas e/ou em informações provenientes da assistência técnica. Em função disso, os produtos ou eram modelos tradicionais ou eram cópias desenvolvidas por terceiros, sobre os quais executavam-se alguns aperfeiçoamentos sob o ponto de vista funcional, sem maiores atenções aos aspectos de estética, segurança, entre outros. Com relação ao dimensionamento estrutural das máquinas (3º bloco), a pesquisa relata que os cálculos executados eram bastante simplificados e não adotavam, com poucas exceções, norma ou critério técnico. Em grande parte das empresas de médio e grande porte, os desenhos (4º bloco) tinham um nível de detalhamento suficiente, porém com deficiência de

⁷⁶ A situação geral da atividade de projeto de produto na indústria brasileira de mecânica agrícola (denominação da época) foi reportada em publicações do Ministério da Indústria e Comércio sobre os Estados de Santa Catarina, Rio Grande do Sul (Brasil, 1984a) e São Paulo/Goiás/Minas Gerais (Brasil, 1984b).

informações para a fabricação. O item teste do protótipo (5º bloco) indicou que a maioria das empresas realizava algum tipo de ensaio e/ou teste em condições reais de trabalho.

A assistência técnica, nas empresas de pequeno porte pesquisadas, deixava a desejar, sendo verificada a inexistência de manuais de instrução e de assistência técnica para as máquinas produzidas e comercializadas, sendo que quando existiam eram incompletos. Já nas empresas de médio e grande porte a situação verificada apresentava-se melhor, embora ainda incipiente à presença de pessoal treinado e capacitado para o exercício da função.

Assim, de um modo geral, a pesquisa observou que a engenharia só era desenvolvida num nível tecnologicamente avançado por um pequeno número de empresas, normalmente apoiadas em fontes de tecnologia estrangeira, seja através de associações de capital, seja através de pagamento ao proprietário da patente de propriedade industrial. Por causa disso, segundo a pesquisa havia em 1982, tecnologia própria na maioria das empresas do setor, porém, ao observar os produtos fabricados, verificou-se que a mesma não era resultado de uma capacidade própria de inovação tecnológica, mas sim de assimilação de técnicas copiadas ao longo dos últimos anos, permitindo-lhes acumular um volume de experiências e conhecimentos que suportavam os desenvolvimentos realizados.

De acordo com a pesquisa, entre as dificuldades⁷⁷ que impediam um melhor desempenho do processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas das empresas, destacavam-se:

- ◆ O conhecimento insuficiente do mercado, em termos de adequação dos produtos às necessidades do consumidor e dos produtos similares existentes;
- ◆ A insuficiência ou inexistência de infra-estrutura para controle de qualidade de produtos próprios e adquiridos de terceiros.
- ◆ O desconhecimento de informações e parâmetros básicos para o projeto.
- ◆ O despreparo técnico, pela escassez ou ausência de pessoal com experiência para realizar pesquisa e desenvolvimento de produto.
- ◆ Ausência de análise, simulação da distribuição de tensões e deformações em componentes de máquinas.
- ◆ Escassez de material bibliográfico.

Certamente estas dificuldades geravam efeitos sobre as máquinas produzidas, como pode ser visto em Brasil (1984b). Analisando as informações descritas sobre as falhas⁷⁸ devidas a problemas de projeto,

⁷⁷ Uma sugestão registrada em Brasil (1984b) para minimizar as dificuldades encontradas pelas empresas, recomendava uma maior atuação da indústria junto ao MEC, com o objetivo de fazer com que cursos de engenharia mecânica, com currículos tão ecléticos, atentassem para os problemas de projeto e fabricação do setor de máquinas agrícolas.

⁷⁸ Por exemplo: quebra de transmissão, de polias, de rolamentos, de eixos, de grampos de fixação e de peças soldadas e fundidas; rompimento de correias; empenamento de chassi; problemas de corrosão e desgaste; dificuldade de regulagens; pouca durabilidade dos mancais; entre outras.

algumas marcas e modelos de máquinas apresentavam problemas que, às vezes, eram sanados com o lançamento de novos modelos, porém existiam casos em que o modelo novo apresentava características piores que o modelo anterior, dando a impressão de que o fabricante não utilizava o conhecimento e a experiência anterior para melhorar o produto. As falhas provocavam elevados custos de manutenção e grandes perdas, principalmente por ocorrerem durante a operação na lavoura, porém, somente podiam ser solucionadas efetivamente em nível de projeto e através de substancial retrabalho.

O relatório da pesquisa descreve a necessidade de melhorar o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas das empresas no sentido de incrementar sua capacidade de inovação tecnológica. Segundo Brasil (1984a), na medida em que for desenvolvida uma estrutura de engenharia do produto para a indústria de máquinas agrícolas, os resultados a serem obtidos trarão benefícios para o país, seja por colocar à disposição da agricultura brasileira produtos mais adequados às suas necessidades, seja por abrir perspectivas de exportação de tecnologia para países de agricultura tropical e subtropical, que não dispõem de condições para desenvolver sua própria tecnologia e nem dispõem de outros países que possam fornecê-la.

3.1.3 Sistematização do Processo de Projeto de Máquinas Agrícolas

Uma das dificuldades apontadas pela pesquisa citada na seção anterior, a escassez de material bibliográfico, é comprovada neste trabalho. Considerando o período em que foram apresentados os modelos de Kepner *et alii* (1972) e Mialhe (1974) até a realização da pesquisa de avaliação tecnológica, ocorrida por volta de 1982, não foram encontrados outros trabalhos que descrevam detalhadamente como desenvolver uma máquina agrícola.

No ano seguinte no entanto, a publicação do livro “Metodologia de Projeto de Produtos Industriais” de Back (1983), foi um registro importante, principalmente para a sistematização do processo de projeto do produto. O objetivo do livro é apresentar a visão das diversas fases do desenvolvimento do processo de projeto de um produto industrial, desde a sua concepção inicial até a conclusão do projeto detalhado, enfatizando diversos fatores (p. ex. análise de informações, tipos de produtos, aspectos de economia, fatores humanos, desenho industrial) e as técnicas (de criatividade, de desenvolvimento da estrutura de funções, de análise de valor, de seleção da solução, de verificação e otimização do projeto, de seleção de materiais, entre outras) a serem consideradas durante o desenvolvimento do produto.

Com alvo nos profissionais atuantes na área, além dos cursos de graduação e de pós-graduação de engenharia mecânica e engenharia de produto, certamente o trabalho de Back trouxe muitas contribuições⁷⁹

⁷⁹ Para citar um exemplo, Back (1983) explica como se dá o processo criativo (preparação, esforço, afastamento, visão e revisão) durante a síntese de soluções alternativas para a concepção de um produto, e apresenta uma série de técnicas de auxílio, tais como, *brainstorming*, inversão, analogia, fantasia, empatia, sinergia, técnica da caixa preta e método morfológico.

para a academia e para a indústria, ajudando a minimizar a escassez bibliográfica.

A metodologia de projeto de Back, como ficou conhecida, se baseia em trabalhos de diversos autores, como por exemplo, Woodson⁸⁰, Asimov⁸¹, Koller⁸², Ostrofsky⁸³, Pahl e Beitz⁸⁴, entre outros. Tem suas fases divididas em: estudo de viabilidade; projeto preliminar; projeto detalhado; revisão e testes; planejamento da produção; planejamento do mercado; planejamento para consumo e manutenção; e, planejamento da obsolescência.

Sob esta estrutura⁸⁵, diversos protótipos de máquina agrícolas destinados a pequenas propriedades rurais⁸⁶ foram desenvolvidos e testados (vide Quadro 3.1), no âmbito do então Laboratório de Projetos (LP), do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina, hoje Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos (NeDIP), como passou a ser chamado por volta da segunda metade da década de 90.

Quadro 3.1 – Exemplos de protótipos de máquinas agrícolas e outros equipamentos desenvolvidos até 1993, com apoio da metodologia de projeto de Back, no LP/UFSC.

ANO	Resultado do projeto
1985	Protótipo de uma trilhadora portátil multi-cereal
1987	Protótipo de uma plantadora de mudas de cebola
1989	Protótipo de uma colhedora de forragens acoplável a tratores de rabiças
1989	Protótipo de uma máquina modular para plantio de mudas de cebola
1989	Protótipo de uma máquina desoperculadora de favos de mel
1990	Protótipo de uma semeadora de arroz pré-germinado
1990	Mecanismos dosadores de precisão de máquinas semeadoras
1990	Protótipo de uma semeadora adubadora de plantio direto a tração animal
1992	Protótipo de debulhadora de alho para sementes
1993	Protótipo de uma colhedora enleiradora de feijão

⁸⁰ WOODSON, T. T. *Introduction to Engineering Design*. McGraw-Hill, 1966.

⁸¹ ASIMOV, M. *Introdução ao Projeto de Engenharia*. Ed. Mestre Jou, 1968.

⁸² KOLLER, R. *Konstruktionsmethode für der Maschinen. Geräte und Apparatebau*, Springer Verlag, 1976.

⁸³ OSTROFSKY, B. *Design, planning and development methodology*. Prentice-Hall, 1977.

⁸⁴ PAHL, G.; BEITZ, W. *Konstruktionslehre*. Springer Verlag, 1977.

⁸⁵ Em virtude dos protótipos serem resultantes de pesquisas de mestrado em engenharia mecânica, os desenvolvimentos compreendiam apenas as quatro primeiras fases da metodologia de Back.

⁸⁶ De acordo com Forcellini (1996), o Estado de Santa Catarina possui sua área rural composta, predominantemente, por minifúndios. As necessidades quanto a máquinas apropriadas a este tamanho de propriedade não são supridas satisfatoriamente pelas empresas do setor, as quais não possuem, normalmente, capacidade técnica para fornecer produtos de melhor qualidade, ou mesmo desenvolver novas concepções de máquinas.

Em resumo, nesses trabalhos o processo utilizado iniciava com a definição dos requisitos de projeto. Seguia com a análise das concepções (princípios de funcionamento) de máquinas existentes na literatura técnica (patentes e catálogos de fabricantes), para identificação de soluções ou mecanismos que pudessem ser empregados e adaptados, e assim atender aos requisitos de projeto.

Os principais parâmetros de influência no projeto da máquina eram levantados e envolviam por exemplo, no caso de uma plantadora de mudas de cebola⁸⁷ as características do solo (tipos de solo, forma de preparo, declividade, correção e adubação), as características da muda (sementeira, dimensões da muda, preparação da muda), profundidade de plantio, alimentação da máquina (manual, automática), a operação de plantio e o aterramento e compactação das mudas.

Após a definição dos parâmetros de projeto, os princípios de solução para as funções a serem executadas eram desenvolvidos, definindo desta forma a concepção⁸⁸ da máquina, encerrando a fase de estudo de viabilidade.

O projeto preliminar era então desenvolvido, consistindo basicamente no dimensionamento dos principais componentes da máquina. A próxima fase, projeto detalhado, abrangia a definição completa das especificações de cada item, incluindo a seleção de materiais, a determinação dos processos de fabricação e o dimensionamento final.

Depois de concluídos os desenhos necessários à fabricação, passava-se à construção e montagem do protótipo. Com o protótipo montado, iniciava-se os testes para verificação do funcionamento e do comportamento da máquina durante a operação. Na ocorrência de problemas durante os testes, fazia-se o reprojeção da máquina ou de partes da máquina, que depois de corrigida, passava por nova série de testes. Encerrada a etapa de testes e reprojeção, passava-se à análise do atendimento do protótipo aos requisitos de projeto inicialmente propostos, gerando novas recomendações para a melhoria do mesmo.

Outra contribuição encontrada no sentido de sistematizar o processo de projeto surgiu em 1986, portanto, após a publicação de Back. Trata-se de um livro sobre técnicas de projeto e métodos de gerenciamento, de autoria de Christianson e Rohrbach (1986), editado pela ASAE⁸⁹, destinado a estudantes de engenharia agrícola e a profissionais atuantes na indústria agrícola. Neste, é apresentado um modelo para o processo de projeto⁹⁰ composto por 14 passos (vide Quadro 3.2). Todavia, apresenta-se pouco detalhado, indicando parcialmente o que fazer, não fornecendo a descrição das tarefas a serem realizadas e se referindo

⁸⁷ Para descrição completa do projeto vide Santos (1987).

⁸⁸ Para o desenvolvimento das concepções dos protótipos das máquinas agrícolas, além do levantamento dos sistemas existentes, os principais métodos empregados incluíam *brainstorming*, matriz morfológica, modelos icônicos, entre outros.

⁸⁹ *American Society of Agricultural Engineers*.

⁹⁰ Os autores não relacionam o modelo a nenhuma metodologia de projeto existente na época. No entanto, indicam em apêndice algumas bibliografias que podem ter sido utilizadas como base para o modelo, como por exemplo: HILL, P. *The Science of Engineering Design*. New York : Holt, Rinehart and Winston, 1970.; PITTS, G. *Techniques in Engineering Design*. New York : Halsted Press, 1973; OSTROFSKY, B. *Designing, Planning and Development Methodology*. New Jersey : Prentice-Hall, 1977.

apenas a algumas ferramentas a serem empregadas durante as atividades (p. ex. *brainstorming* e matriz morfológica).

Outro aspecto não abordado neste modelo é a preparação da produção e o lançamento do produto no mercado. Por outro lado, pode-se observar algumas ações relacionadas ao gerenciamento do projeto, como por exemplo, a declaração escrita do projeto, objetivos, estimativa de tempo e custo de desenvolvimento, explícitas no passo 2.

Quadro 3.2 – Processo de projeto para equipamentos agrícolas.

Passos		Descrição
1	Reconhecimento do problema	Detecção da necessidade
2	Definição do problema	Reconhecimento formal de que um novo projeto existe, incluindo: declaração escrita do problema, lista de variáveis do projeto, método da caixa preta, objetivos do projeto, critérios de projeto, estimativa de tempo e custo de desenvolvimento.
3	Desenvolvimento de idéias	Elaboração de esboços conceituais do problema. Técnicas: <i>Brainstorming</i> , matriz morfológica, visitas a campo com consumidores, reuniões com profissionais da área, feiras.
4	Obtenção de informações	Busca por sistemas que possam solucionar o problema. Inclui: livros, periódicos, normas, catálogos de fabricantes, associações profissionais, laboratórios de ensaios, grupos de pesquisas, resumo de patentes, consultores, distribuidores e revendedores.
5	Continuação do desenvolvimento de idéias	Elaboração de croquis com possíveis soluções.
6	Reavaliação do problema	Análise. Modelagem matemática do problema. Redefinição do problema.
7	Checagem de normas técnicas	Busca por normas que possam auxiliar na solução do problema. Padronização.
8	Revisão das idéias	Desdobramento do problema em partes. Síntese.
9	Exame dos subproblemas	Análise de cada parte. Identificação de pontos críticos.
10	Revisão	Identificação de erros. Considerações do usuário, necessidades físicas e psicológicas, ergonomia.
11	Fixação da solução e início do desenvolvimento	Escolha da solução, descrição dos componentes e suas especificações. Seleção de materiais. Determinação do custo. Segurança e confiabilidade. Desenvolvimento de fornecedores. Considerações de manufatura.
12	Prototipagem	Construção do protótipo para teste.
13	Ensaio	Planejamento dos ensaios. Realização dos testes do protótipo. Medição e avaliação do desempenho. Teste de campo. Análise de erros.
14	Documentação e detalhamento do projeto	Elaboração de desenhos de engenharia.

Fonte: Adaptado de Christianson e Rohrbach (1986).

Apesar da descrição seqüencial, os autores relatam que, como se sabe, o projeto de um produto não é um processo linear, mas sim um processo interativo e iterativo (linhas com setas na Figura 3.3), pois não é suficientemente perfeito da primeira vez em que é realizado. Os testes com modelos e protótipos normalmente

conduzem a modificações da solução e, muitas vezes, à redefinição do problema e portanto, o projeto é um processo de otimização, onde o resultado final é determinado pelo tempo e recursos financeiros disponíveis.

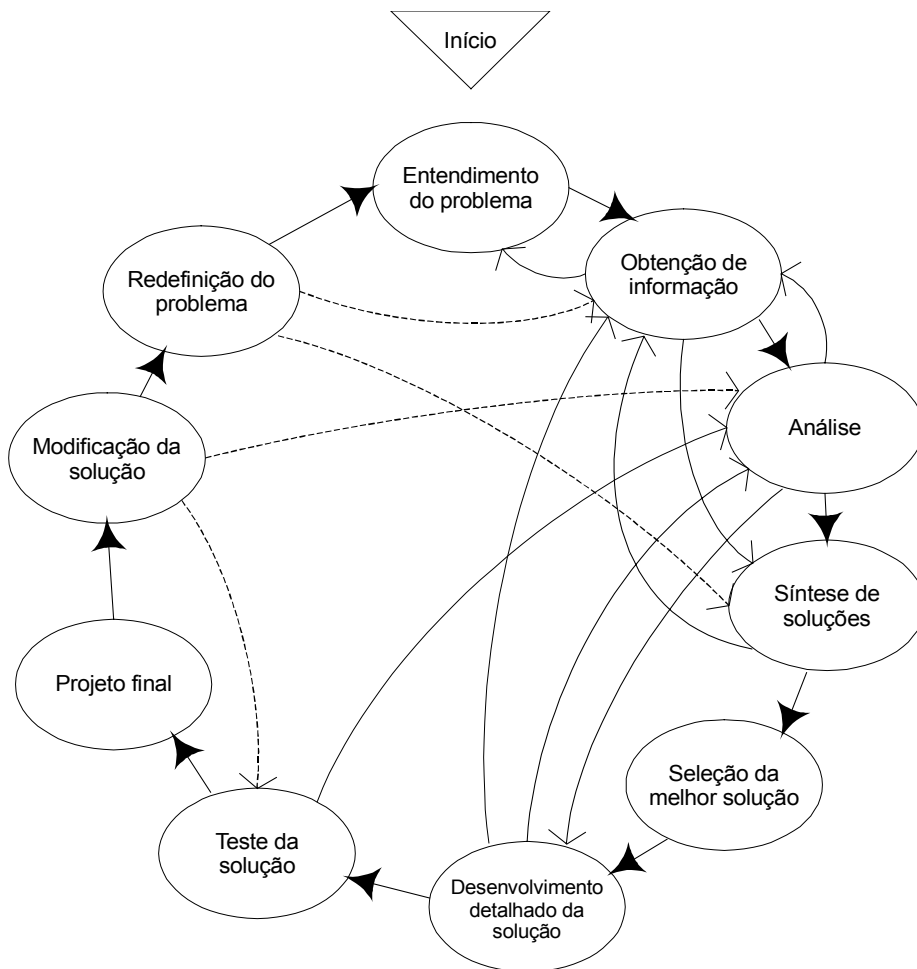


Figura 3.3 – Processo de projeto de uma máquina agrícola.
Fonte: Christianson e Rohrbach (1986).

O modelo apresentado não envolve a elaboração do plano de manufatura, indicando um processo que segue a abordagem tradicional de projeto (seqüencial). De qualquer maneira o processo apresentado já oferece um maior detalhamento em relação ao modelo apresentado em Mialhe (1974), sendo uma boa diretriz sobre o que deve ser feito durante o projeto de um equipamento agrícola, embora não suficiente, pois não detalha o como fazer.

Para exemplificar o processo de desenvolvimento de produtos de uma empresa de máquinas agrícolas, Christianson e Rohrbach (1986) apresentam em seu livro as operações da Divisão de Engenharia da New Holland. O modelo é formado por quatro fases (idéia, projeto, teste e mercado) que se decompõem em vinte e uma ações necessárias para completar o desenvolvimento de um produto, desde a identificação do problema até o lançamento no mercado (vide Quadro 3.3).

Quadro 3.3 – Modelo de desenvolvimento de produto da New Holland.

Fase	Descrição	
Idéia	1	As idéias de novos desenvolvimentos partem de várias fontes, mas são geralmente expressas pelos clientes através das áreas de marketing, assistência técnica, engenharia ou pela gerência. As mesmas são encaminhadas à engenharia para avaliação inicial e desenvolvimento.
	2	Idéias patenteáveis têm uma data de início estabelecida e esforços são empregados para obtenção da patente.
	3	Novos conceitos são encaminhados à engenharia de desenvolvimento para aplicação em novos produtos.
	4	Os grupos de projeto são: colhedoras, enfardadeiras, ferramentas para forragem e pulverizadores.
	5	Um planejamento do projeto é feito pelo comitê de produto, composto por membros da engenharia, manufatura e marketing. A engenharia é responsável pelos testes do produto, desenhos, etc., e pelo orçamento do projeto. Marketing prepara as estimativas de mercado e a manufatura avalia a produção.
	6	O plano do projeto inclui outros dados de apoio, sendo o mesmo apresentado à gerência para aprovação. Revisões são realizadas duas vezes por ano, mas novos projetos podem ser aprovados a qualquer momento.
Projeto	7	O projeto inicia, os projetistas são designados conforme as necessidades do projeto, para desenvolver o leiaute do produto, croquis, etc. Um conjunto de desenhos preliminares dos componentes são encaminhados à manufatura para avaliação.
Teste	8	O grupo de normalização avalia os desenhos para verificar a conformidade com as normas de engenharia. Aprovações especiais são requeridas para casos de não conformidade.
	9	A primeira unidade ou unidades são feitas a mão entre seis e oito semanas. Um relatório de montagem e serviço é escrito para teste do produto.
	10	Testes do produto são realizados em laboratório de ensaios de tensão, ensaios mecânicos e operações de campo. Estes são usados para encontrar os objetivos predeterminados. As funções podem ser avaliadas em uma primeira seção de testes. Confiabilidade e durabilidade requerem um adicional de dois anos de um projeto normal de três anos de duração. Durante este período esforços são feitos para testar o produto em todas as condições possíveis de campo e safra.
	11	As primeiras unidades são atualizadas e unidades adicionais são fabricadas para testes adicionais. Um relatório preliminar do produto testado é escrito, informando como o projeto está progredindo, apontando possíveis problemas, aspectos de segurança e outras informações que forem pertinentes. Relatórios diários são recebidos de todas as unidades em teste de campo e relatórios resumo são escritos mensalmente para todos os grupos de produtos.
	12	Depois dos objetivos terem sido atingidos, a área de projeto do produto prepara os desenhos para divulgação preliminar.
	13	Esses desenhos são revisados para verificação de sua exatidão, sendo dada a última revisão de conformidade com as normas.
	14	O setor de especificações prepara a lista dos componentes e a estrutura do produto, e aprova as informações para a Manufatura.
	15	Alterações de engenharia são usadas para corrigir erros ou melhorar componentes em linha.
	16	Relatórios de aprovação dos testes do produto são aprovados para divulgação final.
	17	A divulgação final comunica oficialmente a manufatura o início da produção.
	18	As características, informações de operação e desempenho do produto são repassadas pela engenharia de produto às áreas de marketing e assistência técnica.
	19	É montada uma máquina para uso em divulgação comercial e na assistência técnica.
	20	Relatório final de teste do produto dá a aprovação para o início da comercialização.
	Mercado	21

Fonte: Adaptado de Christianson e Rohrbach (1986).

A primeira fase, “idéia”, caracteriza a seleção do projeto que será desenvolvido, bem como, a aplicação de novos conceitos e tecnologias. Envolve a elaboração do plano do projeto, o qual é submetido à aprovação da gerência responsável, determinando, assim, a conclusão desta fase. A fase seguinte, “projeto”, é traduzida como a execução do plano do projeto, com a realização das tarefas necessárias à elaboração do projeto do produto. É interessante destacar que as etapas sob as quais se desmembra esta fase não são apresentadas, nem ao menos indica o uso de metodologias ou ferramentas de projeto. Por outro lado, indica a participação da área da manufatura para avaliação dos desenhos preliminares, o que induz a pensar que existia a participação da mesma no desenvolvimento da concepção do produto. A fase de “teste” é a mais detalhada do modelo. Apesar de estar situada no modelo à parte da fase do projeto, ela está e é diretamente relacionada, uma vez que o projeto só se encerra, normalmente, após o início da produção e lançamento do produto no mercado. Nesta fase é feita a construção do protótipo para execução dos testes de verificação das soluções adotadas em condições reais de campo, e possíveis modificações. Após aprovação dos testes, os desenhos do produto são concluídos e liberados para a produção. A última fase, “mercado”, promove o lançamento do produto para comercialização.

O modelo da New Holland apresenta um roteiro macro do processo de desenvolvimento de produtos, descrevendo o processo desde a obtenção da idéia até o lançamento do produto no mercado. Percebe-se uma certa semelhança com o processo apresentado por Kepner *et alii* (1972), principalmente na fase de testes. Pode-se dizer que o nível de detalhamento é baixo, e que o modelo não faz nenhuma referência à aplicação de metodologias e ferramentas de projeto. Sobre gerenciamento de projetos, os itens 4, 5 e 6 do Quadro 3.3 fazem alguma referência aos planos de projeto para a linha de produtos vigente na época.

Durante a década de 90, foram incorporados à metodologia de projeto utilizada no desenvolvimento dos protótipos de máquinas agrícolas do LP/UFSC, novos métodos⁹¹ (p. ex. QFD⁹², síntese funcional, entre outras), e a fase de “estudo de viabilidade” foi subdividida em duas novas fases “esclarecimento da tarefa” e “projeto conceitual” conforme preconiza o modelo de Pahl e Beitz (1996). O Quadro 3.4 lista os projetos de máquinas agrícolas e outros equipamentos desenvolvidos.

Numa análise mais detalhada da metodologia de projeto utilizada no desenvolvimento dos protótipos, verificou-se alguma variação devido às especificidades de cada projeto. De um modo geral, as principais ferramentas utilizadas em cada fase foram:

- ◆ Fase I – Esclarecimento da tarefa⁹³ – a ferramenta utilizada foi o QFD, com o objetivo de obtenção e

⁹¹ Nesta época iniciava-se no LP/UFSC uma nova linha de pesquisa denominada de desenvolvimento de metodologias de projeto, em função do reconhecimento de que este tema era e é uma área prioritária e estratégica de pesquisa e desenvolvimento. Os trabalhos desenvolvidos nesta linha de pesquisa, visam o aprimoramento de metodologias que sistematizem, de forma integrada, o processo de projeto e o desenvolvimento de produtos.

⁹² Sigla de *Quality Function Deployment* – desdobramento da função qualidade.

⁹³ Atualmente a fase de esclarecimento da tarefa é denominada, no âmbito do NeDIP/UFSC, de projeto informacional.

valoração das necessidades e desejos dos consumidores, para posterior definição dos requisitos de projeto. Com estas informações, se estabelece a correlação entre as mesmas, gerando o resultado principal do QFD, ou seja, os requisitos de projeto hierarquizados.

- ◆ Fase II – Projeto conceitual – utilizou-se a análise funcional para construção das estruturas funcionais da máquina agrícola, isto é, para a determinação da função global e do seu desdobramento em funções parciais e elementares, considerando as entradas e saídas de energia, material e sinal. Para a seleção da estrutura funcional mais adequada, utilizou-se a matriz de decisão de desempenho e custo. Para a geração de soluções alternativas para o produto, o método da matriz morfológica é o mais utilizado.
- ◆ Fase III – Projeto preliminar – utilizou-se modelos do produto em escala para análise preliminar e dimensionamento.
- ◆ Fase IV – Projeto detalhado – utilizou-se o CAD como principal ferramenta para a elaboração dos desenhos dos componentes e de conjunto da máquina.

Quadro 3.4 – Exemplos de protótipos de máquinas agrícolas e outros equipamentos desenvolvidos a partir de meados de 1993, no LP-NeDIP/UFSC.

ANO	Resultado do projeto
1993	Protótipo de máquina colhedora de alho
1994	Protótipo de um microtrator: tração e preparo de sulcos
1995	Protótipo de um microtrator articulado: módulo porta implemento
1995	Protótipo da semeadora por covas para plantio direto
1996	Implemento para a abertura e adubação de sulcos no plantio direto
1997	Semeadora de arroz pré-germinado (reprojeto)
1997	Equipamentos para manejo mecânico de cobertura vegetal
1997	Sistema de mecanização do cultivo do alho
1998	Semeadora adubadora por covas acoplável a tratores de rabiças
1998	Implementos para a mecanização nos sistemas conservacionistas em pequenas propriedades
1999	Picador para coberturas vegetais
1999	Protótipo de um separador de sólidos de dejetos animais, destinado à pequena propriedade rural
2000	Sistema modular para a mecanização agrícola conservacionista em pequenas propriedades
2001	Máquina para o transplante de mudas de cebola para o sistema de plantio direto
2002	Máquina transplantadora para pequenas propriedades rurais
2003	Sistema modular para a mecanização da cultura de mexilhões
2003	Concepção para a dosagem e deposição de precisão para sementes miúdas

Como descrevem os trabalhos realizados no NeDIP/UFSC, a aplicação da metodologia de projeto ao processo de projeto de máquinas agrícolas, permite realizar o desenvolvimento dos protótipos de maneira sistematizada, otimizando recursos e tempo, favorecendo a evolução das informações, inicialmente qualitativas e abstratas (necessidade de atender uma demanda), para um nível quantitativo e físico (desenhos com especificações e protótipo da máquina). Um maior detalhamento do modelo utilizado para o desenvolvimento de máquinas agrícolas no NeDIP/UFSC será abordado nas próximas seções.

3.2. O PROCESSO ATUALMENTE PRATICADO NA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS

Sobre o processo atualmente praticado pelas empresas do setor, Mialhe (1996) menciona que ainda existem algumas evidências⁹⁴ de que a indústria de máquinas agrícolas não saiu completamente da “era do ferreiro”, no entanto, destaca alguns progressos em setores específicos, como no caso das empresas produtoras de tratores e colhedoras automotrizes, justificando tal progressão em função da evolução da metodologia de projeto, na qual o autor evidencia o papel do ensaio de laboratório e de campo.

Através do relato das atividades de pesquisa e de desenvolvimento de produtos de algumas empresas participantes do 1º Workshop sobre Mecanização Agrícola na Região de Clima Temperado (1996), realizado em Pelotas no Estado do Rio Grande do Sul, depreende-se que o processo praticado era uma “caixa preta” e, de certa forma, deficiente (vide Quadro 3.5), pois quando as empresas se referiam ao mesmo, destacavam apenas a utilização de sistemas CAD como indicador de uma boa prática do processo, o que, como se sabe, não é suficiente. As empresas não explicaram naquele workshop como o processo é conduzido, sendo que apenas uma declarou a adoção da engenharia simultânea nos seus projetos, sem no entanto detalhar como isso é feito. Por outro lado, as empresas ressaltaram a necessidade de uma maior intercâmbio entre as empresas com as instituições que realizam pesquisas para a obtenção de melhores resultados.

Em trabalho mais recente (Passos e Calandro, 1999) o tema projeto de produto é apresentado sob o contexto das estratégias adotadas, pelas empresas do setor de máquinas agrícolas, para a ampliação do conhecimento tecnológico aplicado aos produtos. O estudo afirma que as empresas pesquisadas empreendem esforços⁹⁵ para aumentar o conhecimento e habilidades existentes, permitindo uma melhor absorção das informações disponíveis, incrementando suas capacidades tecnológicas, responsáveis por fornecerem condições às empresas para adquirirem, usarem, adaptarem e mudarem a tecnologia gerada em outras indústrias/setores ou, até mesmo, para criarem novas. Em outras palavras, o estudo revela que grande parte da

⁹⁴ O autor não apresenta as evidências a que se refere.

⁹⁵ Dahab (1993) já havia relatado sobre esses esforços, indicando que mais de 70% das empresas de implementos agrícolas despendiam cerca de 1 a 2% do faturamento em atividades relacionadas a treinamento técnico, desenvolvimento de produto e otimização de processos. Já as empresas de tratores e cultivadores, tinham dispêndios da ordem de 3 a 5% do faturamento, e enfatizavam que grande parte destes recursos era direcionada para a engenharia de projeto, no detalhamento de protótipos advindos de suas matrizes.

capacidade existente nas empresas de máquinas agrícolas é decorrente de esforços realizados para a cópia e adaptação de máquinas existentes no mercado, sejam estas importadas ou não.

Quadro 3.5 – Relato das atividades de pesquisa e desenvolvimento de máquinas agrícolas de algumas empresas.

Descrição das empresas
Empresa 1. O processo praticado parte dos resultados das pesquisas na área agrônômica, os quais são transformados em produtos dentro do departamento de engenharia da empresa, através do uso de ferramentas atualizadas de CAD/CAM/CAE.
Empresa 2. A empresa realiza duas linhas de pesquisa: (i) desenvolvimento de novos modelos e de dispositivos agregados a modelos já existentes no mercado; (ii) desenvolvimento de novos produtos para atender a novas demandas de mercado. Os produtos são desenvolvidos através da utilização de sistemas CAD e testados estaticamente e no campo.
Empresa 3. Os projetos são voltados para o desenvolvimento e aperfeiçoamento dos produtos fabricados. A empresa mantém um processo constante de busca de informações e de troca de experiências com órgãos de assistência técnica e pesquisa, além do contato direto com os produtores rurais, com revendedores e empresas produtoras de sementes e insumos. Desse intercâmbio são tirados os subsídios para se chegar aos implementos demandados.
Empresa 4. A empresa desenvolve implementos para tratores pequenos, com o propósito de atender pequenas propriedades rurais. Os produtos são desenvolvidos em conjunto com instituições de pesquisa, a partir de informações obtidas junto ao agricultor.
Empresa 5. Os consumidores avaliam os produtos disponíveis no mercado através de questionários. A análise dos resultados geram sugestões para os novos produtos, que são desenvolvidos, sempre que possível, com a participação de universidades. Os produtos são acabados na fábrica e levados ao campo, para testes e correções. Depois de aprovado nos testes, é feito um lote de 50 a 100 unidades que são colocadas no mercado. Após um período de espera sobre a reação do mercado com relação à qualidade, o produto está pronto para ser comercializado.
Empresa 6. O desenvolvimento de produtos parte da necessidade do cliente (obtida através de pesquisas, de contato com clientes, informações de revendedores). Depois de detectada a necessidade comercial desse novo produto e determinada a sua viabilidade, inicia-se o desenvolvimento de produto com a participação de todas as áreas (p. ex. engenharia de processos, literatura técnica, linha de montagem, projeto, engenharia experimental, protótipo), as quais trabalham simultaneamente no sentido de evitar que, após concluída uma determinada fase do projeto e iniciada a seguinte, tenha que se corrigir alguma falha anterior para poder dar continuidade ao projeto (engenharia simultânea). Com relação aos fornecedores de componentes, estes são envolvidos no projeto desde o seu início. Com o trabalho da engenharia simultânea aplicado, a empresa reduziu o tempo do projeto, da concepção até chegar ao cliente, em cerca de um terço.
Empresa 7. Em termos de pesquisa alguns trabalhos são realizados junto às instituições de pesquisa. Outra fonte de informação é a parceria com agricultores que trabalham com tecnologia mais avançada e que possuem tendência a serem inovadores, resultando em desenvolvimento de produtos de boa qualidade sobre as idéias de produtores. O campo é um laboratório de pesquisa de conhecimento indispensável para a empresa, além das vendas.
Empresa 8. Os desenvolvimentos de produtos são realizados em alguns casos com o auxílio de consultores técnicos e parcerias com universidade e clientes, além de intercâmbio com universidades e professores do exterior e visitas à feiras internacionais.

Fonte: Workshop sobre Mecanização Agrícola na Região de Clima Temperado (1996).

Passos e Calandro (1999) relatam que a estratégia utilizada no processo de projeto para formalizar esta prática é baseada no licenciamento de tecnologia e nas atividades de P&D, apesar desta última ser deficiente. Assim, segundo os autores, a combinação de cópia e desenvolvimento próprio de produto com compra de tecnologia no exterior, aumentaram as habilidades de algumas empresas nessas atividades.

No entanto, com relação ao licenciamento de tecnologia, as empresas fabricantes de implementos agrícolas comportam-se de maneira distinta das fabricantes de tratores e colhedoras (Passos e Calandro 1999).

Ou seja, não foi verificada a utilização dessa estratégia⁹⁶ em nenhuma empresa deste segmento, sendo os produtos desenvolvidos através de adaptações de produtos já existentes no mercado. Por outro lado, no que se refere aos fabricantes de tratores e colhedoras, em função do tipo de produto fabricado, do porte das empresas e da propriedade do capital, é comum os contratos de transferência tecnológica, sendo o produto desenvolvido no exterior⁹⁷, nas empresas matrizes, cabendo às unidades instaladas no Brasil realizar algumas adequações do produto às condições locais de clima e de solo, e às exigências do produtor rural brasileiro.

Uma descrição de como o processo ocorre na maioria das empresas do setor é feita por Centeno (2000). Segundo o autor, o modelo tradicional do processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas envolve, normalmente, seis áreas distintas da empresa (marketing, engenharia, manufatura, compras, vendas e pós-vendas), sendo o mesmo ilustrado na Figura 3.4.

Todavia, Centeno (2000) observa que este modelo vem sofrendo mudanças, principalmente nas empresas de grande porte, passando a ser mais integrado e simultâneo, fato este também descrito por Passos e Calandro (1999) e por Pinheiro (1999).

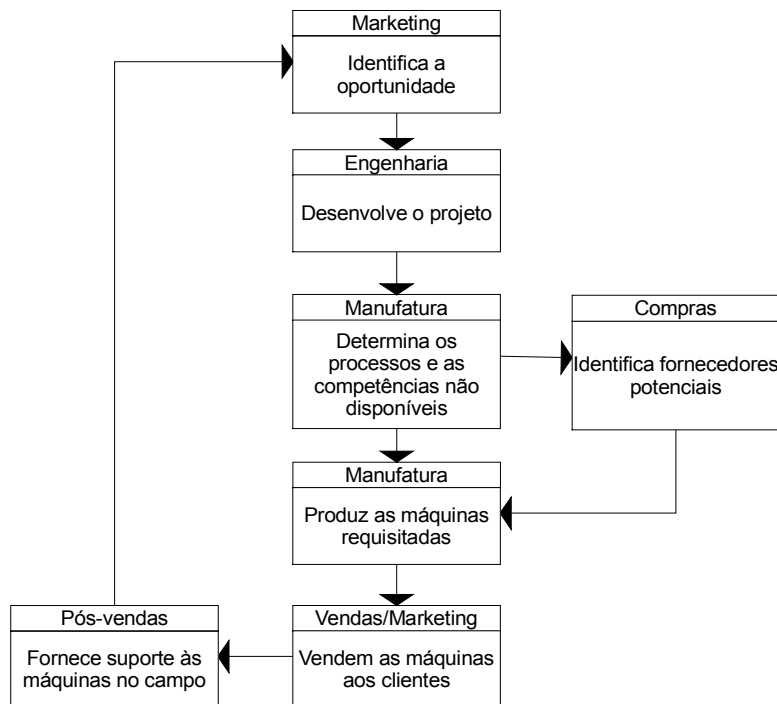


Figura 3.4 – Modelo tradicional do processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas.

⁹⁶ Os fatores levantados para a ocorrência desse fato se relacionam: ao porte reduzido das empresas; à localização geográfica (interior do Estado de Rio Grande do Sul); ao conhecimento existente na empresa; a instabilidade financeira de algumas empresas de menor porte; além da própria estrutura organizacional e o fato das empresas não possuírem departamentos de engenharia de produto e de processo institucionalizados.

⁹⁷ De acordo com Dall'Agnol (2001), as empresas AGCO, John Deere e CASE-New Holland, instaladas, respectivamente, nos Estados do Rio Grande do Sul, Minas Gerais e Paraná, trazem de suas matrizes no exterior projetos de produtos baseados em plataformas mundiais, mas que precisam ser adaptados às condições locais para melhor desempenho.

É consenso entre os profissionais que atuam na área, que o processo descrito Figura 3.4 representa a prática realizada pela grande maioria das empresas instaladas no Brasil, sendo caracterizado pelo seqüenciamento das atividades de diferentes áreas funcionais, sem a integração entre o projeto do produto e o projeto do processo de manufatura. Entretanto, em função das características de cada empresa – porte, capital, estrutura organizacional, qualificação dos recursos humanos, capacidade produtiva, mercado de atuação, tipologia de projeto, etc. – o modelo praticado pode variar, atendendo a cada caso em particular.

Um exemplo típico do modelo tradicional pode ser visto no fluxograma da Figura 3.5, utilizado por uma empresa de capital nacional, de médio porte, fabricante de máquinas para plantio direto, pulverizadores entre outros implementos agrícolas, localizada no Estado do Rio Grande do Sul. Analisando o modelo⁹⁸ identificam-se quatro fases: (i) determinação da demanda; (ii) desenvolvimento do projeto do produto; (iii) elaboração do projeto do processo de manufatura/preparação da produção; e (iv) produção/comercialização.

Na fase de determinação da demanda, é realizada uma pesquisa de campo, na qual registram-se as informações e solicitações dos clientes, sugestões de revendedores e fornecedores. Incluem-se, também, sugestões de técnicos da empresa. Baseado nesta pesquisa, faz-se a definição do perfil técnico do produto, ou seja, determina-se as principais características que o produto deve ter para atender à demanda do mercado. Elabora-se um plano, com informações gerais e estimativas de custo industrial do produto, preço de venda, segmento do mercado atendido, entre outros dados. Esse plano é submetido à direção para avaliação. Caso não seja aprovado, avalia-se a necessidade de realizar nova pesquisa de campo.

Sendo aprovado, passa-se para a fase de projeto do produto que envolve a elaboração dos desenhos de protótipo através do sistema CAD. Estando concluída essa tarefa, inicia-se a construção do protótipo de acordo com as especificações definidas. Uma vez montado, o protótipo é submetido a testes para verificação do comportamento da solução adotada. Com os resultados dos testes o protótipo é submetido à aprovação. Caso não seja aprovado, verifica-se a necessidade de um novo projeto. Se assim for, desenvolve-se outro projeto, considerando, agora, os problemas encontrados no protótipo, seguindo o processo indicado até nova avaliação. Caso não seja necessário novo projeto, realizam-se modificações diretamente no protótipo, até alcançar os objetivos de desempenho do produto. Uma vez aprovado o protótipo, passa-se para a fase de projeto do processo de manufatura/preparação da produção.

O projeto do processo de manufatura/preparação da produção envolve a realização de um estudo com a participação da engenharia de produto e da engenharia de fabricação para elaboração do ferramental necessário para a produção do novo produto, bem como para avaliar a necessidade de ajustes ou otimização dos processos de fabricação. Depois de projetado o ferramental necessário, fabrica-se o mesmo para produção de um lote piloto para teste. Caso não seja aprovado, verifica-se a necessidade de novo projeto ou correção do existente, para seqüência dos testes. Uma vez aprovado o ferramental, passa-se para a última fase do processo, produção/comercialização, que inclui a implementação da estrutura básica do produto e a liberação dos

⁹⁸ Fornecido pela empresa durante uma entrevista.

desenhos de engenharia para início de produção. Depois de produzidos os primeiros lotes, a comercialização do produto é iniciada, e os mesmos são acompanhados no campo, sofrendo permanentes modificações de melhorias e atualização tecnológica.

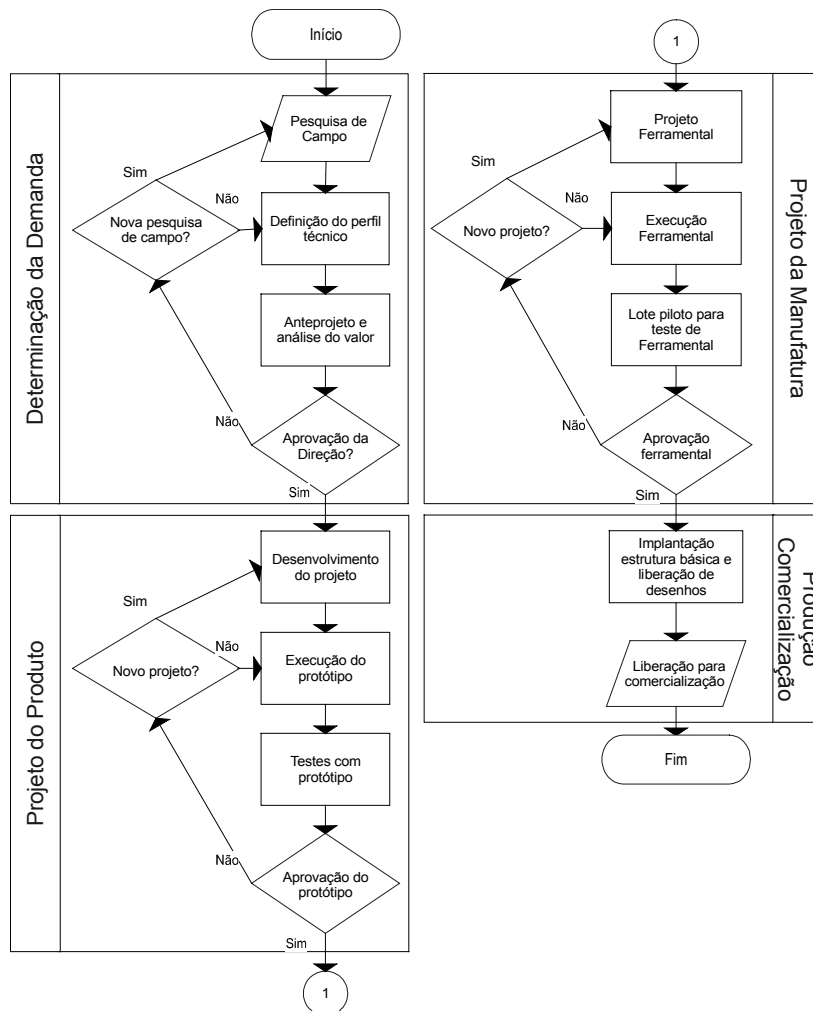


Figura 3.5 – Modelo de desenvolvimento de máquinas agrícolas de uma empresa de médio porte.
Fonte: Romano *et alii* (2001a).

Segundo o informado, apesar da empresa possuir um modelo para o processo, a mesma não o segue com rigor, sendo a maioria dos projetos realizados de modo informal, de acordo com a experiência do responsável pelo projeto. A duração do processo de desenvolvimento do produto é superior a 18 meses, sendo caracterizado, conforme exposto acima, por um processo inteiramente seqüencial, realizando o projeto da manufatura somente após encerrar o projeto do produto.

3.2.1 Levantamento de Informações junto a Empresas do Setor – Parte 1

Com o intuito de levantar informações mais detalhadas acerca do processo atualmente praticado pela indústria de máquinas agrícolas, foram elaboradas algumas perguntas e enviadas por correio eletrônico para 16 empresas (nacionais e estrangeiras instaladas no Brasil), sendo as mesmas direcionadas aos profissionais responsáveis pelo desenvolvimento de produto, a fim de conhecer suas opiniões sobre o tema abordado neste trabalho.

Das 16 empresas convidadas a participar da pesquisa, apenas três profissionais responderam e um declarou estar impossibilitado de respondê-las, por motivos internos à empresa. Os que responderam, trabalham diretamente no processo de desenvolvimento de produtos, sendo dois representantes de empresas de grande porte e capital estrangeiro (empresas 1 e 2), produtoras de tratores e colhedoras, e um representante de uma empresa de porte médio e capital nacional (empresa 3), produtora de máquinas e implementos agrícolas.

As perguntas formuladas e as respostas recebidas estão descritas no Quadro 3.6. Mesmo em pequeno número, as respostas retratam a situação deste segmento industrial em relação ao tema pesquisado, sob o ponto de vista dos profissionais que nele atuam.

Sobre a primeira pergunta, destaca-se a informação da mudança que vem ocorrendo no setor, que começa a se concentrar em empresas de médio e grande porte, onde as mesmas estão passando a possuir estruturas e processos mais formais. Esta é uma importante sinalização para a realização de coleta de informações junto a empresas desse porte. Outro aspecto é a presença no parque fabril brasileiro de todas as maiores marcas mundiais, o que significa uma maior transferência de tecnologia das empresas matrizes para as unidades aqui instaladas.

O objetivo da segunda pergunta era saber se as empresas realizavam ou não o processo de desenvolvimento de produto, e se o mesmo era formal ou não. Pôde-se verificar que o processo é realizado, apesar deste não envolver a fase de desenvolvimento da concepção do produto, uma vez que, como verificado em trabalhos anteriores (Brasil, 1984a; Brasil, 1984b; Passos e Calandro, 1999), as empresas realizam adaptações de produtos já existentes. As respostas apresentadas sobre a situação do segmento com relação ao processo de desenvolvimento de produto apresentam duas características. A primeira, verificada nas empresas de grande porte e capital estrangeiro, apresenta a adoção de modelos de desenvolvimento baseados naqueles utilizados em suas matrizes, e processos de projeto voltados para adaptações de produtos desenvolvidos no exterior. A segunda, é verificada na empresa de médio porte e capital nacional, que conduz o processo de desenvolvimento de produto de acordo com a experiência dos profissionais que nelas atuam.

A idéia da terceira pergunta era de revelar como se dá o processo de desenvolvimento de produto. Pela resposta de uma empresa pôde-se ter a confirmação da pergunta anterior, ou seja, nas grandes empresas os processos passam a seguir modelos de desenvolvimento de produtos formais, seguindo os preceitos da engenharia simultânea. Já nas demais empresas, o processo tende a ser conduzido conforme a experiência dos profissionais, sem a utilização de modelos ou quaisquer outros procedimentos.

Quadro 3.6 – Respostas ao questionário enviado às empresas fabricantes de máquinas agrícolas.

Pergunta 1 – Como está apresentado atualmente o segmento industrial de máquinas e implementos agrícolas brasileiro?	
Empresa 1	O setor de máquinas agrícolas brasileiro está mudando substancialmente nesta virada de século. De um setor pulverizado em inúmeras empresas familiares, com estruturas e processos informais, estamos migrando rapidamente para um setor mais concentrado em médias a grandes empresas, muitas com capital estrangeiro, com estruturas altamente profissionalizada e processos muito bem definidos. Esta mudança está permitindo, também, readequar o porte e a capacidade desta indústria à estrutura do mercado, uma vez que nosso parque original havia sido dimensionado na época do "milagre brasileiro", quando se chegou a falar numa demanda anual de mais de 100 mil tratores.
Empresa 2	Aí vão algumas informações sobre o seguimento de máquinas agrícolas no Brasil: somos um dos poucos países do mundo que possui fábrica de todas as maiores marcas agrícolas (Massey Ferguson, CASE-New Holland, John Deere). Todos têm ampliado suas fábricas de tratores ultimamente, mais por ampliação de mercados externos do que internos, não se pode dizer o mesmo de colheitadeiras.
Empresa 3	Não dispomos de dados sobre a situação das empresas do ramo no Brasil. Sabemos apenas que a maioria das empresas de porte médio ou grande está passando por dificuldades financeiras de longo prazo em função de débitos fiscais. NOTA: A economia dos países da América Latina, principal mercado da indústria brasileira de máquinas agrícolas, passa por um período muito difícil, sendo o Brasil uma exceção, pois a combinação de fatores como inflação controlada, disponibilidade de crédito a juros compatíveis, bom momento da cana-de-açúcar e algodão no centro-oeste e noroeste, ativaram o mercado interno proporcionando alta produção em 2000 na maioria das empresas, caracterizando-se numa grande oportunidade de recuperação para as empresas em dificuldades financeiras.
Pergunta 2 – Qual a situação atual deste segmento com relação ao processo de desenvolvimento de produtos?	
Empresa 1	O desenvolvimento de produtos nesta nova indústria também passou a ser mais formal, com a adoção de processos e tecnologias muitas vezes importados de parceiros/controladores/novos donos estrangeiros. De qualquer modo, hoje se verifica com clareza a adoção de processos muito mais eficazes para o desenvolvimento de novos produtos do que os de 15 anos atrás, qualificando muito mais o produto da indústria brasileira de máquinas agrícolas.
Empresa 2	O processo de desenvolvimento sempre existiu. Só que agora está mais voltado à adaptações de produtos lá de fora. Em implementos, que era uma exceção, também está mudando, pois estão cada vez mais tecnologicamente avançados.
Empresa 3	As indústrias de máquinas agrícolas, em geral, desenvolvem seus produtos com características particulares (diferenciadas) visando usufruir de vantagens técnicas em relação aos seus concorrentes.
Pergunta 3 – De uma forma geral, como é feito o processo de desenvolvimento de produtos?	
Empresa 1	Estes processos tendem a ser simultâneos, executados por equipes multidisciplinares e em etapas controladas por processos muito bem definidos e controlados.
Empresa 2	[Não respondeu]
Empresa 3	Os produtos desenvolvidos pela engenharia não seguem com rigor o cronograma padrão de desenvolvimento de produto. O novo produto surge a partir de informações e solicitações de clientes, experiências anteriores com produtos de uso similar, sugestões de revendedores e fornecedores e também iniciativa dos técnicos da empresa. A partir daí são elaborados desenhos de protótipos via CAD, em seguida é fabricado o protótipo que é testado e modificado em relação aos resultados dos testes ou feitos novos protótipos até alcançar o objetivo de desempenho do produto. Na seqüência é feito um estudo com a participação da engenharia e indústria para a otimização do processo de fabricação e elaboração de ferramentais. Os produtos depois de lançados no mercado são acompanhados a campo e sofrem modificações de melhoria e atualização tecnológica.
Pergunta 4 – Você conhece a existência de algum trabalho que trate do assunto no setor de máquinas e implementos agrícolas?	
Empresa 1	Não conheço nenhum trabalho recente sobre este assunto.
Empresa 2	O melhor trabalho que conheço sobre o assunto é o nosso próprio manual de desenvolvimento de produtos, que recebeu mérito na certificação da ISO9002. Realmente é muito bom com todas as etapas de desenvolvimento.
Empresa 3	Não temos conhecimento de trabalhos dentro do enfoque abrangido por estas questões.

Objetivou-se com a última pergunta a verificação do conhecimento dos profissionais da área de desenvolvimento de produto das indústrias sobre a existência de trabalhos que tratem desse tema aplicado aos produtos do setor. Observa-se pelas respostas, a escassez de trabalhos que tragam contribuições para a melhoria das tarefas envolvidas no desenvolvimento de máquinas agrícolas. Assim, essa é outra importante sinalização que motiva a realização de estudos sobre o processo.

As mesmas perguntas foram enviadas para alguns pesquisadores brasileiros que desenvolvem seus trabalhos na área de máquinas agrícolas. Pôde-se perceber que existe um consenso entre os mesmos, e que, de certa forma, a opinião dos pesquisadores reflete as mesmas informações recebidas das empresas. Abaixo se transcreve uma delas.

A indústria local esta sofrendo uma forte influência da globalização e concentração das atividades nas três grandes (AGCO, John Deere e CASE-New Holland) que anunciam e já começam a produzir implementos no Brasil. As locais estão em condições financeiras muito ruins e as poucas que se sobressaem estão se alinhando a parceiros do exterior para renovar o produto. Não tenho dados recentes de perfil da indústria. Sobre o processo de desenvolvimento de produto, o que se sabe é que as empresas copiam e adaptam projetos. Não desenvolvem e, portanto, não seguem processos sofisticados de desenvolvimento. O processo é feito através da definição de demanda e muita cópia. No momento não conheço a existência de trabalhos que envolvam este setor.

3.2.2 Levantamento de Informações junto a Empresas do Setor – Parte 2

Considerando o pequeno número de respostas recebidas na pesquisa realizada através do correio eletrônico, foi elaborado outro questionário⁹⁹, para ser aplicado pessoalmente junto aos fabricantes, durante a realização de uma feira de máquinas agrícolas, ocorrida em 2000. Nesta feira foram expostos os produtos de pelo menos 26 empresas filiadas ao SIMERS¹⁰⁰. Foram visitados 17 estandes de empresas fabricantes de máquinas agrícolas. Das empresas visitadas, três declararam estar impossibilitados de responder a pesquisa¹⁰¹ composta pelos seguintes pontos:

⁹⁹ Vide Apêndice A.

¹⁰⁰ Sindicato das Indústrias de Máquinas e Implementos Agrícolas do Rio Grande do Sul. Fundado em 1977, o sindicato conta com um universo de aproximadamente 400 empresas diferenciadas (máquinas agrícolas automotrizes; tratores agrícolas; máquinas agrícolas não automotrizes; implementos agrícolas; silos e equipamentos de ensilagem, armazenagem e secagem de grãos; máquinas para seleção e tratamento de sementes; entre outras), 20 mil empregos diretos e 100.000 empregos indiretos, considerados as redes e revendas, distribuição e representação. SIMERS (2003).

¹⁰¹ Encontrou-se em grande parte das empresas visitadas, uma certa resistência em participar da pesquisa, a qual era justificada ora pela ausência de profissionais da área, ora pelo desconhecimento do tema. Nas que concordavam em participar depois de explicar do que se tratava a pesquisa, os responsáveis pelos estandes identificavam os profissionais que conheciam o processo de desenvolvimento de produtos da empresa para responder as questões.

- ◆ Dados gerais da empresa – razão social, localização, número de funcionários, linha de produtos, mercado de atuação, certificação NBR ISO 9001.
- ◆ Caracterização do setor de desenvolvimento de produto – nome do setor, estrutura organizacional, matriz “tarefa x responsabilidade”.
- ◆ Caracterização do processo de desenvolvimento de produto – tipo de projeto desenvolvido; duração; planejamento do produto; planejamento do projeto; formalização do processo; processo seqüencial ou simultâneo.
- ◆ Caracterização da equipe de desenvolvimento de produto – formação acadêmica; enfoque do curso realizado; conhecimento de metodologias de projeto e de modelos de gerenciamento de projetos.

Das quatorze empresas que responderam, quatro eram de pequeno porte (possuem menos de 100 funcionários¹⁰²), seis de médio porte (entre 100 e 500 funcionários) e quatro de grande porte (mais de 500 funcionários). Onze empresas tinham suas fábricas localizadas no Estado do Rio Grande do Sul¹⁰³, e as três empresas restantes nos Estados de Santa Catarina, Paraná e São Paulo. Das empresas que não responderam, duas se localizavam no Rio Grande do Sul e uma em São Paulo. Os principais produtos fabricados e comercializados pelas empresas entrevistadas eram: tratores, colhedoras, semeadoras, distribuidores de fertilizantes, pulverizadores, plataforma para colheita de milho, subsoladores, arados, rolos faca, grades, enxadas rotativas, espalhador de palha, sulcadores, roçadeiras, entre outros.

Com relação à certificação das empresas pela norma NBR ISO 9001, que rege todas as fases do processo produtivo, desde o projeto do produto até a assistência técnica, nenhuma empresa possuía esta certificação. O nome do setor no qual é realizado o desenvolvimento do produto variou bastante de empresa para empresa, incluindo as seguintes denominações: engenharia de produto; desenvolvimento; protótipo; engenharia; engenharia de protótipo; desenvolvimento de projetos e desenvolvimento de produto. A estrutura organizacional utilizada nos projetos era funcional em todas as empresas, e não existia em nenhuma delas, uma matriz “tarefa x responsabilidade” definindo formalmente o responsável por determinada tarefa durante o processo de desenvolvimento do produto. A prática das empresas era a de designar responsabilidades à medida que o projeto ia sendo executado.

As questões relacionadas ao processo de desenvolvimento da máquina agrícola procuraram explorar um conjunto de tópicos que definisse claramente a forma como o processo é realizado, mas, sobretudo, avaliasse o conhecimento existente na empresa sobre o tema pesquisado. Assim, quanto ao tipo de projeto desenvolvido, com exceção de um entrevistado¹⁰⁴, todos os outros responderam que desenvolvem três tipos de

¹⁰² Classificação definida pelo sistema SEBRAE (<http://www.ba.sebrae.com.br/respostas.asp>.)

¹⁰³ Segundo Dall’Agnol (2001), o Estado do Rio Grande do Sul possui o maior número de fábricas do setor, sendo o maior exportador de máquinas agrícolas do País. A cadeia produtiva total envolve, neste segmento industrial, mais de 300 fornecedores no Estado, e mais de 2000 no Brasil e Argentina.

¹⁰⁴ Este, diretor do departamento de Engenharia e Desenvolvimento de Produto de uma empresa de grande porte, declarou que o projeto de um novo produto não é desenvolvido aqui, mas sim na matriz da empresa, localizada fora do Brasil. Nesta empresa são desenvolvidos projetos derivativos e adaptativos de produtos já produzidos.

projetos:

- ◆ Projetos inovadores – abrangem o desenvolvimento de um novo produto (original).
- ◆ Projetos derivativos (evolutivos ou incrementais) – que envolvem o desenvolvimento de um novo produto derivado de um produto existente ou alterações do produto atual para incorporação de melhorias.
- ◆ Projetos adaptativos – que envolvem o desenvolvimento de adaptações do produto atual para atendimento a objetivos específicos.

Sobre o tempo médio de duração dos projetos desenvolvidos, as quatro empresas de grande porte, fabricantes de tratores, colhedoras e outras máquinas agrícolas, declararam uma duração superior a 18 meses (projetos de longa duração). As seis empresas de porte médio, fabricantes de máquinas agrícolas em geral, informaram uma duração entre 6 e 18 meses (projetos de média duração). As quatro empresas de pequeno porte, fabricantes de implementos agrícolas, informaram uma duração inferior a 6 meses (projetos de curta duração).

Normalmente, uma atividade que ocorre durante o ano inteiro nas empresas é o planejamento dos produtos a serem desenvolvidos. Sobre este ponto, todas as empresas de pequeno porte declararam não realizá-lo, nem tampouco, elaboram um plano do projeto que conduza todo o processo de desenvolvimento da máquina. Por outro lado, nas empresas de grande porte, essas atividades eram realizadas em todas as empresas entrevistadas¹⁰⁵. Já nas empresas de porte médio, coexistiam firmas que realizavam as duas atividades ou pelo menos uma delas. Apenas uma empresa de médio porte não realizava o planejamento de produtos, nem o planejamento dos projetos.

Com respeito à existência de um processo de desenvolvimento de produtos formalizado, a maioria dos entrevistados (71%) declarou que o processo é informal em suas empresas, ou seja, não é documentado e nem representado por um modelo esquemático do fluxo de trabalho a ser realizado. Nestas empresas, o processo é conduzido de acordo com a experiência dos profissionais responsáveis pelos projetos, e não seguem procedimentos padronizados. Os entrevistados que informaram a existência de um processo formalizado, isto é, documentado e representado esquematicamente, trabalham em empresas de grande porte. Destes, apenas um declarou que o modelo adotado é baseado no modelo de Clausing (1995).

Todos os entrevistados que informaram realizar um processo informal, o fazem de maneira seqüencial, sendo primeiramente desenvolvido o projeto do produto pelo departamento de engenharia e depois segue para as demais áreas, tal e qual o processo tradicional de projeto. As que possuem um processo formal, o realizam de forma mista, ou seja, algumas atividades do processo são seqüenciais, outras simultâneas, no entanto, o processo vem sendo realizado em equipe formada por pessoas provenientes dos diversos departamentos funcionais envolvidos.

¹⁰⁵ Estas empresas informaram a existência de registros sobre estudos de mercado e estimativas de demanda, e também, sobre o plano de execução dos projetos, com a determinação dos recursos necessários, prazos de desenvolvimento, entre outros aspectos.

O último grupo de perguntas estava relacionado à formação das pessoas envolvidas no desenvolvimento de produto. Basicamente, possuem formação em engenharia mecânica, engenharia agrícola e agronomia, e em curso técnico de mecânica e curso técnico agrícola, e atuam como projetistas, desenhistas técnicos e desenhistas copistas. Analisando o caso específico dos profissionais com formação em engenharia mecânica¹⁰⁶, foi informado pela maioria dos entrevistados que o curso de graduação realizado não oferecia disciplinas da área de projeto¹⁰⁷, sendo que as informações mais próximas a esta área eram transmitidas, por exemplo, nas disciplinas de Elementos de Máquinas, Mecanismos e Projetos de Máquinas¹⁰⁸. Assim, sobre o enfoque do curso realizado, os entrevistados informaram que o mesmo não atende às necessidades da atividade de desenvolvimento de produtos, a não ser no que se refere ao dimensionamento de componentes mecânicos. Para finalizar a entrevista, perguntou-se sobre o conhecimento de metodologias de projeto e de modelos de gerenciamento de projetos. Apenas os entrevistados que trabalhavam nas empresas de grande porte tinham algum tipo de conhecimento sobre esses temas, os demais não.

Considerando os resultados obtidos nesta segunda parte da pesquisa, conclui-se que:

- ◆ O processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas é realizado de maneira informal nas empresas de pequeno e médio porte entrevistadas, e formal nas empresas de grande porte.
- ◆ Os projetos realizados são essencialmente do tipo derivativos e adaptativos, apesar de quase todos entrevistados informarem o desenvolvimento de projetos inovadores¹⁰⁹. Nas empresas de grande porte este tipo de projeto é realizado em suas matrizes no exterior. Nas demais empresas, a cópia ou adaptação de um produto existente parece ser considerado desenvolvimento de projeto inovador.
- ◆ A duração dos projetos varia de acordo com o tipo de máquina agrícola¹¹⁰, e também, em função da experiência de quem conduz o projeto e da disponibilidade de protótipos no período de safra para realizar testes em condições reais de operação.
- ◆ O processo de planejamento de produto, que envolve o estudo e a definição da demanda de mercado, da tecnologia e do produto e, o processo de planejamento de projeto, que abrange a definição dos objetivos do

¹⁰⁶ Ao que se sabe, os cursos de Agronomia e Engenharia Agrícola também não oferecem formação na área de projeto de máquinas agrícolas.

¹⁰⁷ Por exemplo: planejamento de produtos, projeto de produtos, metodologias de projetos de produtos, gerenciamento de projetos, etc.

¹⁰⁸ Segundo informado, esta disciplina era voltada basicamente para o dimensionamento e desenho de alguns sistemas técnicos, como por exemplo, uma caixa de transmissão, um redutor de velocidade, uma máquina de elevação e transporte, entre outros sistemas mecânicos.

¹⁰⁹ Em estudo sobre a capacitação tecnológica na indústria de máquinas agrícolas no Rio Grande do Sul, a pesquisa conclui que “apesar das empresas apresentarem importante qualificação tecnológica, permanecem ainda incapacitadas para criar qualquer inovação mais radical em seus produtos ou processos. A capacidade obtida está limitada à criação de inovações incrementais”. (Pinheiro, 1999, p.91).

¹¹⁰ Segundo Passos e Calandro (1999, p.4), “a indústria de máquinas agrícolas produz uma variedade de produtos que vão desde simples implementos até equipamentos mais complexos e máquinas automotrizes e tratores. São usualmente fabricados em lotes, cujo tamanho depende do tipo de produto, ou, em alguns casos, sob encomenda. O importante a observar é que essa variedade – decorrente do tamanho das máquinas, das operações agrícolas as quais se destinam e do grau de sofisticação técnica – pressupõe, no nível das empresas fabricantes, distintos graus de conhecimento técnico para a fabricação de cada máquina, assim como diversidade nas formas de organização do processo de fabricação nas ligações com as atividades de projeto e desenvolvimento e com os fornecedores e usuários dos equipamentos fabricados”.

projeto, das tarefas, dos recursos, da duração, dos custos, etc., é realizado nas empresas de grande porte, sendo parcial nas empresas de porte médio e inexistente¹¹¹ nas de pequeno porte.

- ◆ Nenhuma empresa entrevistada baseia¹¹² o seu processo nas clássicas abordagens metodológicas de projeto de produtos industriais, nem nos modelos apresentados no início deste capítulo, ocorrendo o mesmo com o emprego de modelos de gerenciamento de projetos.
- ◆ A formação¹¹³ básica dos engenheiros que participam do processo não é voltada para a área de projeto de produtos industriais, fazendo com que sejam raros os desenvolvimentos de projetos inovadores que conduzam a concepções originais.

3.3. ESTUDO DE CASO DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS: ACADEMIA E INDÚSTRIA

Esta seção apresenta os estudos de caso (EC) realizados sobre o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas. O primeiro estudo de caso foi realizado no Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos (NeDIP), do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina, e envolveu a análise de três projetos denominados EC1, EC2 e EC3. Os outros foram realizados em duas empresas fabricantes de máquinas agrícolas, sendo denominados de EC4 e EC5.

O objetivo dos estudos de caso foi de conhecer mais detalhadamente como o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas é praticado num ambiente acadêmico, e também, em empresas do setor.

O NeDIP/UFSC foi escolhido para representar o processo praticado na academia, porque seus trabalhos apresentam as descrições mais completas encontradas até o momento, sobre o processo de projeto de máquinas agrícolas, sendo seus relatos provenientes de pesquisas que resultaram na publicação de dissertações de mestrado e teses de doutorado. Assim, duas linhas de pesquisa do NeDIP/UFSC estão

¹¹¹ O fato de não realizar planejamento do produto, nem tampouco o planejamento do projeto, pode acarretar no insucesso de ambos, principalmente pelo fato de que uma ação não planejada sempre resultar em uma ação improvisada (Ferreira, 1979). No caso da improvisação comandar o desenvolvimento da máquina agrícola, muitas dificuldades aparecerão, sendo esta forma, portanto, inadequada ao processo de desenvolvimento de produto, pois o mesmo envolve, entre outras coisas, pessoas, ou seja, aqueles que são atingidos direta ou indiretamente pelo projeto, incluindo participantes internos e externos à empresa, como fornecedores e clientes externos, cada um com interesses diferentes. Assim, a inexistência de planejamento provoca uma grande dificuldade no gerenciamento do projeto, causando deficiências técnicas ao longo das fases, retardando o prazo de lançamento do produto no mercado, aumentando os seus custos.

¹¹² Um dos entrevistados comentou que as principais ferramentas de projeto de produto utilizadas pela indústria de máquinas e implementos agrícolas brasileiras são a "máquina fotográfica" e a "máquina de xerox".

¹¹³ "Os programas de estudo das engenharias, especialmente na engenharia mecânica e engenharia de produção, se destacam pelo papel marginal atribuído ao ensino de projeto. No melhor dos casos, chega-se a 5% das horas/aula dedicadas a cursos de projeto concreto, vale dizer a atividade frente à prancheta (ou tela do monitor de uma estação CAD) e na oficina. Por isso não deve surpreender o fato de que o engenheiro não aprende projetar, e na verdade não projeta se não for por méritos próprios. Tão limitado tempo para uma atividade crucial é irrisório se se pretende preparar seriamente um aluno de uma carreira tecnológica que deveria ser arraigado no projeto". (Bonsiepe, 1986, p.46). Apesar de passadas quase duas décadas deste relato concorda-se com Bonsiepe.

relacionadas a esta pesquisa, e envolvem o desenvolvimento de metodologias de projeto de produtos industriais e o desenvolvimento de protótipos de máquinas agrícolas. Como descrito na seção 3.1.3, foram desenvolvidos ao longo das últimas duas décadas mais de vinte trabalhos¹¹⁴, que tiveram como objetivo o desenvolvimento de protótipos de máquinas agrícolas, entre outros equipamentos. Portanto, o estudo do processo de projeto empregado nestes desenvolvimentos explicita um conhecimento fundamental para esta tese.

No caso da seleção das empresas a serem estudadas, a estratégia adotada primeiramente, foi um contato com a diretoria¹¹⁵ do SIMERS, com o propósito de que esta entidade cooperasse com a pesquisa e intermediasse o contato com pelo menos quatro empresas do setor, sendo duas de médio e duas de grande porte¹¹⁶. Infelizmente esta estratégia não se concretizou, uma vez que o SIMERS não atendeu a solicitação realizada.

A nova estratégia estabelecida foi o contato direto com as empresas fabricantes. Desta forma, as empresas participantes dos levantamentos realizados previamente foram contactadas, e convidadas a participar da pesquisa, que consistia basicamente de entrevistas com as pessoas participantes do processo de desenvolvimento do produto (diretores, gerentes, projetistas, entre outros). Das 16 empresas contactadas, apenas duas aceitaram o convite, sendo estas empresas de grande porte. Apesar do tema pesquisado ser considerado estratégico para muitas empresas, e das dificuldades encontradas nos levantamentos realizados anteriormente, imaginava-se que as mesmas fossem atender mais facilmente ao convite, principalmente pela pesquisa vir ao encontro das necessidades do setor, como já verificado nos estudos precedentes¹¹⁷.

3.3.1 Estudo de Caso do Processo Praticado no NeDIP/UFSC

Como descrito anteriormente, o NeDIP/UFSC possui documentado, em dissertações e teses, o desenvolvimento de mais de vinte protótipos de máquinas agrícolas. Assim, para a realização do estudo de caso e explicitar o modelo empregado, selecionou-se os três últimos projetos desenvolvidos ou em desenvolvimento (EC1, EC2 e EC3), para uma análise mais detalhada, já que nestes estavam sendo utilizados os mais recentes métodos e ferramentas estudadas no NeDIP. São eles: EC1 – sistema modular para mecanização agrícola conservacionista em pequenas propriedades (Mazetto, 2000); EC2 – transplantadora de mudas (Carrafa, 2002); e, EC3 – mecanismo para dosagem e deposição de precisão para sementes miúdas (Reis, 2003).

¹¹⁴ Alguns exemplos destes trabalhos incluem: Ogliari (1990); Araújo (1993); Bertapelli (1995); Peres (1997); Luciano (1998); Mazetto (2000); Carrafa (2002), entre outros.

¹¹⁵ Composta por presidentes das empresas fabricantes de máquinas agrícolas no Rio Grande do Sul.

¹¹⁶ A escolha deste tipo de empresas deveu-se, principalmente, ao fato das firmas de pequeno porte não realizarem o processo de desenvolvimento de produtos propriamente dito, conforme constatado nos levantamentos realizados anteriormente.

¹¹⁷ As empresas fabricantes de máquinas agrícolas, participantes do Workshop sobre Mecanização Agrícola na Região de Clima Temperado (1994), revelaram a necessidade de um maior intercâmbio com as instituições de pesquisa brasileiras, sendo que, naquela oportunidade, doze instituições de pesquisa fizeram o relato de suas atividades de pesquisa e desenvolvimento, no sentido de oferecer às empresas oportunidades de trabalho conjunto.

A metodologia utilizada neste estudo de caso consistiu basicamente da leitura exploratória dos documentos, coleta, organização e análise das informações.

As informações coletadas sobre o processo de projeto empregado foram organizadas em dois tipos de formulários, sendo que o primeiro descreve as informações do processo de projeto como um todo¹¹⁸. O mesmo formulário foi usado para descrever cada fase envolvida¹¹⁹. O segundo formulário descreve as atividades realizadas em cada fase¹²⁰. Visando integrar e consolidar as informações, bem como facilitar o processo de análise, as informações foram reunidas em um único documento, ou seja, foram transferidas dos formulários para uma planilha eletrônica¹²¹, contendo as fases, atividades, entradas, saídas e metodologias empregadas.

Em função do nível de detalhamento de cada projeto considerado, obteve-se um total de 67 formulários preenchidos (EC1 = 19 formulários; EC2 = 22 formulários; EC3 = 26 formulários), além de três planilhas eletrônicas, representando o modelo adotado em cada projeto.

O modelo utilizado nos trabalhos desenvolvidos no NeDIP/UFSC abrange especificamente o processo de projeto da máquina agrícola, não envolvendo as fases de implementação do projeto na produção e o lançamento do produto no mercado. Como descrito na seção 3.1.3, é resultante da aplicação das metodologias de projeto de Back (1983) e Pahl e Beitz (1996), com a inserção de outros métodos, ferramentas e técnicas de auxílio à atividade projetual, como por exemplo, o QFD e a TRIZ¹²².

A macroestrutura utilizada nos projetos analisados está ilustrada na Figura 3.6. É composta por quatro fases, com avaliações para verificação do resultado final obtido. A estrutura detalhada do modelo NeDIP/UFSC (vide Quadro 3.7) é formada pela decomposição das fases em etapas e tarefas, sendo estas realizadas através do emprego de técnicas e ferramentas de apoio ao projeto. Em outras palavras, o modelo indica o que deve ser feito, como deve ser feito e com que ferramentas de auxílio o projeto pode ser elaborado.

A primeira fase, **projeto informacional**, possui como objetivo estabelecer as especificações de projeto do produto. A fase inicia com a pesquisa de informações sobre o tema de projeto, que inclui o estabelecimento do ciclo de vida do produto. Segue com a identificação das necessidades dos clientes do projeto e o estabelecimento dos seus requisitos. São então estabelecidos os requisitos do projeto, os quais são hierarquizados, permitindo a identificação dos requisitos do produto que melhor atendem aos requisitos dos clientes. A fase é encerrada com o estabelecimento das especificações de projeto do produto, que formalizam as características do produto a ser desenvolvido.

O propósito da segunda fase, **projeto conceitual**, é desenvolver a concepção de projeto da máquina agrícola. A fase inicia com a verificação do escopo do problema, que inclui a análise das especificações de projeto e a identificação das restrições. Segue com o estabelecimento da estrutura funcional e a pesquisa por

¹¹⁸ Vide exemplo de formulário preenchido no Apêndice B.

¹¹⁹ Vide exemplo de formulário preenchido no Apêndice C.

¹²⁰ Vide exemplo de formulário preenchido no Apêndice D.

¹²¹ Vide exemplo de planilha no Apêndice E.

¹²² Ou TIPS, de *Theory of Inventive Problem Solving* – Teoria da Solução Inventiva de Problemas.

princípios de solução. Após é feita a seleção de combinações de princípios de solução que determinam as concepções alternativas. A fase é encerrada com a avaliação e seleção das concepções mais promissoras.

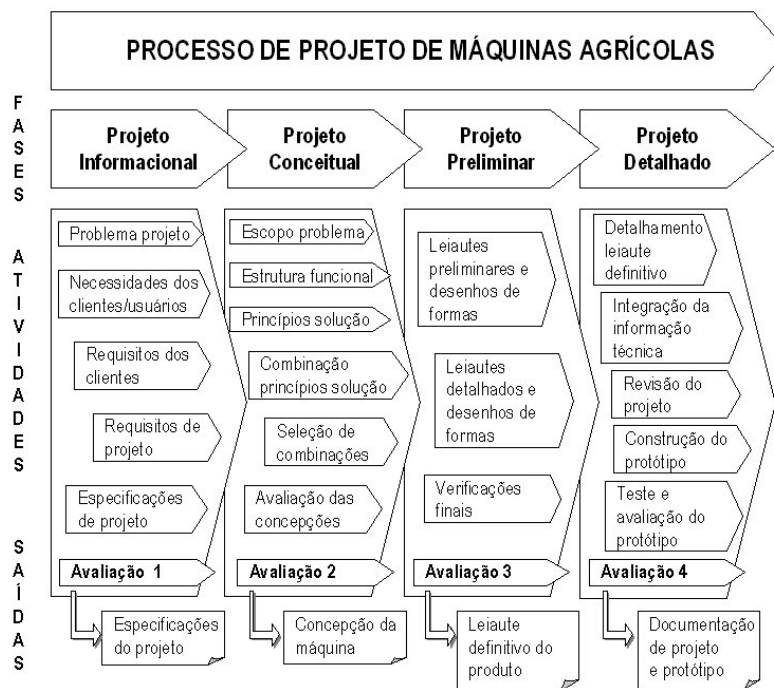


Figura 3.6 – Processo de projeto de máquinas agrícolas do NeDIP/UFSC.

A terceira fase, **projeto preliminar**, tem como objetivo obter o detalhamento inicial das concepções da máquina agrícola. Nesta fase as principais atividades desenvolvidas incluem a elaboração dos leiautes preliminares e detalhados e os desenhos de formas. A fase é encerrada com a verificação dos documentos gerados. O resultado da fase é o leiaute definitivo da concepção do produto.

A quarta e última fase, **projeto detalhado**, tem como objetivo fixar a disposição, a forma, as dimensões e as tolerâncias de todos os componentes. A especificação dos materiais e a viabilidade técnica e econômica são reavaliadas. O resultado da fase é expressa pela documentação necessária à produção do produto projetado. A partir do detalhamento do projeto é feita a construção e a montagem do protótipo. O processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas é encerrado com a avaliação do protótipo.

O modelo NeDIP/UFSC admite algumas variações, dependendo do tipo de projeto a ser desenvolvido e, das ferramentas de apoio utilizadas. Um exemplo da variação do modelo pode ser vista em Mazetto (2000) e Carrafa (2002), onde os protótipos foram desenvolvidos através de uma metodologia de projeto para produtos modulares, proposta por Maribondo (2000). Segundo este autor, a aplicação da metodologia permite a padronização das interfaces entre os diversos módulos da máquina, facilitando o projeto, a fabricação e a montagem dos componentes.

Quadro 3.7 – Estrutura detalhada do modelo NeDIP/UFSC.

Fase	Etapa	Tarefa
1. Projeto Informacional	1.1 Pesquisar informações sobre o tema de projeto	1.1.1 Estabelecer o ciclo de vida do produto 1.1.2 Pesquisar por informações técnicas
	1.2 Identificar as necessidades dos clientes do projeto	1.2.1 Definir os clientes do projeto ao longo do ciclo de vida do produto 1.2.2 Coletar necessidades dos clientes
	1.3 Estabelecer os requisitos dos clientes	1.3.1 Desdobrar as necessidades dos clientes em requisitos dos clientes
	1.4 Estabelecer os requisitos do projeto	1.4.1 Definir os requisitos do projeto
	1.5 Hierarquizar os requisitos de projeto	1.5.1 Aplicar a matriz da casa da qualidade
	1.6 Estabelecer as especificações do projeto	1.6.1 Aplicar o quadro de especificações de projeto
2. Projeto Conceitual	2.1 Verificar o escopo do problema	2.1.1 Analisar as especificações 2.1.2 Identificar restrições
	2.2 Estabelecer a estrutura funcional	2.2.1 Estabelecer a função global 2.2.2 Estabelecer estruturas funcionais alternativas 2.2.3 Selecionar a estrutura funcional
	2.3 Pesquisar por princípios de solução	2.3.1 Aplicar métodos de busca sistemáticos ¹²³ 2.3.2 Aplicar métodos de busca intuitivos ¹²⁴ 2.3.3 Aplicar métodos de busca convencionais ¹²⁵
	2.4 Combinar princípios de soluções	2.4.1 Otimizar a combinação dos princípios de solução
	2.5 Selecionar combinações	2.5.1 Aplicar métodos de seleção
	2.6 Evoluir em variantes de concepção	2.6.1 Detalhar as concepções selecionadas
	2.7 Avaliar concepções	2.7.1 Aplicar a matriz de avaliação
3. Projeto Preliminar	3.1 Elaborar leiautes preliminares e desenhos de formas	3.1.1 Identificar requisitos determinantes 3.1.2 Produzir desenhos em escala 3.1.3 Identificar portadores de efeito físico determinante 3.1.4 Desenvolver leiautes preliminares e desenhos de formas p/ 3.1.3 3.1.5 Selecionar leiautes preliminares 3.1.6 Desenvolver leiautes preliminares e desenhos de formas para os demais portadores de efeito físico
	3.2 Elaborar leiautes detalhados e desenhos de formas	3.2.1 Buscar soluções para as funções auxiliares 3.2.2 Incorporar no leiaute e nos desenhos de formas as soluções para as funções auxiliares 3.2.3 Completar os leiautes gerais com todas as funções incorporadas 3.2.4 Avaliar sob critérios técnicos e econômicos
	3.3 Finalizar as verificações	3.3.1 Otimizar e completar os desenhos de formas 3.3.2 Verificar erros e fatores de perturbação 3.3.3 Preparar lista de partes preliminar e documentos para a produção
4. Projeto Detalhado	4.1 Detalhar o leiaute definitivo	4.1.1 Efetuar dimensionamentos finais 4.1.2 Produzir desenhos detalhados
	4.2 Integrar informação técnica	4.2.1 Integrar desenhos de leiautes, de montagem e de partes
	4.3 Revisar o projeto	4.3.1 Verificar se o produto atende as especificações 4.3.2 Verificar se o produto atende as normas

Fonte: Adaptado de Reis (2003).

¹²³ Estudo sistemático de sistemas técnicos; uso de esquemas de classificação; catálogo; TRIZ; matriz morfológica.

¹²⁴ *Brainstorming*; método 635; método Delphi; sinergia; analogia direta; analogia simbólica; combinação de métodos.

¹²⁵ Pesquisa bibliográfica; análise de sistemas naturais; análise de sistemas técnicos existentes; medições e testes em modelos.

As principais ferramentas, de auxílio ao processo de projeto, empregadas no modelo NeDIP/UFSC incluem o diagrama de Mudge, a matriz da casa da qualidade do QFD, análise funcional, *brainstorming*, matriz morfológica, TRIZ e matriz de decisão. Além destas, os projetos fizeram uso também, de sistemas CAD e de modelagem matemática e física.

3.3.2 Estudo de Caso do Processo Praticado na Empresa 1

Como citado no início da seção 3.3, os estudos de caso a serem apresentados nesta e na próxima seção são referentes ao processo de desenvolvimento de produtos de duas empresas multinacionais de grande porte, fabricantes de máquinas agrícolas.

Em ambos os casos a coleta de informações partiu de materiais¹²⁶ disponibilizados durante as entrevistas, realizadas nas dependências das empresas, com os participantes do processo de desenvolvimento de produtos. Depois do período passado nas empresas, de aproximadamente uma semana em cada uma, seguiu-se com a organização e a análise das informações.

Ao contrário do estudo de caso do processo praticado no NeDIP/UFSC, as informações coletadas foram organizadas em apenas um tipo de formulário, que descreve as informações do processo de desenvolvimento como um todo. O mesmo formulário foi usado para descrever cada fase envolvida.

Isto ocorreu devido ao nível de detalhamento existente nos documentos apresentados e ao tempo que foi disponibilizado para as entrevistas, não sendo possível o preenchimento dos formulários que descrevem as atividades realizadas em cada fase. Para o preenchimento destes, seriam necessárias várias semanas e até meses de trabalho dentro das empresas, entrevistando as pessoas a respeito da forma como realizam suas atividades. Esse tipo de informação e conhecimento não se encontrava registrado nos manuais de desenvolvimento de produtos das empresas, ou seja, a atividade a ser realizada é definida (o que deve ser feito), no entanto, a mesma não é detalhada (como pode ser feito).

Depois de registradas as informações nos formulários, as mesmas foram transferidas para uma planilha eletrônica, contendo as fases, atividades, entradas, saídas e metodologias empregadas. Considerando o nível de detalhamento de cada modelo, obteve-se um total de 13 formulários preenchidos (EC4 = 6 formulários; EC5 = 7 formulários), além de duas planilhas eletrônicas, representando o modelo adotado em cada empresa.

O número menor de formulários preenchidos em relação ao modelo do NeDIP/UFSC se deve ao não preenchimento dos formulários das atividades, como já explicado anteriormente, apesar destas serem definidas e listadas nos formulários das fases.

Após a organização das informações nos formulários e planilhas, as mesmas foram enviadas para revisões nas respectivas empresas, para correções de não conformidades em relação ao processo praticado.

¹²⁶ Por exemplo, manual de desenvolvimento de produtos, procedimentos, normas, entre outros documentos.

O modelo utilizado nos projetos desenvolvidos na primeira empresa abrange todo o processo de desenvolvimento da máquina agrícola, e é oriundo da formalização da evolução da prática interna da empresa. É decomposto em cinco fases, denominadas de “conceito”, “viabilidade”, “desenvolvimento e aprovação”, “liberação” e “lançamento”. Ao final de cada fase existe uma avaliação, denominada pela empresa de portal, que formaliza e autoriza a passagem do projeto para a próxima fase (Figura 3.7).

A primeira fase do processo tem como objetivo definir o **conceito** (características) do produto a ser desenvolvido, de maneira a atender às necessidades dos clientes existentes, como também, conquistar novos mercados. As atividades são iniciadas a partir da recomendação para o desenvolvimento de um novo produto, feita por um grupo de análise de produtos, considerando a demanda detectada. Prossegue com a realização de uma análise mercadológica e verificação dos produtos oferecidos no mercado que atendam à necessidade detectada. A partir dessas informações é definido o conceito do produto, o qual é traduzido pela área de engenharia do produto através da determinação das especificações de produto novo (EPN), declaradas em um documento com o mesmo nome.

A partir das EPN é feita a classificação de risco de projeto (CRP) pelos diretores e/ou gerentes dos departamentos de engenharia do produto, manufatura, engenharia da qualidade, compras, logística, vendas, pós-vendas e financeiro. Cada departamento possui critérios¹²⁷ de CRP referentes às suas atribuições e responsabilidades com o projeto, sendo ponderadas de acordo com a seguinte tipologia de projetos: projetos menores/baixo risco = peso 1; projetos maiores/médio risco = peso 2; projetos de alta complexidade/alto risco = peso 3.

A CRP serve, na próxima fase, para orientar a formação da equipe de projeto¹²⁸ e de critério para a escolha do departamento responsável pelo gerenciamento do projeto, que poderá ser aquele que obtiver, na média aritmética de seus critérios, o grau de risco mais elevado. Caso exista mais de uma área com risco elevado, a escolha do gerente do projeto¹²⁹ é alcançada através de consenso com a equipe de projeto. Desta forma, é obtido um maior comprometimento dos envolvidos, fortalecendo a equipe de projeto, uma vez que, sendo o projeto classificado como de alto risco para uma determinada área da empresa, esta é que irá liderar as demais áreas a fim de se obter êxito. Existindo vários projetos sob a coordenação de um só departamento, para que não ocorra uma sobrecarga de atividades, o gerenciamento do projeto é passado para o departamento que apresentar o segundo maior grau de risco. O departamento escolhido coordena todas as fases seguintes do processo de desenvolvimento.

¹²⁷ Por exemplo, para o departamento de: (i) **engenharia do produto** – utilização de tecnologia inexistente (produto); complexidade do projeto (novos itens); tempo de lançamento no mercado; recursos humanos (pessoas com conhecimento do projeto); complexidade de obtenção, execução e montagem dos protótipos; etc. (ii) **qualidade** – aprovação de amostra (complexidade dos componentes e acompanhamento de teste em fornecedores); avaliação do nível de qualidade de novos fornecedores; necessidade de aquisição de novos instrumentos e dispositivos para inspeção; etc. (iii) **suprimentos** – número de itens a desenvolver; existência de novos processos/novas tecnologias que geram a necessidade de busca de novos fornecedores; entre outros.

¹²⁸ A equipe de projeto é interdepartamental e é responsável pela execução do mesmo.

¹²⁹ A participação do gerente do projeto nas atividades de desenvolvimento do produto obedece a seguinte classificação: projeto de alto risco – participa todo o tempo; projeto de médio risco: participa parcialmente; projeto de baixo risco: participa esporadicamente.

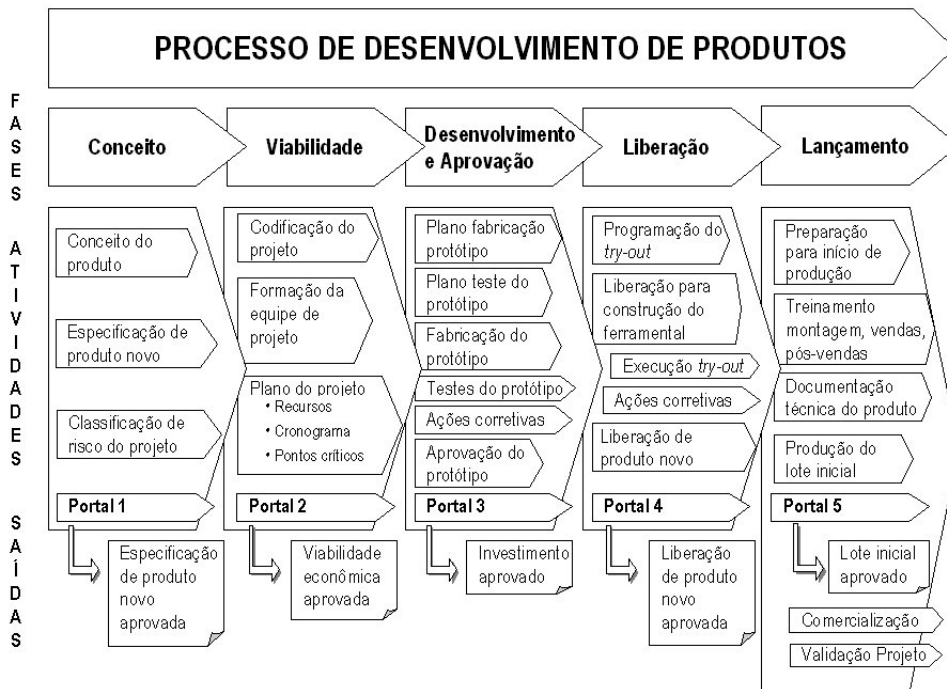


Figura 3.7 – Processo de desenvolvimento de produtos da Empresa 1.

A fase de conceito é encerrada com a submissão das EPN à aprovação do grupo de análise de produtos, sendo este evento denominado de portal 1. A aprovação das EPN autoriza, através do preenchimento e assinatura de um documento formal, a passagem de fase. Se as EPN forem reprovadas e for recomendada a revisão das mesmas, a área de engenharia do produto reavalia as EPN e as submete a nova apreciação.

A finalidade da segunda fase, denominada de **viabilidade**, é realizar a análise de viabilidade técnica e financeira das EPN. As atividades são iniciadas com a codificação do projeto pelo departamento de engenharia do produto e, divulgação aos departamentos envolvidos. A diretoria do departamento de engenharia do produto forma a equipe de projeto, que como citado anteriormente, é responsável pelo desenvolvimento do produto em todas as suas fases. Os membros da equipe são provenientes das seguintes áreas: engenharia do produto; engenharia da qualidade; logística; manufatura; compras; vendas/marketing; pós-venda e administrativo-financeiro. A indicação dos membros da equipe é feita de acordo com a CRP. A equipe é formada por integrantes permanentes oriundos de departamentos com CRP com peso maior ou igual a dois, e eventuais oriundos de áreas com CRP com peso menor que dois. Após a formação da equipe é realizada a primeira reunião para apresentação das EPN e da CRP. De acordo com esta última, é feita a escolha do gerente do projeto.

Nesta fase a equipe de projeto elabora um estudo preparatório do modelo inicial do produto, para análise da viabilidade técnica e de custos, bem como para servir de plano do projeto. Assim, o plano do projeto abrange os seguintes elementos:

- ◆ Recursos necessários para o desenvolvimento do produto – horas, máquinas necessárias, conhecimentos, dados experimentais e de laboratório, custos de lançamento e propaganda.

- ◆ Cronograma de desenvolvimento do projeto – prazos para a execução do projeto do produto, construção do protótipo, testes (campo e laboratório), clínicas, fabricação do ferramental, teste de montagem (*try-out*), até o início da produção seriada.
- ◆ Sistemas (módulos ou grupos) afetados por alterações ou novos – elaboração de desenhos dos sistemas modificados, desenhos dos sistemas criados, desenhos para a fabricação de mock-ups, definição do custo objetivo por sistema do produto.
- ◆ Lista de componentes novos – definição dos componentes novos e alterados na estrutura do produto, definição dos custos dos componentes.
- ◆ Estrutura do protótipo – elaboração da estrutura do protótipo para análise de viabilidade econômica do projeto.
- ◆ Requisição do protótipo – solicitação da fabricação e montagem do protótipo e cronograma.
- ◆ Pontos críticos do projeto – FMEA dos sistemas e/ou componentes críticos.
- ◆ Prioridade do projeto – priorização no contexto dos projetos em andamento na empresa.
- ◆ Criação do banco de dados do projeto.
- ◆ Emissão da autorização de investimento para o departamento administrativo-financeiro realizar a análise e a validação dos cálculos financeiros.

A fase é encerrada com a aprovação da viabilidade econômica do projeto (portal 2), realizada mediante a comparação do custo obtido da estrutura do protótipo com o custo objetivo, autorizando, através do preenchimento e assinatura de um documento formal, a passagem de fase.

A fase de **desenvolvimento e aprovação** objetiva o detalhamento do projeto, a construção e o teste do protótipo do produto, a implementação de ações corretivas, a aprovação do protótipo e a autorização de investimento.

As atividades são iniciadas com a emissão do plano de fabricação do protótipo, que é elaborado a partir da análise da requisição de protótipo, feita pela engenharia do produto, na fase de viabilidade. O resultado desta análise permite definir o processo de fabricação dos componentes, identificando os componentes que serão fabricados no setor de engenharia experimental, os componentes que serão requisitados do estoque da produção e os componentes que serão adquiridos externamente. O cronograma de execução do protótipo (fabricação dos componentes e montagem do protótipo) é atualizado neste plano.

Paralelamente são emitidos os planos de testes do protótipo e/ou dos componentes, para que os mesmos possam ser submetidos a testes de campo e/ou de laboratório. De acordo com a necessidade, são realizadas clínicas com clientes, concessionários, revendedores, distribuidores, etc., para avaliação e levantamento de informações relevantes a respeito das necessidades de mercado. A requisição de testes do protótipo é feita nesta atividade.

O protótipo é fabricado e montado conforme a requisição, no setor de engenharia experimental. Este setor é responsável pela emissão dos pedidos de componentes, montagem, solicitação de controle da

qualidade, andamento junto à fábrica e terceiros. Depois de concluído o protótipo, é emitido um relatório com o detalhamento das atividades realizadas e comentários. Este relatório é encaminhado a equipe de projeto para implementação das ações corretivas, quando estas forem recomendadas.

Os resultados obtidos nos testes são documentados em relatório, os quais indicam as ações corretivas necessárias para a resolução dos problemas verificados durante a execução dos testes do protótipo. Quando requisitados, são realizados testes de homologação em instituições competentes, tais como, INTA¹³⁰, Universidade de Nebraska¹³¹, etc. As ações corretivas são implementadas no protótipo, para que o mesmo seja apresentado às diretorias de engenharia do produto, vendas e manufatura, para aprovação conforme as EPN.

A fase é encerrada com a aprovação do investimento (portal 3) pela diretoria da empresa, que decide sobre a autorização de investimento, permitindo a passagem para a fase de liberação.

A quarta fase, **liberação**, tem como propósito autorizar a fabricação e a venda do produto desenvolvido. Envolve a programação de uma produção piloto, em quantidade limitada, para execução do teste de montagem (*try-out*), o qual ocorre sob coordenação da área de manufatura.

As atividades de programação da produção piloto compreendem a emissão da liberação para construção de ferramental pela engenharia do produto, a elaboração dos relatórios de aprovação de amostras pela engenharia da qualidade (para as peças novas ou alteradas), e a programação dos componentes para montagem dos produtos para *try-out* na linha de montagem e para o lote piloto pela manufatura. A execução do *try-out* de montagem valida o processo de montagem, permitindo a realização de acertos finais de projeto, treinamento dos montadores, acertos em componentes e suprimento, verificação de compatibilidade das peças e quantidades especificadas entre os desenhos, verificação da estrutura do produto e do produto montado. Na conclusão do *try-out*, a engenharia da qualidade emite um relatório que indica as não conformidades do produto quanto aos padrões especificados nos desenhos, e as ações corretivas recomendadas aos departamentos de engenharia do produto, manufatura e compras.

A fase prossegue com a elaboração da liberação do produto novo pela engenharia do produto, que é um documento que descreve o que está sendo liberado, e quando for o caso, as principais características para melhor identificar o novo produto. Indica os números dos relatórios de testes de campo, laboratório, protótipos e *try-out*. Paralelamente são emitidos os documentos de montagem do produto, que incluem: o quadro de montagem da máquina (contém a estrutura do produto¹³²), o quadro de variáveis¹³³, o quadro de acessórios¹³⁴ e o quadro de especificações técnicas¹³⁵. Estes documentos são anexados à liberação do produto novo.

Antes do início da próxima fase é feita a análise crítica das informações de entrada *versus* as de saída. Quando justificável por definição da equipe de projeto, a análise crítica é realizada após o lançamento do

¹³⁰ Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária, Argentina.

¹³¹ *Center for Agricultural Equipment*, Universidade de Nebraska, EUA.

¹³² *Bill of materials* (BOM).

¹³³ Inclui os itens alternativos.

¹³⁴ Contém itens adicionais, opcionais.

¹³⁵ Contém informações como diagramas, circuitos, etc.

produto no mercado. Estando a liberação do produto novo em conformidade com as EPN, é feita a inclusão no sistema de engenharia da empresa, disponibilizando a estrutura e a composição do produto para o departamento de compras programar os componentes para o início da produção.

A fase é encerrada com a aprovação da liberação do produto novo (portal 4), autorizando a passagem do projeto para a fase de lançamento.

A última fase do processo, **lançamento**, tem como objetivo introduzir o produto desenvolvido no mercado, de acordo com as especificações técnicas, objetivos de custo e qualidade definidos nas EPN. As atividades da fase iniciam com a preparação para início de produção, que inclui a definição da data de início de produção, de acordo com as datas previamente planejadas na fase 2 (viabilidade), com os departamentos de manufatura, compras, pós-venda e vendas/marketing. Segue com a revisão do plano de vendas/produção, objetivando a obtenção do consenso entre os departamentos de logística, manufatura, vendas e controladoria, com relação aos volumes de produção.

Depois da aprovação final dos componentes para produção seriada, o cronograma de implantação da fabricação dos componentes é elaborado, e toda a programação necessária para a produção do lote inicial. Durante esta fase são realizados treinamentos com o pessoal de montagem, vendas e pós-vendas, utilizando os produtos, componentes e a literatura técnica correspondente.

Paralelamente, são elaborados os catálogos do produto e os prospectos técnicos/comerciais, e emitidas as listas de preços do produto e de peças de reposição. A divulgação das características técnicas do produto aos concessionários e clientes é aprovada pela equipe de projeto, que assessora todas as necessidades da área comercial, inclusive com produtos para filmagens e propaganda.

A fase prossegue com a produção do lote inicial, que é submetido à aprovação (portal 5) pela manufatura e engenharia da qualidade, liberando o início da comercialização da máquina e autorizando a passagem para a validação do projeto. O lote inicial é comercializado, sendo acompanhado pela equipe de pós-vendas para verificação da ocorrência de problemas durante as primeiras horas de trabalho das unidades comercializadas. O processo de desenvolvimento de produtos é encerrado com a validação do projeto junto aos clientes pela equipe de projeto, de acordo com critérios estabelecidos para cada produto/projeto. É emitido um relatório de validação que é analisado para identificação de possíveis problemas. Caso ocorram, é definida a viabilidade das sugestões propostas, definidos os prazos para correção e implementadas as ações corretivas. Concluídas estas atividades, o processo é encerrado.

Sobre as ferramentas de auxílio ao processo de desenvolvimento do produto, destaca-se o emprego de uma série de procedimentos normalizados para a realização das atividades, como por exemplo, para realizar a classificação de risco do projeto, elaborar as especificações de produto novo, realizar testes, clínicas, etc. Outros recursos específicos para o processo de projeto, incluem *benchmarking*, mock-ups virtuais e físicos, prototipagem rápida, sistemas CAD, análise estrutural de componentes e mecanismos da máquina (elementos finitos), e sistemas de troca de informações entre departamentos e fornecedores. As ferramentas de

gerenciamento de projetos utilizadas são, basicamente, planilhas de acompanhamento das atividades, cronogramas (gráficos de Gantt), minutas para registro das reuniões, memorandos, entre outros documentos.

3.3.3 Estudo de Caso do Processo Praticado na Empresa 2

O modelo empregado abrange todo o processo de desenvolvimento da máquina agrícola, sendo chamado de PDP¹³⁶. Foi desenvolvido na matriz da empresa, situada nos EUA, e está formalizado no âmbito das suas unidades fabris, localizadas em diferentes países.

Segundo a empresa o PDP é definido como um processo de gerenciamento que suporta a identificação das atividades e informações necessárias para garantir o desenvolvimento dos projetos no tempo esperado e dentro das expectativas planejadas de custo, atendendo desta maneira a sua missão¹³⁷.

A utilização do modelo, conforme declara a empresa, torna o planejamento e o desenvolvimento de novos produtos mais consistentes. Fornece também, um processo de revisão gerencial que pode ser útil na minimização das redefinições de projetos, na aplicação dos investimentos em momento adequado, buscando garantir que todos os passos necessários para o desenvolvimento sejam concluídos antes do início de produção. O PDP baseia-se nos seguintes princípios:

- ◆ É realizado a partir das informações dos clientes.
- ◆ É direcionado pelo plano estratégico de negócio da empresa.
- ◆ O esforço por novas tecnologias é independente do esforço por novos produtos.
- ◆ O desenvolvimento do produto é baseado no entendimento, avaliação dos riscos, consenso e comprometimento.
- ◆ O processo é tão importante quanto o resultado obtido.

As principais características do PDP incluem: seis fases com objetivos únicos; um processo orientado pelas necessidades do cliente e pelo plano estratégico de negócio; atividades agrupadas por categorias¹³⁸; a definição dos resultados esperados para cada fase; a obtenção de comprometimento para prosseguir, refazer ou encerrar cada fase; e, o registro e publicações das lições aprendidas durante o processo.

Os benefícios advindos do emprego do PDP referem-se: à melhoria da comunicação durante o processo; à redução do ciclo de desenvolvimento; ao tratamento dos problemas em tempo adequado; à

¹³⁶ Que no âmbito da empresa significa *Product Delivery Process*. De acordo com o relatado nas entrevistas, na formalização do processo foi adotada a palavra *delivery* ao invés de *development*, pois define um processo cuja responsabilidade é compartilhada com todos os departamentos da empresa, e não apenas com o departamento de engenharia, como conota a palavra *development*.

¹³⁷ Que é "Estabelecer um processo comum que permita a distribuição eficiente de produtos classe mundial e de seus sistemas de assistência técnica, em mercados mundiais. Estes produtos atingem qualidade interna, comprometimento de custo e de entrega, quando satisfazem as necessidades dos clientes externos".

¹³⁸ Por exemplo: Gerência de Projeto, Marketing, Engenharia, Manufatura, Financeiro, Qualidade e Confiabilidade, Segurança, Compras, Produção, Assistência Técnica.

utilização mais eficiente dos recursos disponíveis; à avaliação mais adequada dos projetos; ao aumento da efetividade em satisfazer as necessidades dos clientes; e, à melhoria contínua de produtos e processos envolvidos.

Para permitir que o PDP possa ser melhorado, ao final das fases são registradas as lições aprendidas e as sugestões de melhoria. As atividades são descritas numa planilha, sobre as quais é atribuído um parecer que indica se a atividade está adequada ou não, se pode ser melhorada ou se deveria ser diferente. A informação registrada permanece disponível para todos os projetos em desenvolvimento, permitindo que os membros das equipes vejam se existe alguma forma mais adequada de realizar as atividades do PDP.

Também ao final de cada fase é obtido o comprometimento da gerência para fornecer os recursos necessários para a realização da fase seguinte. Antes disso, porém, é realizada a revisão formal do resultado para obtenção da aprovação da passagem para a fase seguinte. A revisão é realizada por um grupo de pessoas designadas para a aprovação dos projetos, e é orientada por uma pauta que abrange os pontos relevantes para obtenção da aprovação. As saídas da revisão incluem a assinatura do grupo responsável pela aprovação, lista de pendências a serem resolvidas, responsáveis e prazos.

As seis fases que compõem o PDP, as atividades/resultados, revisões e saídas são mostrados na Figura 3.8.

O objetivo da primeira fase, **plano estratégico de negócio do produto**, é elaborar um plano de negócio que defina os mercados em que os produtos serão inseridos, e as oportunidades e as metas pretendidas, em concordância com o plano estratégico de negócios da empresa.

É desenvolvida por uma equipe formada por gerentes de diversas áreas, tais como, planejamento estratégico, produto, marketing, manufatura e administrativo-financeiro. A principal saída da fase é o plano de negócio do produto, que indica as mudanças de mercado e as condições do negócio (p. ex. considerações ambientais, questões de segurança e de natureza legal), e serve de plano global para o desenvolvimento de um novo produto específico.

O plano de negócio do produto é atualizado anualmente, sendo composto pelas estratégias para a coleta das informações referentes às necessidades dos clientes, estratégias de engenharia, definição dos produtos a serem desenvolvidos nos vários projetos, análise financeira inicial e recursos gerais requeridos.

A fase é encerrada com a revisão formal e a emissão do plano de negócio do produto. Os projetos individuais dos produtos a serem desenvolvidos, identificados no plano de negócio do produto, seguem formalmente a partir da fase de definição do projeto (segunda fase) até a produção (sexta e última fase).

A fase **definição do projeto** tem como propósito identificar e desenvolver conceitos para o produto de maneira a atender a oportunidade de negócio. A principal saída é o plano do projeto do produto.

A fase é iniciada com a definição do gerente do projeto e com o recrutamento dos membros da equipe, cujo número de integrantes é determinado pelo tamanho e complexidade do projeto. Formada a equipe de projeto, inicia-se o desenvolvimento do plano do projeto do produto, que consiste na elaboração do

cronograma de atividades de projeto, na identificação dos recursos necessários e na determinação das responsabilidades sobre as atividades principais.

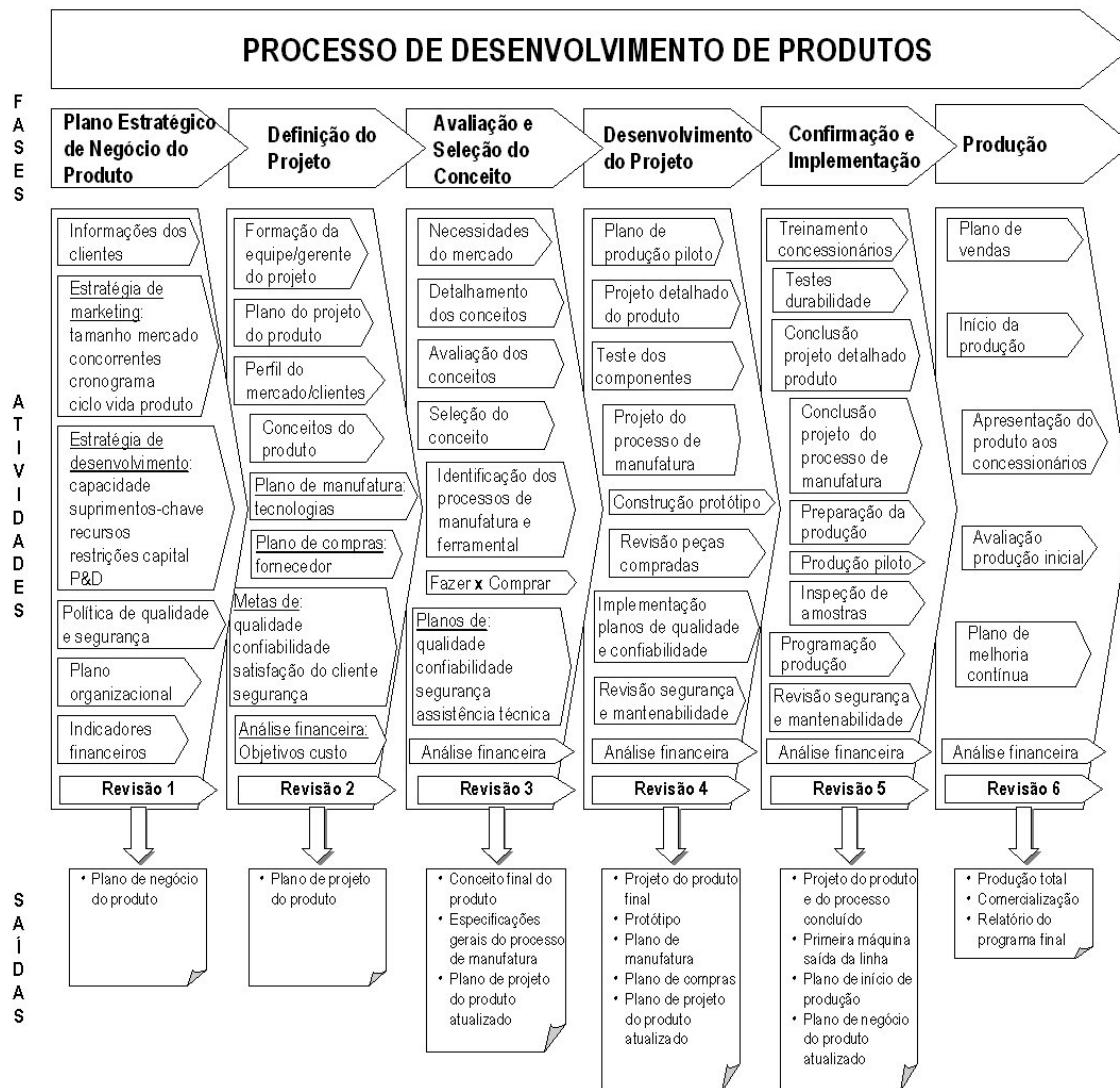


Figura 3.8 – Processo de desenvolvimento de produtos da Empresa 2.

Em função das definições do plano do projeto é estabelecido o escopo da utilização do PDP, pois dependendo do tipo de projeto, nem todos os documentos são necessários, assim como as revisões formais, apesar dos princípios serem aplicados a todas as atividades envolvidas no desenvolvimento dos produtos. Paralelamente ao desenvolvimento do plano do projeto do produto é definido o grupo de revisão e encerramento de fase, responsável pela aprovação do projeto para a fase seguinte.

As atividades seguem com a definição dos clientes da máquina, de modo a permitir a identificação das necessidades e o detalhamento dos requisitos dos mesmos. Durante a atividade é realizada uma análise comparativa dos produtos disponíveis no mercado em foco. Conhecido o perfil de mercado, parte-se para o

estabelecimento das características dos produtos, seus acessórios e peças de serviço. Estas são as definições iniciais do plano de marketing, sobre as quais são desenvolvidos os conceitos alternativos do produto.

Os conceitos estabelecidos são submetidos a avaliações de risco e oportunidades, resultando na definição geral do produto. Também são analisados com relação a falhas, e atendimento a normas e/ou critérios de homologação do produto.

O desenvolvimento do plano de manufatura é iniciado assim que são definidos os conceitos do produto. Compreende o estabelecimento da estratégia de manufatura dos componentes e a identificação das novas tecnologias de fabricação, bem como, daquelas já conhecidas. Ao mesmo tempo é definida a estratégia de compras, são identificados os componentes que possuem novas tecnologias e a forma de envolvimento dos fornecedores, desde as fases iniciais. Sobre os conceitos do produto são definidas as metas de qualidade, confiabilidade e segurança, e estabelecidos os objetivos de satisfação dos clientes.

A fim de possibilitar uma análise financeira considerando os conceitos desenvolvidos, são determinadas as metas de custo do produto, e fixados os objetivos de investimentos e a estimativa de despesas de desenvolvimento do produto. A fase de definição do projeto é encerrada com a revisão formal e a emissão do plano do projeto do produto.

A finalidade da fase de **avaliação e seleção do conceito** é selecionar a concepção final da máquina, sobre o qual são desenvolvidas as especificações gerais do produto. No início desta fase, assim como nas demais, são realizadas modificações na equipe de projeto para atender as necessidades das atividades a serem realizadas. As saídas principais incluem a concepção final do produto e as especificações gerais do produto e do processo de manufatura.

O detalhamento dos conceitos abrange a elaboração de desenhos e mock-ups (físicos e virtuais) permitindo a visualização das alternativas propostas, sobre as quais é estabelecido o estilo básico do produto, além da estimativa do número de peças, peso, estimativa inicial de custo do produto e do ferramental. Confrontam-se também, os conceitos detalhados com as necessidades dos clientes. Ainda nesta atividade é planejada a conformidade entre os conceitos do produto e as normas de manufatura.

Depois de detalhados, os conceitos do produto são avaliados pela equipe de projeto através de estudos de viabilidade do projeto, dos materiais a serem utilizados, dos processos de manufatura a serem empregados, da performance do produto e da compatibilidade do produto. Leiautes alternativos são elaborados, demonstrando as características e os benefícios das configurações propostas. Paralelamente é executada uma revisão das patentes e considerações sobre os aspectos legais e de segurança do novo produto.

Os conceitos também são submetidos à avaliação dos clientes, resultando em um documento que auxilia na seleção do mesmo. O conceito que melhor atende aos requisitos dos clientes é então selecionado, sendo revisadas a definição geral do produto, a descrição das especificações do produto e a definição das responsabilidades no projeto.

Com o conceito final do produto definido, o plano de manufatura é aprimorado. É avaliada com maior precisão a capacidade¹³⁹ de manufatura interna (capacidade, desvios, recursos necessários, prazos requeridos para produção, pessoal de montagem requerido, ferramentas, etc.). Também são desenvolvidos estudos para identificar novos processos de manufatura, e áreas prováveis ou disponíveis na fábrica para a implementação da manufatura interna, armazenamento e montagem do produto. Durante esta atividade é determinado o ferramental necessário para produção do lote piloto.

Do mesmo modo, o plano de compras prevê a avaliação da capacidade de manufatura externa e a seleção dos fornecedores. Nesse ponto é realizada a avaliação “fazer *versus* comprar”, considerando os custos de material, mão de obra e de transporte.

Sobre as metas de qualidade e confiabilidade definidas na fase anterior, é desenvolvido um plano para testar a viabilidade das mesmas. Para isso é definido o cronograma de testes de durabilidade da máquina e é iniciado o estudo de segurança sobre o conceito final do produto.

As atividades finais da fase compreendem: a revisão das considerações de manutenibilidade sobre o conceito do produto; definição dos equipamentos necessários para a assistência técnica da máquina e o estabelecimento do plano de publicações técnicas.

Considerando o conceito final do produto é realizada a atualização da análise financeira, que inclui a revisão das estimativas de custo do produto, previsão de investimentos e despesas de desenvolvimento do produto. A fase é encerrada com a revisão formal e emissão do plano do projeto do produto atualizado.

A quarta fase, **desenvolvimento do projeto**, é destinada a elaboração do projeto detalhado do produto e do processo de manufatura. Nesta fase é executado o ciclo “projetar–construir–testar” protótipos. Dentre as saídas principais desta fase destacam-se o projeto final do produto (definição das especificações, estilo e ergonomia) e o plano de manufatura (necessidade de máquinas-ferramenta, células de manufatura, ferramental, formas de montagem, cronograma da produção piloto, programação da produção).

Durante esta fase é definida a data de lançamento do produto e do que é necessário para que isso ocorra, como por exemplo, a preparação de uma produção piloto, a confirmação do atendimento do produto aos requisitos dos clientes, o treinamento das áreas de vendas e assistência técnica, e o plano de peças de reposição e acessórios da máquina. A preparação da produção piloto envolve o estabelecimento do cronograma, a definição da quantidade de produtos necessários, além de outras tarefas relacionadas à programação da produção.

Como se tem definido, até o momento, o conceito final do produto e as suas especificações gerais, a área de engenharia passa a desenvolver o projeto detalhado do produto. Esta atividade resulta na criação dos desenhos definitivos da máquina, nos quais são definidas as geometrias das peças e dos itens que as compõem, e na revisão do estilo, aparência e ergonomia do produto. As definições geradas nesta atividade são confrontadas com as normas e/ou exigências para a homologação do produto nos mercados pretendidos.

¹³⁹ “É a medida da aceitabilidade da variação do processo” (Slack *et alii*, 1996, p.564).

À medida que a documentação vai sendo gerada, é definido o cronograma para liberação da decisão de engenharia do produto com relação à conclusão do projeto e é emitido o pedido de componentes para teste de durabilidade (fadiga, resistência, etc.), de performance, de verificação da função e da performance em campo, da compatibilidade com o trator, implementos e acessórios e avaliação do cliente.

A documentação relativa aos procedimentos de manufatura e montagem abrange a necessidade de máquinas-ferramenta, o planejamento das células de manufatura, a compilação das estimativas de ferramentas de auxílio à produção (dispositivos de fixação, placas, ferramentas, paquímetros, micrômetros, etc.). Envolve também, o desenvolvimento dos métodos de montagem, a definição dos locais de montagem, o estabelecimento de roteiros ou etapas de fabricação¹⁴⁰ e dos padrões de manufatura que definem o custo (homem/hora) da atividade.

Na seqüência ocorre a construção do protótipo, sendo suas peças fabricadas, sempre que possível, em ambiente de produção. O mesmo acontece com a montagem do protótipo. Acompanhando a evolução da fase, tem-se a revisão dos componentes comprados e a atualização das estimativas de custo dos mesmos e do ferramental de auxílio à produção.

A partir da disponibilidade do protótipo, diversas verificações são realizadas e incluem: status da qualidade com relação às metas estabelecidas no plano de qualidade; status do aumento da confiabilidade conforme os objetivos fixados no plano de confiabilidade do produto; status da segurança durante teste de durabilidade em relação às metas estabelecidas. Além dessas, procede-se à revisão da manutenibilidade do produto, e a elaboração do primeiro esquema das publicações de assistência técnica, que abrange o manual do operador, o catálogo de peças, o manual técnico de manutenção e a guia de peças de assistência técnica.

Já ao final da fase, é realizada a atualização da análise financeira considerando o projeto detalhado do produto. Esta atividade implica na confirmação dos custos do produto, custos do ferramental, custos de lançamento e de desenvolvimento do produto. Com estas informações computadas, estima-se o preço do produto, finalizando a análise de fluxo de caixa sobre o protótipo.

O montante de recursos financeiros reservado para o projeto é dividido em investimentos (máquinas, equipamentos, construções, ferramentas, moldes, etc.) e despesas (gastos c/ pessoal, material de escritório, viagens, pesquisas, etc.). As despesas são autorizadas através de solicitações de compra e os investimentos em imobilizado são solicitados através de um documento de autorização para gastos¹⁴¹, que passa pela aprovação de toda a diretoria da empresa. Quando o investimento é autorizado, o dinheiro para o projeto é liberado, sendo implementado o rastreamento de despesas e investimentos. A fase é encerrada com a revisão formal e a emissão das saídas descritas acima.

A fase de **confirmação e implementação** tem como objetivo a conclusão do projeto do produto e do processo de manufatura, assim como, a produção de um lote piloto. Nesta fase as instalações da fábrica são atualizadas através da implantação do ferramental e do maquinário necessário à produção do novo produto.

¹⁴⁰ Por exemplo: [1] cortar; [2] dobrar; [3] lavar; [4] estocar.

¹⁴¹ Que descreve o capital necessário à implementação do produto/processo.

Tomam parte das saídas principais da fase: a primeira máquina montada na linha; confirmação dos níveis de performance e confiabilidade (através de testes de durabilidade); plano de início de produção; plano de avaliação do nível de satisfação dos clientes; plano de ações corretivas dos itens não-conformes; publicações de assistência técnica do produto, entre outras.

Nesta fase tem-se a implementação do plano de marketing, envolvendo por exemplo, a revisão das datas planejadas para o início de produção, a verificação dos processos/produtos necessários à implementação da linha de produção/montagem, a confirmação do plano de transição do estoque de campo, a confirmação do preço do produto e do volume de vendas. Abrangem também o treinamento das concessionárias e o plano para avaliar o atendimento às necessidades do cliente.

São realizados testes de durabilidade com o protótipo, para verificar a sua performance e a compatibilidade com o trator, implementos e acessórios. Com aprovação dos testes, todas as tarefas seguintes ligadas às especificações da máquina visam a conclusão do projeto do produto, de modo a permitir a liberação da decisão do departamento de engenharia do produto. Neste ponto é implementado o controle das mudanças do projeto e é iniciado o plano de melhoria contínua através de metas bem definidas.

Paralelamente tem-se a finalização das revisões de manufatura, que abrangem a realização da revisão de todo o processo de fabricação e montagem do produto, de modo a completar o ferramental de auxílio à produção (dispositivos de fixação, placas, ferramentas, paquímetros, micrômetros, etc.), atualizar seu custo, bem como o de início de produção.

Os itens necessários à produção do lote piloto são providenciados, inspecionados e os seus custos e do ferramental são atualizados. A preparação para o início da manufatura é finalizada com a execução da produção do lote piloto, utilizado para treinamento do pessoal de fábrica. À medida que os itens vão sendo fabricados, recebidos e montados na produção, é verificado o status de implementação do plano de qualidade das peças fabricadas e compradas (certificação do fornecedor através das inspeções nas primeiras peças), além dos estudos de capacidade do processo e das auditorias de montagem.

Sobre as máquinas do lote piloto é conduzido uma avaliação de segurança para verificar o status atual. Quando necessário é desenvolvido um plano de ações corretivas para os itens que não atenderem aos requisitos de segurança. Também, assim que os resultados dos testes de durabilidade são disponibilizados, os mesmos são analisados e a melhoria da confiabilidade do produto passa a ser monitorada até o nível desejável para o produto.

Ao final da fase é desenvolvida a programação para o início de produção (que ocorre na próxima fase) e é implementada a logística dos itens na fábrica e na linha de montagem. Ainda é feita a publicação das informações de assistência técnica do produto, e é iniciado o rastreamento dos custos do produto, das despesas de desenvolvimento e dos investimentos realizados. Todas estas informações são utilizadas na atualização do fluxo de caixa do projeto. A fase é encerrada com a revisão formal, que autoriza a passagem do projeto para a última fase.

A sexta e última fase, **produção e melhoria contínua**, envolve a produção da máquina agrícola, e o estabelecimento de um processo contínuo de melhoria do produto e da produção. As saídas principais incluem: confirmação da aceitação do cliente; produtos manufaturados no prazo previsto e de acordo com as especificações; assistência técnica ao produto preparada; processo de melhoria contínua do produto e do processo de manufatura; e conclusão da análise financeira.

Dando seqüência a implementação do plano de marketing iniciada na fase anterior, é analisada a venda no varejo em comparação com as projeções de venda descritas no plano de vendas. Com o início da produção o produto é apresentado oficialmente aos concessionários e vendedores, ao mesmo tempo em que os mesmos são treinados na fábrica.

Durante esta fase a gerência do projeto inicia o plano para alcançar as metas de melhoria contínua do produto, que envolve a redução do custo, melhoramento das características e aumento da performance.

É dado início à produção na fábrica, na busca pela produção total, isto é, estabilização dos processos produtivos internos e externos (fornecedores), estabilização da programação de fornecimento dos itens comprados e revisão do processo de melhoria contínua com os fornecedores.

Com o início da comercialização dos produtos é feita a confirmação da performance do produto e da satisfação do cliente. Do mesmo modo é realizado o monitoramento da segurança do produto, através do retorno das informações dos usuários, da análise dos relatórios de acidentes e do início e confirmação das ações corretivas tomadas para evitá-los. Com relação à documentação de assistência técnica do produto, esta segue sendo atualizada permanentemente.

Com a produção total, é concluída a análise financeira, após a comparação do custo do produto e do capital investido com a análise financeira inicial. A fase de produção e melhoria contínua é encerrada com a revisão formal dos resultados obtidos, com a definição da responsabilidade futura do produto, e com o encerramento do desenvolvimento do produto.

Para suportar o processo de desenvolvimento do produto a empresa utiliza, além de procedimentos normalizados e de documentos padrões para apresentar as diversas saídas, outros recursos específicos que incluem modelagem de sólidos (chapas), modelagem de ferramental, mock-ups virtuais e físicos, prototipagem rápida, sistemas CAD/CAE, entre outros. As ferramentas de gerenciamento de projetos utilizadas são, basicamente, planilhas de acompanhamento das atividades, cronogramas (gráficos de Gantt), atas para registro das reuniões, memorandos, entre outros documentos.

3.3.4 Análise Crítica dos Estudos de Caso

Conforme se verifica nos trabalhos (EC1, EC2 e EC3) realizados no NeDIP/UFSC, o emprego de metodologias de projeto, com o auxílio das ferramentas de apoio, permite a realização do processo de projeto de

maneira sistematizada, favorecendo a evolução das informações, inicialmente qualitativas e abstratas, até um final quantitativo e detalhado.

A análise comparativa dos projetos EC1, EC2 e EC3 indica a utilização da mesma estrutura para o processo de projeto da máquina agrícola. Cada fase é dividida em diferentes etapas, as quais se subdividem em tarefas. Cada tarefa é suportada por um conjunto de documentos e ferramentas de apoio. Ao final de cada fase, têm-se definidos os resultados esperados (especificações de projeto, concepção da máquina agrícola, leiaute definitivo e documentação).

O que diferencia basicamente os modelos adotados em cada projeto, são as denominações das etapas e tarefas, as quais seguem o vocabulário do autor de cada projeto, caracterizando a falta de homogeneização da linguagem (diferentes terminologias) em um mesmo ambiente de trabalho, contribuindo para que haja a falta de um entendimento comum de um processo que por si só já é bastante complexo.

Para exemplificar, em EC1 uma etapa foi denominada como “identificar a lacuna de mercado”, já EC2 denominou como “definir o problema de projeto” e EC3 como “pesquisar informações sobre o tema de projeto”. Apesar de compreender que nos projetos analisados estas denominações buscavam levantar informações para a iniciação do projeto, vê-se que as mesmas não são precisas em seus enunciados, isto é, pode-se dizer que o significado de cada uma delas é bastante diferente.

Outro exemplo, uma etapa foi denominada como “identificar desejos e necessidades dos clientes do produto” em EC1 e EC2, já EC3 denominou como “identificar as necessidades dos clientes do projeto”. Nesta a questão é se os clientes do “produto” são os mesmos clientes do “projeto”. Normalmente, clientes do produto são os consumidores e/ou usuários do produto, enquanto os clientes do projeto são aqueles envolvidos diretamente pelo projeto (p. ex. pessoal de outras áreas da empresa, parceiros, fornecedores, entre outros).

Do modo como definido em EC1 e EC2 parece estar definindo apenas os desejos e as necessidades dos consumidores do produto, e em EC3 as necessidades dos clientes internos. Apesar das diferenças apresentadas, percebe-se que o que se quis identificar nos três projetos eram as necessidades dos envolvidos ao longo de todo o ciclo de vida do produto, desde o seu projeto, o que envolve tanto os clientes do projeto como os clientes do produto.

Apesar da linguagem não ser homogênea, observa-se que os resultados obtidos na realização das fases são aproximadamente os mesmos para os três projetos, o que revela uma boa consistência das informações. No entanto, a maior consistência ocorre durante as fases de projeto informacional e conceitual, sendo estas bem detalhadas nos três projetos, revelando uma maior ênfase do modelo do NeDIP/UFSC nestas fases.

As fases de projeto preliminar e projeto detalhado apresentam-se com menor consistência se comparadas com as anteriores. Em EC1, por exemplo, o processo avança até a fase de projeto preliminar e, em seguida já é construído e testado o protótipo. Pode-se depreender que nas circunstâncias deste projeto o nível de informações obtido até a fase de projeto preliminar foi suficiente para a construção e teste do protótipo, não sendo necessário realizar a fase de projeto detalhado.

Já no EC2 as fases de projeto preliminar e projeto detalhado são apresentadas como sendo uma única fase denominada “projeto preliminar-detalhado”. Depreende-se que o autor do projeto não identificou fronteiras que exigissem a divisão da fase. Assim, nesta fase foram feitos os dimensionamentos dos componentes, construção do protótipo, aplicação de FMEA e execução de testes de laboratório e de campo. Apenas no EC3 as fases de projeto preliminar e projeto detalhado são apresentadas mais claramente.

Embora as duas últimas fases do modelo do NeDIP/UFSC tenham sido apresentadas de forma diferente nos três projetos, percebeu-se que em todos eles foram empreendidos esforços para obtenção dos dimensionamentos e detalhamentos dos componentes da máquina agrícola, para a construção do protótipo e, posterior teste da concepção escolhida.

Como já descrito anteriormente, em função dos propósitos dos projetos do NeDIP/UFSC, o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas é encerrado com o teste do protótipo, não sendo realizadas as fases de preparação da produção e lançamento da máquina no mercado, que são típicas de uma empresa de manufatura.

Com relação ao emprego de ferramentas de auxílio ao projeto, percebe-se que todos os projetos fazem um bom uso dos recursos existentes, minimizando a subjetividade inerente ao processo. Todavia, constata-se que o fundamental mesmo, deve ser o entendimento do processo de projeto propriamente dito, ou seja, de suas fases e das atividades necessárias para atingir os resultados, incluindo a isso o cuidado com a terminologia utilizada. Concentrando-se nisso, as ferramentas de projeto podem ser melhor usadas como apoio à tomada de decisões adaptadas.

No que se refere ao domínio de conhecimento de gerenciamento de projetos, não são identificadas no modelo NeDIP/UFSC atividades que definam o planejamento do projeto¹⁴², o monitoramento do andamento e o encerramento do projeto.

Logo, as atividades definidas no modelo NeDIP/UFSC são exclusivamente pertencentes ao domínio de projeto do produto, e por isso, o modelo apresenta-se ainda incompleto no que se refere ao atendimento a outros domínios de conhecimento necessários para o desenvolvimento da máquina agrícola, e que envolvem, por exemplo, aspectos de segurança, ergonomia, confiabilidade, manutenibilidade, testes e ensaios, manufatura e qualidade. Em outras palavras, mesmo que estes aspectos sejam abrangidos por um ou outro projeto, com o nível de detalhamento apresentado no modelo atual do NeDIP/UFSC, não fica garantido a observância e atendimento a estes aspectos.

O modelo do processo de desenvolvimento de produtos da Empresa 1 (EC4), conforme apresentado anteriormente, é decomposto em cinco fases (conceito, viabilidade, desenvolvimento e aprovação, liberação e lançamento), onde cada fase é formada por um conjunto de atividades que produzem,

¹⁴² Esta fase parece estar sendo atendida implicitamente, conforme o caso, pelo projeto de dissertação de mestrado ou pela proposta para exame de qualificação de doutorado.

respectivamente, as especificações de produto novo, a viabilidade econômica, a solicitação de investimento, a liberação de produto novo e o lote inicial.

O modelo é utilizado no desenvolvimento de projetos de produtos existentes, basicamente, tratores e colhedoras automotrizes. Os projetos são do tipo derivativos e adaptativos, logo, os novos produtos são, em geral, os mesmos produtos já produzidos pela empresa, com algumas alterações para atender a novas demandas.

Em outras palavras, a concepção do produto é sempre a mesma. O que varia são as aplicações e os modelos, que determinam diferentes especificações técnicas para uma mesma concepção. Deste modo, não se verificam de forma explícita no modelo EC4, atividades que permitam o desenvolvimento de novas concepções para o produto, ou seja, aquelas correspondentes à fase de “projeto conceitual” do modelo do NeDIP/UFSC.

Assim, a fase de “conceito” se equivale, de certa forma, a fase de “projeto informacional” do modelo do NeDIP/UFSC, pois produzem resultados similares, porém não exatamente os mesmos, ou seja, as especificações do produto (no caso do modelo EC4) e as especificações de projeto (no caso do modelo do NeDIP/UFSC). A diferença entre as duas especificações é que a primeira, define as especificações possíveis de serem atendidas pela concepção do produto atual. Já a segunda, é a especificação ainda no âmbito do projeto do produto.

Logo, para definir as especificações do produto, o modelo da empresa parte de uma descrição básica das características do novo produto (considerando que a concepção do produto já existe) e depois, através de estudo comparativo são identificadas as especificações dos principais modelos que estão no mercado. A partir daí, são definidas as especificações que melhor atendem a demanda detectada.

Como se pode observar, esta forma de estabelecer as especificações do produto difere em parte do modo de elaboração das especificações de projeto do modelo NeDIP/UFSC, no entanto, em função do tipo de produtos (p. ex. tratores) e do tipo de projetos desenvolvidos, parece atender bem aos objetivos da empresa.

Analisando os resultados das fases de "viabilidade" e "desenvolvimento e aprovação" pode-se dizer que correspondem, respectivamente, as fases de "projeto preliminar" e "projeto detalhado" do modelo do NeDIP/UFSC. A particularidade da execução destas fases é que as mesmas são baseadas em produto existente, isto é, sobre uma estrutura de produto padrão, sobre a qual são adicionados itens novos ou alterados, e retirados itens não utilizados, conforme a demanda descrita nas especificações do produto. Apesar dessa característica, as fases apresentam-se bem detalhadas e consistentes, permitindo a construção do protótipo e a realização de testes antes da aprovação final, sendo dada ênfase nas ações que venham minimizar as não conformidades encontradas durante os testes.

Já as fases de "liberação" e "lançamento" envolvem, respectivamente, a preparação da produção e o lançamento da máquina agrícola no mercado, sendo estas bem completas. Como já mencionado, estas fases não são contempladas no modelo do NeDIP/UFSC.

Pode-se verificar no modelo da empresa, atividades relacionadas ao gerenciamento de projetos, abrangendo tópicos como escopo, recursos, tempo, custo, risco, qualidade, comunicações e suprimentos. Tais atividades têm por objetivo a condução do projeto dentro dos limites de tempo e recursos da empresa.

Outras atividades descritas no modelo da Empresa 1 pertencem a diversos domínios de conhecimento, incluindo por exemplo marketing, projeto do produto, manufatura, qualidade, suprimentos, administrativo-financeiro, entre outros. No entanto, estas atividades não estão classificadas explicitamente sob estes domínios. Se estivessem, poderiam auxiliar no aumento do comprometimento e no entendimento da equipe de projeto, uma vez que torna mais explícita a atuação de cada pessoa no processo, facilitando também, o gerenciamento do projeto.

Existem também outros aspectos que podem ser melhorados de forma a contribuir para a obtenção de resultados superiores aos obtidos atualmente. Um exemplo é numa maior sistematização do processo de projeto, de modo a auxiliar no desenvolvimento de soluções alternativas para os diferentes sistemas que compõem a máquina, favorecendo, portanto, a tomada de decisão no que se refere a custos, prazos de desenvolvimento, envolvimento de fornecedor, etc. Tal qual se observa no modelo estudado, quase sempre são desenvolvidas soluções únicas para os sistemas que compõem a máquina, restringindo bastante a possibilidade de ganho (p. ex. redução do custo, prazo de desenvolvimento, etc.), aumentando os riscos do projeto.

Já a análise do modelo do processo praticado pela empresa 2 (EC5) revela uma maior abrangência que o modelo EC4. O modelo EC5 é composto por seis fases (plano estratégico de negócio do produto, definição do projeto, avaliação e seleção do conceito, desenvolvimento do projeto, confirmação e implementação e produção) e, ao final de cada uma, do mesmo modo que no modelo EC4, existe uma revisão formal que autoriza a passagem para a próxima fase.

Percebe-se pela abrangência do processo apresentado, que o modelo EC5 pode ser utilizado no desenvolvimento de diferentes tipos de máquinas agrícolas, sejam tratores, colhedoras, semeadoras, etc., até máquinas para jardinagem, bem como em diferentes tipos de projetos. O modelo descreve atividades de desenvolvimento de conceitos de produto e de seleção, sem, no entanto, detalhá-las como no modelo NeDIP/UFSC.

Um aspecto que se destaca, e que não é apresentada nos outros estudos de caso, é a primeira fase (plano estratégico de negócio do produto), que pode ser qualificada como uma fase de pré-desenvolvimento da máquina agrícola, e que indica os projetos que devem ser desenvolvidos a partir do portfólio da empresa e as fases a serem seguidas, atendendo assim, as diferentes tipologias de projeto.

A segunda fase (definição do projeto), é uma fase mista, onde é elaborado o planejamento do projeto e também, são desenvolvidos os conceitos preliminares do produto. Esta fase assemelha-se a uma fusão das fases de “projeto informacional” e “projeto conceitual” do modelo NeDIP/UFSC, e com a fase de “conceito” e “viabilidade” do EC4.

A terceira fase (avaliação e seleção do conceito), detalha cada conceito, avalia e seleciona o melhor conceito, sendo similar a fase de "projeto conceitual" do modelo utilizado no NeDIP/UFSC.

A quarta fase (desenvolvimento do projeto), corresponde às fases de "projeto preliminar" e "projeto detalhado" do produto e do processo de manufatura, quando o protótipo é construído e os componentes testados, sendo equivalente à fase de "desenvolvimento e aprovação" do EC4.

As duas últimas fases correspondem às mesmas do modelo EC4, e envolvem a preparação da produção e o lançamento da máquina agrícola no mercado.

Basicamente o que diferencia os modelos EC4 e EC5 é resultado direto das características de cada empresa e, portanto, de seus propósitos. Assim, quando os dois modelos são analisados isoladamente, pode-se dizer que existe uma boa consistência nas atividades definidas, as quais são realizadas para conduzir um processo que culmina no lançamento do produto no mercado. Essa consistência permite definir o processo de desenvolvimento de produto de forma bastante completa. No que se refere à terminologia, pode-se identificar problemas oriundos principalmente, da tradução das palavras para o português, fazendo com que exista em ambas empresas a utilização de muitos termos no idioma inglês.

Quando os dois modelos são comparados entre si, pode-se dizer que a maior consistência fica no nível macro das suas fases. Quando se analisa no nível das atividades, percebe-se uma menor consistência (as atividades indicam o que fazer, mas não detalham como fazer, o que dificulta a verificação das tarefas executadas para atingir um mesmo resultado), o que de certa forma é justificável por serem empresas diferentes, cada uma com sua cultura e influências, apesar de atuarem no mesmo setor.

3.4. COMENTÁRIOS FINAIS DO CAPÍTULO

Foi apresentada neste capítulo uma visão geral sobre o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas, considerando as descrições encontradas na literatura da área, bem como, levantamentos e estudos de caso realizado junto a empresas do setor e meio acadêmico.

A conclusão que se chega, ao final do levantamento bibliográfico realizado sobre o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas, é que não existe disponível até o momento um trabalho que detalhe o processo como um todo, ou seja, em todas as suas fases, atividades, recursos, etc. Os trabalhos que existem descrevem superficialmente o processo como um todo (p.ex. Kepner *et alii*, 1972; Mialhe, 1974; Christianson e Rohrbach, 1986), e outros que descrevem com um detalhamento maior, partes do processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas, como por exemplo o processo de projeto (p. ex. os trabalhos do NeDIP/UFSC).

Já o levantamento realizado sobre o processo atualmente praticado pelas empresas do setor é um forte indicador da necessidade de melhoria dos processos e das práticas de desenvolvimento de produto, principalmente nas de pequeno e médio porte.

Resumindo os resultados da pesquisa, pode-se dizer que, de certa forma as empresas entrevistadas praticam o processo de desenvolvimento de produtos, porém, a maioria das de pequeno e médio porte o realiza de maneira informal, enquanto que as de grande porte de maneira formal, como comprovado nos estudos de caso realizados nas duas empresas. Talvez isso explique o fato para que nenhuma empresa de médio porte tenha aceitado o convite para participar dos estudos de caso.

Como pode ser visto, também, os tipos de projeto desenvolvidos pelas empresas são derivativos e adaptativos, baseados nos produtos da concorrência, no caso das empresas de pequeno e médio porte, ou em fontes de tecnologia provenientes do exterior, no caso das empresas multinacionais.

Sob o contexto do processo de desenvolvimento de produtos como um todo, pode-se dizer que os estudos de caso realizados no NeDIP/UFSC produzem maiores contribuições relacionadas ao processo de projeto do produto propriamente dito, principalmente, as fases de estabelecimento das especificações de projeto e elaboração das concepções para o produto (projeto informacional e projeto conceitual).

As contribuições advindas dos estudos de caso realizados nas empresas estão relacionadas tanto ao processo de projeto do produto (principalmente, as fases de desenvolvimento da configuração do produto e detalhamento dos componentes – projeto preliminar e detalhado), quanto ao processo de gerenciamento de projeto, além de contribuições em outras etapas importantes do processo, como a preparação da produção e o lançamento do produto no mercado.

Com essas considerações, encerra-se a teoria de foco da tese, base para a elaboração do modelo apresentado no Capítulo 5. No próximo capítulo é descrita a estrutura desenvolvida para a representação do modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas.

Capítulo 4

ESTRUTURA PARA A REPRESENTAÇÃO DO MODELO DE REFERÊNCIA PARA O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS

Atualmente tem-se um crescente número de trabalhos acerca do processo de desenvolvimento de produtos de diferentes segmentos industriais, como por exemplo, aeroespacial, automobilístico, alimentação, máquinas agrícolas, construção civil, entre outros¹⁴³. Em função da complexidade do processo de desenvolvimento de produtos e, também, das particularidades de cada setor, há uma infinidade de temas que podem ser estudados e aprofundados.

Um fato interessante que se observa é que, muitas vezes, estudos realizados em um determinado segmento podem ter as mesmas necessidades de outros, realizados em setores totalmente diferentes. Nestes casos, o compartilhamento de conhecimentos pode ajudar em muito no desenvolvimento de soluções que venham a atender a essas necessidades.

No Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos (NeDIP), da Universidade Federal de Santa Catarina, encontram-se diversas pesquisas em que se verifica o fato descrito acima. Um dos casos é o que envolveu este trabalho e uma outra tese, cujo objetivo é o desenvolvimento de um modelo de referência voltado ao processo de projeto de edificações. Apesar das pesquisas enfocarem processos de dois segmentos totalmente distintos, uma necessidade foi compartilhada por ambas: como representar gráfica e descritivamente os processos estudados? Logo, se constatou ser necessário o desenvolvimento de uma estrutura para a representação dos modelos de referências que estavam sendo elaborados.

Sendo assim, o propósito deste capítulo é apresentar a estrutura desenvolvida para a representação do modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas (PDMA). Primeiramente, descreve-se o objetivo do modelo de referência para o PDMA e a metodologia utilizada para a sua elaboração. Segue com a apresentação da estrutura, seus requisitos e contribuições. Finalizando o capítulo

¹⁴³ Alguns exemplos: Rozenfeld (1997); Valeri *et alii*, (2000); Romano (2000); Araújo *et alii*, (2001); Estorilio e Sznelwar (2001); Romano (2001).

é apresentada a aplicação da estrutura ao PDMA, suas macrofases, domínios de conhecimento abrangidos e a síntese do processo.

4.1. MODELO DE REFERÊNCIA

Como visto na seção 2.5, modelo de referência é definido por Vernadat (1996) como um modelo parcial ou não, que pode ser usado como base (modelo ideal) para o desenvolvimento ou avaliação de modelos particulares. Uma característica importante de um modelo de referência é a de permitir a visão holística do processo, destacando as suas atividades, informações, recursos e organização, assim como, suas inter-relações. Essa característica gera a idéia de unicidade e de integração do processo. Também, através de um modelo de referência se consegue:

- ◆ Obter uma maior compreensão do processo estudado.
- ◆ Adquirir e registrar o conhecimento para uso posterior.
- ◆ Definir uma base para o diagnóstico do processo praticado pelas empresas do setor.
- ◆ Planejar e especificar melhorias no processo diagnosticado nas empresas.
- ◆ Simular o funcionamento do processo melhorado.
- ◆ Definir uma base para a tomada de decisões durante o processo.
- ◆ Racionalizar e garantir o fluxo de informações durante o processo.

Além disso, o desenvolvimento de modelos de referência permite a compreensão das informações do ciclo de vida do produto, bem como do emprego integrado de métodos e ferramentas de auxílio ao projeto e ao seu gerenciamento, estabelecendo uma visão detalhada e integrada do trabalho a ser realizado.

Todavia, para a elaboração de um modelo de referência deve-se primeiramente definir o objetivo do modelo, o qual determinará a metodologia de modelagem mais adequada.

4.1.1 Objetivo do Modelo de Referência para o PDMA

O modelo de referência para o PDMA foi desenvolvido com o objetivo de explicitar o conhecimento sobre o processo de desenvolvimento de produtos, de modo a auxiliar no entendimento e na prática do processo. Assim, o modelo de referência para o PDMA, pode ser usado tanto na formação de estudantes e/ou na atualização de profissionais que trabalham na área, como base para a implementação de melhorias no processo de desenvolvimento de produtos das empresas.

4.1.2 Metodologia para Elaboração do Modelo de Referência para o PDMA

A metodologia de modelagem empregada na elaboração do modelo de referência para o PDMA foi definida a partir do objetivo do modelo propriamente dito. Como o propósito do modelo é de explicitar o conhecimento acerca do processo de desenvolvimento de produtos do setor industrial de máquinas agrícolas, a sua elaboração exigiu o desenvolvimento de uma estrutura capaz de suportar diferentes elementos.

A estrutura desenvolvida, que será apresentada na próxima seção, definiu o passo inicial da metodologia utilizada:

- a) Definição da estrutura para a representação do modelo de referência, gráfica e descritiva.
- b) Definição das macrofases e fases.
- c) Definição das saídas desejadas para cada fase.
- d) Definição dos domínios de conhecimento abrangidos.
- e) Definição das atividades e tarefas de cada fase, e a seqüência lógica das mesmas.
- f) Definição das informações a serem modeladas para cada dimensão.
- g) Verificação da consistência do modelo de referência.
- h) Avaliação do modelo de referência para o PDMA.

4.2. ESTRUTURA DO MODELO DE REFERÊNCIA

Esta seção apresenta a estrutura base do modelo de referência decomposta nas seguintes subseções: requisitos à elaboração do modelo; desenvolvimento da estrutura do modelo e contribuições da estrutura do modelo.

4.2.1 Requisitos à Elaboração do Modelo de Referência para o PDMA

Como o propósito do modelo de referência para o PDMA é de explicitar o conhecimento acerca do processo estudado, a sua elaboração exigiu o desenvolvimento de uma estrutura capaz atender aos seguintes requisitos:

- ◆ Uma representação baseada na visão de processo¹⁴⁴ e em consonância com o plano estratégico de negócios

¹⁴⁴ Outras visões possíveis incluem, segundo Vernadat (1996): dados – define a semântica dos modelos em termos de uma estrutura de relacionamentos e de dados (sistema de banco de dados); organização – define a estrutura organizacional da empresa, a estrutura física dos equipamentos e dos recursos; controle – relaciona as visões anteriores através do conceito de evento, que integra funções (processos) e dados, funções e organização, organização e dados.

e de produtos da organização.

- ◆ A visão de todo o processo de desenvolvimento do produto através da unidade visual de representação gráfica e descritiva.
- ◆ Subdivisão do processo em macrofases e fases.
- ◆ Indicação da seqüência lógica das fases e atividades.
- ◆ Apresentação do que deve ser feito ao longo do processo, ou seja, as atividades e tarefas, apoiadas nos princípios da engenharia simultânea e nas diretrizes do processo de gerenciamento de projetos.
- ◆ Indicação dos domínios de conhecimento envolvidos na realização de cada tarefa.
- ◆ Definição das informações necessárias à realização das atividades, apresentadas sob a forma de documentos, métodos, ferramentas, insumos, etc.
- ◆ Definição das avaliações que marcam o término das fases, e que definem os resultados desejados para a mudança de fase.
- ◆ Implementação de melhorias ao modelo de referência.
- ◆ Emprego de uma ferramenta computacional de fácil acesso e utilização.

4.2.2 Desenvolvimento da Estrutura do Modelo de Referência

Foi desenvolvida, primeiramente, uma representação gráfica genérica do modelo de referência, apresentada na Figura 4.1. O “processo” a ser modelado é representado por um único pentágono, que se subdivide em “n” pentágonos, representando as macrofases do processo, as quais se decompõem em “n” fases. O número de macrofases e de fases varia de acordo com o processo estudado. Ao final de cada fase tem-se losangos representando os pontos de avaliação dos resultados das fases e as saídas desejadas.

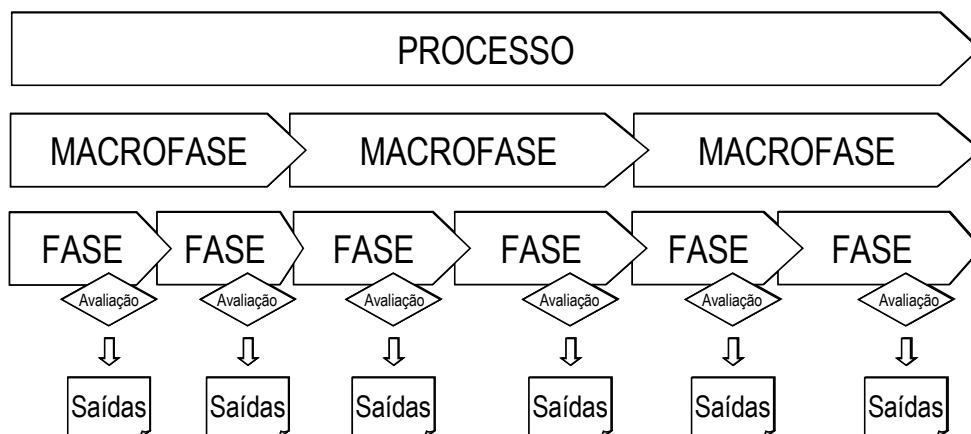


Figura 4.1 – Representação gráfica genérica do modelo de referência.

A partir da representação gráfica, foi estabelecida uma estrutura genérica para o modelo de referência sobre uma planilha eletrônica, com a mesma unidade visual, constituída de “n” planilhas, cada uma representando uma fase do processo estudado, conforme ilustra a Figura 4.2.



Figura 4.2 – Representação descritiva genérica do modelo de referência.

Cada fase é descrita através de sete elementos: entradas, atividades, tarefas, domínios, mecanismos, controles e saídas. O leiaute dos elementos na planilha eletrônica é ilustrado na Figura 4.3. As atividades e tarefas representam o trabalho a ser realizado. As entradas, mecanismos, controles e saídas são as dimensões básicas modeladas. Os domínios indicam as áreas de conhecimentos a que pertencem as tarefas. As saídas esperadas da fase são descritas na base da planilha.

FASE						
Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Leiaute dos elementos do modelo na planilha						
Saídas						

Figura 4.3 – Representação descritiva do modelo de referência: leiaute dos elementos.

As dimensões envolvidas em cada tarefa descrita no modelo de referência seguem a recomendação dada pela metodologia IDEF0¹⁴⁵ (NIST, 1993). Seus elementos são definidos como segue (Figura 4.4):

¹⁴⁵ De acordo com Vernadat (1996), a metodologia IDEF0 é a mais difundida e a mais empregada na modelagem de empresas, sendo considerada mais simples de ser utilizada (poucas regras e formalismos), sendo de fácil emprego em função de ter sido desenvolvida dentro de um contexto de aplicação prática. A família IDEF foi desenvolvida no início da década de 80 por um programa de integração da manufatura auxiliada por computador (ICAM) da Força Aérea Americana. É uma extensão do método de modelagem SADT (*Structured Analysis and Design Technique*).

- ◆ Entradas (E) – são as informações ou objetos físicos a serem processados ou transformados pela tarefa.
- ◆ Mecanismos (M) – são os recursos físicos e/ou informações necessários para a execução da tarefa (por exemplo: metodologias, técnicas, ferramentas).
- ◆ Controles (C) – são as informações usadas para monitorar ou controlar a tarefa.
- ◆ Saídas (S) – são as informações ou objetos físicos processados ou transformados pela tarefa (entregas produzidas).

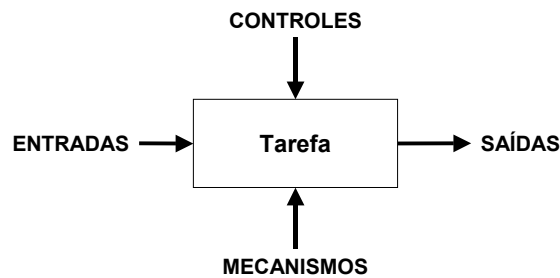


Figura 4.4 – Dimensões envolvidas na estrutura do modelo de referência.

A dimensão saída (S) é usada como entrada de outras tarefas. Quando na forma de informação – por exemplo: as especificações de projeto – é usada como entrada (E) ou na forma de controle (C) ou mecanismo (M) de outras tarefas. Quando a saída (S) é um objeto físico – por exemplo: um protótipo do produto, uma maquete, etc. – é usada somente como entrada (E) ou mecanismo (M) de outras tarefas.

As tarefas descritas no modelo de referência são classificadas por domínios de conhecimento, cujo propósito é de auxiliar na identificação das pessoas e das habilidades necessárias para a realização da tarefa. Na maioria dos casos, os domínios de conhecimento estão relacionados aos departamentos funcionais de uma organização, como por exemplo: Gestão Empresarial – identificando as tarefas cuja natureza envolve tomada de decisão da diretoria da empresa; Gerenciamento de Projeto – identificando as tarefas cuja natureza envolve a iniciação, o planejamento, a execução, o controle e o encerramento do projeto; Marketing – identificando as tarefas cuja natureza envolve a pesquisa de mercado, o planejamento de marketing, a propaganda e a venda do produto; Projeto do Produto – identifica as tarefas cuja natureza envolve o desenvolvimento e a validação do projeto do produto; entre outros.

Devido à natureza multidisciplinar do processo de desenvolvimento de produtos, as tarefas podem, em alguns casos, estar ligadas a mais de um domínio de conhecimento, ou seja, envolver representantes de várias áreas da organização, quer contribuindo para a tarefa propriamente dita, quer tomando decisões em conjunto.

Um dos recursos que pode ser utilizado sobre a estrutura do modelo de referência em planilha eletrônica, é a aplicação de filtros aos elementos descritos em cada fase (entradas, atividades, tarefas, domínios, mecanismos, controles e saídas), permitindo localizar e trabalhar com um subconjunto de informações. O potencial deste recurso pode ser observado quando um determinado domínio é filtrado, permitindo a

visualização de todas as tarefas relacionadas ao mesmo, ao longo das fases do processo. Outro exemplo é na identificação da ocorrência de um determinado mecanismo ou controle, bem como, na verificação da consistência do modelo.

4.2.3 Contribuições da Estrutura do Modelo de Referência

Esta forma de representação permite, através da visualização do todo num único documento, o estudo de melhorias e a reformulação do processo de desenvolvimento de produtos a fim de se estabelecer um ambiente propício e uma metodologia de trabalho que suportem a sua execução. Entre outras contribuições destacam-se: nivelamento do entendimento das diversas áreas da empresa sobre o processo, melhorando a interação e a comunicação entre os envolvidos; maior eficiência na identificação das habilidades necessárias, seleção, treinamento e adaptação do pessoal ao processo; compartilhamento, pelos membros da equipe, de objetivos comuns definidos pelas saídas desejadas.

Sob o enfoque do gerenciamento de projetos, através das diversas possibilidades de arranjos de visualização, geradas a partir da filtragem de informações nas planilhas eletrônicas, tem-se condições de estabelecer as atividades necessárias à condução do processo de desenvolvimento, independente do tipo de produto, no que se refere à integração, ao escopo, ao tempo, aos custos, à qualidade, aos recursos humanos, às comunicações, aos riscos, aos suprimentos, conforme recomenda a NBR ISO 10006 (ABNT, 2000).

Além disso, este tipo de representação permite a atualização fácil e rápida do seu conteúdo, e a partir dela podem ser elaborados fluxogramas, manuais, apresentações, etc., a serem utilizados para o gerenciamento dos processos, facilitando o planejamento, a comunicação, o treinamento, a análise, a síntese, a tomada de decisão e o controle dos projetos.

No que se refere aos princípios da engenharia simultânea, a estrutura para representação de modelos de referência para o processo de desenvolvimento de produtos permite utilizar um processo simultâneo visível, através da seleção de atividades que possam ser realizadas paralelamente, como por exemplo, o projeto do produto e o plano de manufatura, entre outras, facilitando a obtenção de um bom projeto para a manufaturabilidade e apoio logístico.

As contribuições apresentadas apóiam-se, sobretudo, na visão de todo o trabalho que envolve o processo de desenvolvimento de produtos. Essa visão só é possível com a implementação de uma estrutura que torne todas as atividades transparentes, ou seja, uma estrutura que apresente, claramente, onde cada área atuará, quando e como. A estrutura para representação de modelos de referência para o processo de desenvolvimento de produtos apresentada atende esta condição.

4.3. APLICAÇÃO DA ESTRUTURA DO MODELO DE REFERÊNCIA AO PDMA

Como descrito anteriormente, o modelo de referência para o PDMA foi desenvolvido com o objetivo de explicitar os conhecimentos acerca deste processo, de modo a auxiliar no entendimento do mesmo. A aplicação da estrutura do modelo de referência no PDMA, contribui para o ensino e o aprendizado do processo, uma vez que as informações são apresentadas de forma organizada e referenciadas aos domínios de conhecimento a que pertencem, e apresentadas graficamente com a mesma unidade visual do modelo descritivo, facilitando a compreensão de todo processo.

Por outro lado, o modelo de referência para o PDMA contribui para que as empresas do setor passem a executar um processo de desenvolvimento de produtos mais formal e sistemático, integrado aos demais processos empresariais, com os participantes da cadeia de fornecimento e com os clientes finais. Fornece ainda, os meios para que as empresas inovem e desenvolvam dentro de suas fábricas, novos produtos.

A aplicação da estrutura desenvolvida é descrita nas subseções seguintes.

4.3.1 Macrofases do Modelo de Referência para o PDMA

O modelo de referência para o PDMA é decomposto em três macrofases:

- ◆ Planejamento – a primeira macrofase corresponde à fase de “planejamento do projeto”. Envolve a elaboração do plano do projeto da máquina agrícola, principal resultado da fase.
- ◆ Projetação – envolve a elaboração do projeto do produto e do plano de manufatura. Decompõe-se em quatro fases denominadas “projeto informacional”, “projeto conceitual”, “projeto preliminar” e “projeto detalhado”. Os resultados principais de cada fase são, respectivamente, as especificações de projeto, a concepção da máquina, a viabilidade econômica e a solicitação de investimento.
- ◆ Implementação – envolve a implementação do plano de manufatura na produção da empresa e o encerramento do projeto. Decompõe-se em três fases denominadas “preparação da produção”, “lançamento” e “validação”. Os resultados principais de cada fase incluem, respectivamente, a liberação do produto, a liberação do lote inicial e a validação do projeto.

A Figura 4.5 ilustra a representação gráfica das macrofases e sua subdivisão em oito fases. Ao final de cada fase acontece a avaliação do resultado obtido, autorizando a passagem para a fase seguinte do processo.

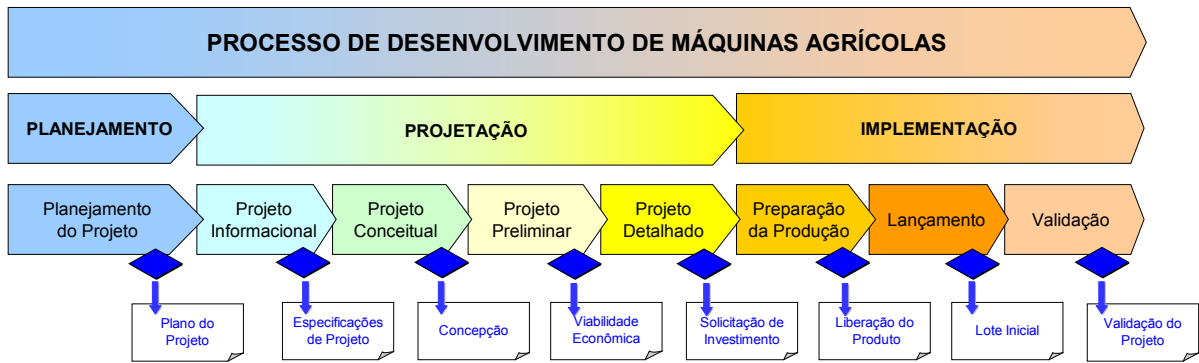


Figura 4.5 – Processo, macrofases, fases e saídas do modelo de referência para o PDMA.

A representação descritiva (Figura 4.6) é constituída de oito planilhas, cada uma representando uma fase do processo. A Figura 4.7 ilustra os elementos que descrevem as fases.

PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS							
PLANEJAMENTO	PROJETAÇÃO				IMPLEMENTAÇÃO		
Planejamento do Projeto	Projeto Informacional	Projeto Conceitual	Projeto Preliminar	Projeto Detalhado	Preparação da Produção	Lançamento	Validação
E A T D M C S	E A T D M C S	E A T D M C S	E A T D M C S	E A T D M C S	E A T D M C S	E A T D M C S	E A T D M C S
Saídas	Saídas	Saídas	Saídas	Saídas	Saídas	Saídas	Saídas

Figura 4.6 – Representação descritiva do modelo de referência para o PDMA.

As fases do modelo de referência para o PDMA são descritas através de atividades, as quais se subdividem em tarefas específicas. As atividades e tarefas estão dispostas nas planilhas de acordo com a seqüência lógica de acontecimento, de modo a facilitar o armazenamento das informações. Apesar disso, as atividades podem ser desenvolvidas simultaneamente, sempre que o fluxo de informações permitir.

Fase 3 - Projeto Conceitual da MA						
Entradas	Atividades	Tarefas	Dominios	Mecanismos	Controles	Saídas
Ficha de aprovação de passagem de fase	Comunicar início da fase de projeto conceitual	Comunicar a aprovação das especificações de projeto da MA à equipe de desenvolvimento do produto	GP	Correio eletrônico	Plano de gerenciamento das comunicações	Comunicado de aprovação da EPMA
		Convocar equipe de desenvolvimento do produto para 1ª reunião da fase de projeto conceitual para apresentação do plano do projeto	GP	Correio eletrônico	Relação dos membros da equipe de desenvolvimento do produto	Convite para a 1ª reunião
Plano do projeto	Atualizar necessidade de capital		GP, AF	Fluxo de caixa Curva S	Orçamento de desenvolvimento da MA	Recursos financeiros

Figura 4.7 – Elementos da estrutura do modelo de referência para o PDMA.

Em cada fase do processo, a leitura dos elementos da planilha ocorre por linhas, da esquerda para a direita, como ilustra a Figura 4.8, que destaca as atividades iniciais da fase de Projeto Conceitual da máquina agrícola.

As atividades e tarefas referentes aos domínios de conhecimento de Gestão Empresarial e Gerenciamento de Projeto estão escritas, respectivamente, nas cores “verde” e “azul”, com o objetivo de destacá-las das atividades e tarefas relacionadas ao desenvolvimento da máquina agrícola propriamente dita (escritas na cor “preta”). As atividades que se referem ao registro das lições aprendidas estão escritas em “vermelho”. As informações relacionadas às dimensões estão escritas na cor “preta”.

Fase 3 - Projeto Conceitual da MA						
Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Ficha de aprovação de passagem de fase	Comunicar início da fase de projeto conceitual	Comunicar e aprovação das especificações de projeto da MA à equipe de desenvolvimento do produto	GP	Correio eletrônico	Plano de gerenciamento das comunicações	Comunicado de aprovação da EPMA
		Convocar equipe de desenvolvimento do produto para 1ª reunião da fase de projeto conceitual para apresentação do plano do projeto	GP	Correio eletrônico	Relação dos membros da equipe de desenvolvimento do produto	Convite para a 1ª reunião
Plano do projeto	Atualizar necessidade de capital		GP, AF	Fluxo de caixa Curva S	Orçamento de desenvolvimento da MA	Recursos financeiros
Convite para a 1ª reunião	Conduzir orientação da equipe e apresentar o plano do projeto atualizado	Apresentar a lista das atividades do projeto atualizada	GP, Todos	Reunião da equipe de desenvolvimento do produto	Lista das atividades do projeto	Plano do projeto apresentado
Especificações de projeto da MA (EPMA) Plano do projeto atualizado Sistema de documentação do projeto		Apresentar os novos membros da equipe de desenvolvimento do produto	GP		Relação dos membros da equipe de desenvolvimento do produto	
		Apresentar o cronograma de desenvolvimento atualizado	GP, Todos		Cronograma de desenvolvimento	
		Esclarecer dúvidas, acertar detalhes e encerrar reunião	GP, Todos		Plano do projeto	
Plano do projeto Recursos financeiros	Executar atividades do plano do projeto	Prover os recursos para executar o plano do projeto	GP		Orçamento de desenvolvimento da MA	Recursos físicos e financeiros

Figura 4.8 – Sentido de leitura na planilha eletrônica do modelo de referência para o PDMA.

4.3.2 Saídas das Fases do Modelo de Referência para o PDMA

Para cada fase do processo são definidas as saídas desejadas, geradas a partir do trabalho realizado na fase, e que permitem a tomada de decisão a respeito do progresso do projeto. Assim, antes de ser emitida definitivamente, a saída de uma determinada fase é submetida à avaliação. Normalmente, três decisões diferentes podem ser tomadas: (i) aprovação da saída e autorização para a mudança de fase; (ii) aprovação parcial da saída e recomendação de retrabalho; e, (iii) reprovação da saída e encerramento do projeto (temporário ou definitivo). No primeiro e no segundo caso tem-se o seguimento do projeto, embora o segundo não autorize a passagem para a próxima fase do processo, exigindo uma nova avaliação após o retrabalho recomendado. O terceiro caso, mais crítico, é aquele em que o projeto é arquivado para desenvolvimento

posterior (encerramento temporário), ou até mesmo, abortado totalmente (encerramento definitivo). O Quadro 4.1 define as saídas de cada fase do PDMA e sua descrição.

Quadro 4.1 – Saídas das fases do modelo de referência para o PDMA.

FASE	SAÍDAS	DESCRIÇÃO
1 – Planejamento do Projeto	Plano do Projeto	Documento formal e aprovado, usado para gerenciar e controlar a execução do desenvolvimento da máquina agrícola.
2 – Projeto Informacional	Especificações de Projeto	Documento formal e aprovado, que apresenta os objetivos que a máquina deve alcançar, de modo a atender aos requisitos dos clientes e/ou usuários. As especificações de projeto são usadas para orientar o desenvolvimento dos projetos conceitual, preliminar e detalhado da máquina agrícola.
3 – Projeto Conceitual	Concepção da Máquina Agrícola	Documento formal e aprovado, que apresenta a concepção escolhida para a máquina (viabilidade técnica), de modo a atender às especificações de projeto, e portanto, aos requisitos dos clientes. Usado para orientar o desenvolvimento dos projetos preliminar e detalhado da máquina agrícola.
4 – Projeto Preliminar	Viabilidade Econômica	Documento formal e aprovado, usado para determinar a viabilidade econômica de se desenvolver a máquina agrícola.
5 – Projeto Detalhado	Solicitação de Investimento	Documento formal e aprovado, usado para descrever e solicitar os investimentos necessários à implementação da produção da máquina agrícola.
6 – Preparação da Produção	Liberação do Produto	Documento formal e aprovado, usado para descrever e liberar o produto para lançamento.
7 – Lançamento	Liberação do Lote Inicial	Documento formal e aprovado, usado para liberar o lote inicial produzido para comercialização.
8 – Validação	Validação do Projeto	Documento formal e aprovado, usado para validar o projeto e registrar o aceite do resultado do projeto.

4.3.3 Domínios de Conhecimento Abordados no Modelo de Referência para o PDMA

As tarefas descritas no modelo de referência para o PDMA estão classificadas por domínios de conhecimento, cujo propósito é de auxiliar na identificação das pessoas e das habilidades necessárias para a realização da tarefa. O alcance deste objetivo é possível, uma vez que os domínios de conhecimento estão relacionados aos departamentos funcionais da empresa.

Os domínios de conhecimentos abordados no modelo de referência do PDMA são:

- ◆ Gestão Empresarial – GE: identifica as tarefas cuja natureza envolve tomada de decisão da diretoria da empresa.
- ◆ Gerenciamento de Projeto – GP: compreende as tarefas que envolvem a iniciação, o planejamento, a execução, o controle e o encerramento do projeto.

- ◆ Marketing – MK: trata das tarefas de pesquisa de mercado, planejamento de marketing, propaganda e venda do produto.
- ◆ Projeto do Produto – PP: envolve as tarefas de desenvolvimento e validação do projeto do produto.
- ◆ Projeto da Manufatura – PM: identifica as tarefas que tratam do desenvolvimento e da implementação do plano de manufatura.
- ◆ Suprimento – SU: refere-se às tarefas que envolvem o planejamento e controle de suprimentos, bem como, o envolvimento de fornecedores no desenvolvimento do projeto do produto e do plano de manufatura.
- ◆ Qualidade – QU: são tarefas que tratam do atendimento do produto às metas de qualidade.
- ◆ Segurança – SE: abrange as tarefas de avaliação da segurança do produto.
- ◆ Dependabilidade – DP: corresponde às tarefas que envolvem o atendimento do produto às metas de confiabilidade e manutenibilidade. Inclui a realização de testes e a preparação da logística de assistência técnica.
- ◆ Administrativo-Financeiro – AF: compreende questões administrativas, jurídicas e financeiras da empresa.
- ◆ Produção – PR: trata-se da implementação do plano de manufatura e da produção dos produtos.
- ◆ Pós-venda – PV: compreende as ações corretivas e de apoio nos casos de falha ou defeito do produto.

Na Figura 4.9 tem-se a representação gráfica dos domínios de conhecimento, destacando o início e o fim da participação de cada domínio ao longo das fases do PDMA.

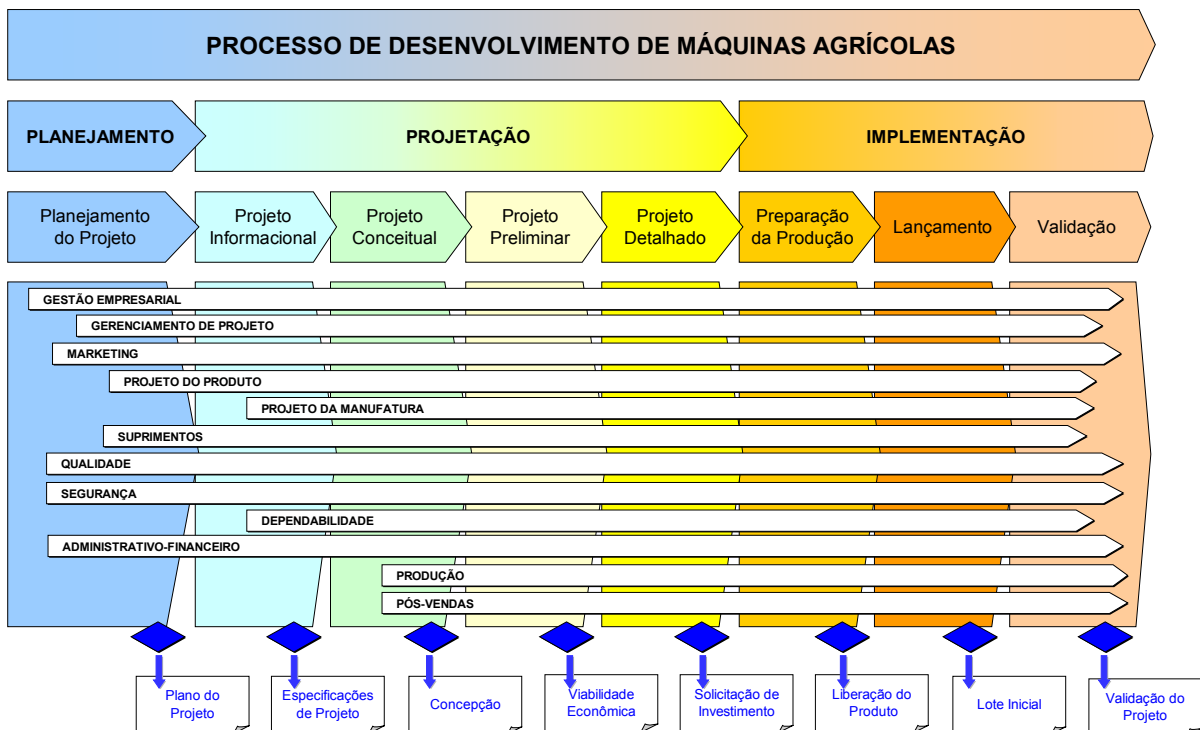


Figura 4.9 – Representação gráfica dos domínios de conhecimento abordados no PDMA.

Como pode ser visto, alguns domínios de conhecimento possuem atividades definidas a partir da segunda e terceira fase do PDMA. É o caso do Projeto da Manufatura, Dependabilidade, Produção e Pós-Venda. Os dois primeiros estão ligados à atividades que iniciam a partir da segunda fase do processo (Projeto Informacional), e os dois últimos, ligados à atividades que iniciam a partir da terceira fase (Projeto Conceitual). Os outros domínios possuem atividades definidas em todas as fases do PDMA.

Em alguns casos as tarefas podem estar ligadas a mais de um domínio de conhecimento. Por exemplo, na fase de Projeto Informacional, na atividade de definição dos fatores de influência no projeto da máquina agrícola, a tarefa “considerar as normas necessárias à homologação da máquina agrícola” está ligada aos domínios de conhecimento de Marketing, Projeto do Produto, Qualidade e Administrativo-Financeiro. Como as referidas normas podem ter diversas origens (mercadológica, técnica, qualidade e/ou legal), a tarefa é facilitada se realizada por pessoal com conhecimento nos domínios indicados, ou seja, pessoal proveniente dos departamentos de Marketing, Engenharia de Produto, Qualidade e Administrativo.

Outro exemplo, na atividade de identificação das necessidades dos clientes/usuários, a tarefa “definir os clientes/usuários ao longo do ciclo de vida da máquina agrícola” está ligada a todos os domínios de conhecimento. Neste caso, a participação de representantes de todos os departamentos da empresa facilitará a sua execução.

Noutros casos, as tarefas poderão pertencer a apenas um domínio. Na fase de Planejamento do Projeto, por exemplo, a atividade de elaboração do termo de abertura do projeto pertence à Gestão Empresarial, pois é responsabilidade de um executivo da empresa descrever o projeto e o produto a ser desenvolvido, bem como, identificar e designar o gerente do projeto.

4.4. SÍNTESE DO MODELO DE REFERÊNCIA PARA O PDMA

Apresenta-se nas subseções seguintes, o resumo do modelo de referência para o PDMA. A descrição detalhada de cada fase é apresentada no Capítulo 5.

4.4.1 Planejamento

A primeira macrofase do PDMA corresponde à fase de “planejamento do projeto”. Esta fase destina-se ao planejamento de um novo projeto face às estratégias de negócio da empresa, e à organização do trabalho a ser desenvolvido ao longo do PDMA (Figura 4.10).

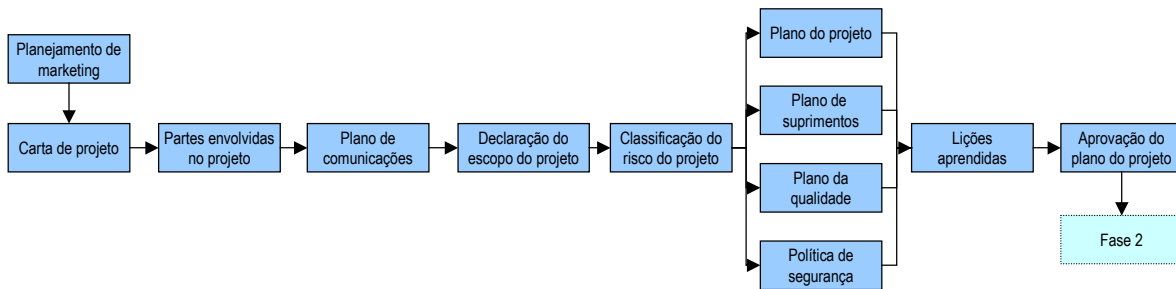


Figura 4.10 – Fluxograma da fase de Planejamento do Projeto.

A partir do plano estratégico de produtos, o planejamento de marketing é iniciado e aprovado, liberando a criação do termo de abertura do projeto ou carta de projeto, que formaliza a existência do projeto dentro da organização. Segue com a identificação das partes envolvidas no projeto (os clientes diretos e indiretos, parceiros, participantes da organização do projeto, etc.) e com a elaboração do plano de gerenciamento das comunicações (diretrizes para o sistema de informações do projeto).

É elaborada a declaração do escopo do projeto da máquina agrícola, que descreve a justificativa do projeto, suas restrições, o que será desenvolvido (características do produto), as saídas desejadas de cada fase do projeto, bem como, os objetivos do projeto. Após aprovação, a declaração do escopo do projeto é detalhada através da elaboração da estrutura de decomposição do projeto, que define o que é objeto do projeto.

Com a declaração do escopo do projeto e a EDP, parte-se para a avaliação do risco do projeto para as áreas envolvidas da organização, resultando numa classificação do risco do projeto. A partir desta classificação são definidas a equipe de gerenciamento do projeto, e todas as demais atividades necessárias à elaboração do plano do projeto da máquina agrícola, que orientará a execução das macrofases de projeção e implementação.

Paralelamente à elaboração do plano do projeto, são desenvolvidos os planos de gerenciamento de suprimentos e da qualidade, e estabelecidas as metas de segurança a serem atendidas com o novo projeto. As melhores práticas relacionadas à realização das tarefas da fase são registradas como lições aprendidas. Para encerrar as atividades da fase, submete-se o plano do projeto da máquina agrícola à aprovação, sendo este o critério que autoriza o progresso para a fase seguinte. O comprometimento das áreas envolvidas no desenvolvimento é obtido através da assinatura da ficha de aprovação de passagem de fase.

4.4.2 Projeção

A macrofase da projeção envolve a elaboração do projeto do produto e do plano de manufatura. Decompõe-se em quatro fases denominadas “projeto informacional”, “projeto conceitual”, “projeto preliminar” e “projeto detalhado”.

A fase de “projeto informacional” destina-se à definição das especificações de projeto da máquina agrícola (Figura 4.11). Sendo a primeira fase da projeção, é nela que acontece a primeira reunião da equipe de desenvolvimento do produto, para apresentação do plano do projeto da máquina agrícola.

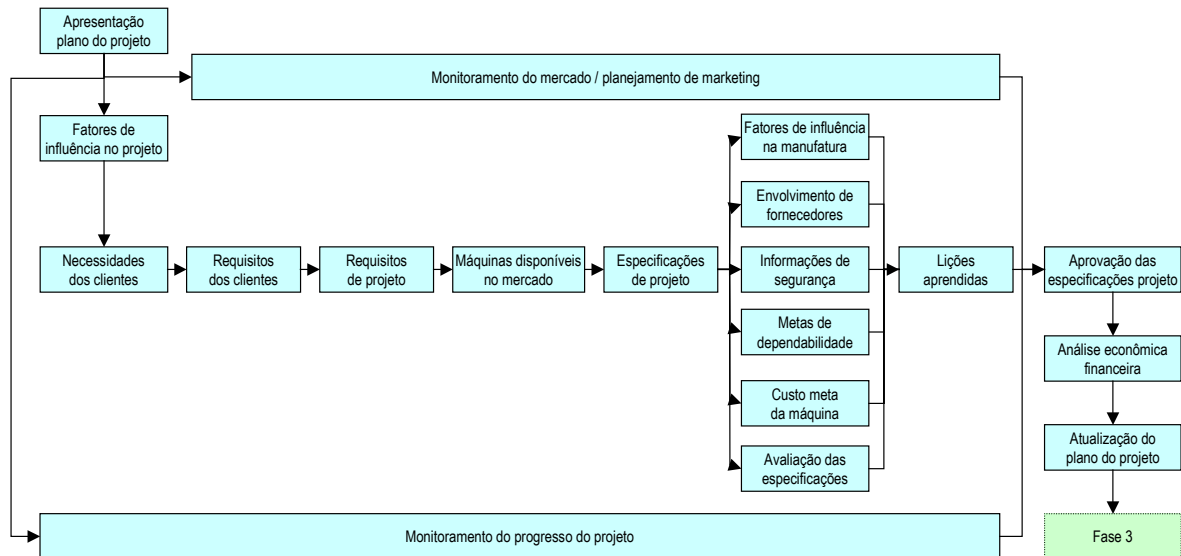


Figura 4.11 – Fluxograma da fase de Projeto Informacional.

Uma vez iniciada a execução do plano do projeto, são realizadas diversas tarefas que buscam a definição dos fatores de influência no projeto do produto (parâmetros agrônômicos, mecânicos e outros conhecimentos específicos – eletrônica, hidráulica, etc.). Paralelamente, o planejamento de marketing é continuado, sendo o mercado monitorado para identificar variações que possam influenciar na determinação das especificações de projeto.

Para estabelecer as especificações de projeto são identificadas, primeiramente, as necessidades dos clientes e/ou usuários, sendo estas desdobradas em requisitos dos clientes. A partir dos requisitos dos clientes são definidos os requisitos de projeto da máquina agrícola, considerando diferentes atributos: funcionais, ergonômicos, de segurança, de confiabilidade, de modularidade, estéticos, legais, entre outros. Conhecidos os requisitos de projeto, uma avaliação comparativa das máquinas agrícolas disponíveis no mercado permite verificar o atendimento das mesmas aos requisitos dos clientes e dos requisitos de projeto.

Dos requisitos de projeto derivam as especificações de projeto, ou seja, os objetivos a que a máquina agrícola a ser projetada deve atender. De posse das especificações de projeto, são definidos: os fatores de influência no plano de manufatura da máquina agrícola; a estratégia para o envolvimento de fornecedores de componentes; as informações sobre segurança no ciclo de vida da máquina agrícola; as metas de dependabilidade; e, o custo meta da máquina. Antes da aprovação das especificações de projeto, as mesmas são avaliadas quanto ao atendimento ao escopo do projeto.

São registradas as lições aprendidas da fase. As especificações de projeto da máquina agrícola são submetidas à aprovação, sendo este o critério que autoriza o progresso para a fase seguinte. São realizadas

a análise econômica e financeira e a atualização do plano do projeto. O monitoramento do progresso do projeto é realizado simultaneamente às tarefas da fase.

A fase de “projeto conceitual” destina-se ao desenvolvimento da concepção da máquina agrícola (Figura 4.12). A segunda fase da projeção é iniciada com a orientação da equipe de desenvolvimento a respeito das atualizações do plano do projeto.

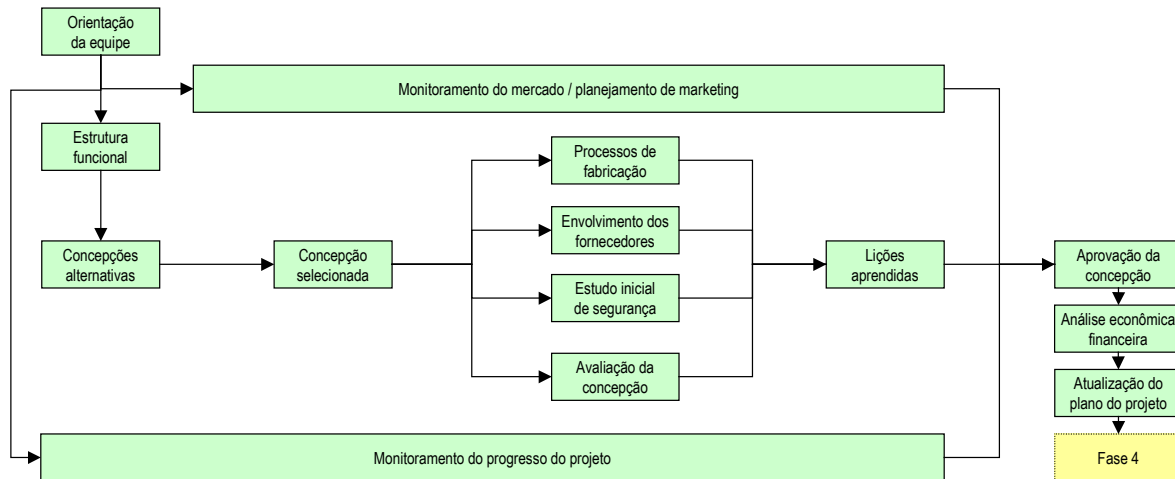


Figura 4.12 – Fluxograma da fase de Projeto Conceitual.

Para atingir o propósito da fase são realizadas diversas tarefas que buscam, primeiramente, estabelecer a estrutura funcional da máquina agrícola. Esta atividade envolve a definição da função global a ser executada pela máquina, bem como, de suas subfunções.

Determinadas as funções a serem realizadas pela máquina, parte-se para o estudo de estruturas funcionais alternativas, com o objetivo de selecionar a mais adequada. Sobre a estrutura funcional selecionada são desenvolvidas concepções alternativas para a máquina agrícola. Paralelamente às atividades da fase, o planejamento de marketing é continuado, sendo o mercado monitorado para a identificação de variações que possam influenciar no desenvolvimento da concepção da máquina agrícola. Para a seleção da concepção faz-se uma análise comparativa entre as alternativas considerando: as especificações de projeto; o custo meta da máquina; os riscos de desenvolvimento (do projeto do produto e do plano de manufatura – complexidade, prazo, custo, envolvimento de fornecedores, etc.); as metas de qualidade, de segurança e de dependabilidade.

Uma vez selecionada a concepção da máquina agrícola iniciam os estudos para identificação dos processos de fabricação (novos ou conhecidos, internos ou externos) possíveis de serem utilizados. Simultaneamente, são definidos os prazos junto aos fornecedores para o desenvolvimento dos projetos preliminar e detalhado das subfunções especificadas na estrutura funcional, e é realizado estudo inicial de segurança sobre a concepção selecionada. Antes da aprovação da concepção da máquina agrícola, a mesma é avaliada quanto ao atendimento ao escopo do projeto.

Para incorporação em projetos futuros, as lições aprendidas da fase são registradas. Encerrando as atividades desta fase, a concepção da máquina agrícola – critério que autoriza o progresso para a fase seguinte – é submetida à aprovação. O plano do projeto é atualizado, bem como a análise econômica e financeira. Simultaneamente às tarefas da fase, o progresso do projeto é monitorado.

A fase de “projeto preliminar” destina-se ao estabelecimento do leiaute final da máquina e à determinação da viabilidade econômica (Figura 4.13). A terceira fase da projeção é iniciada com a orientação da equipe de desenvolvimento a respeito das atualizações do plano do projeto.

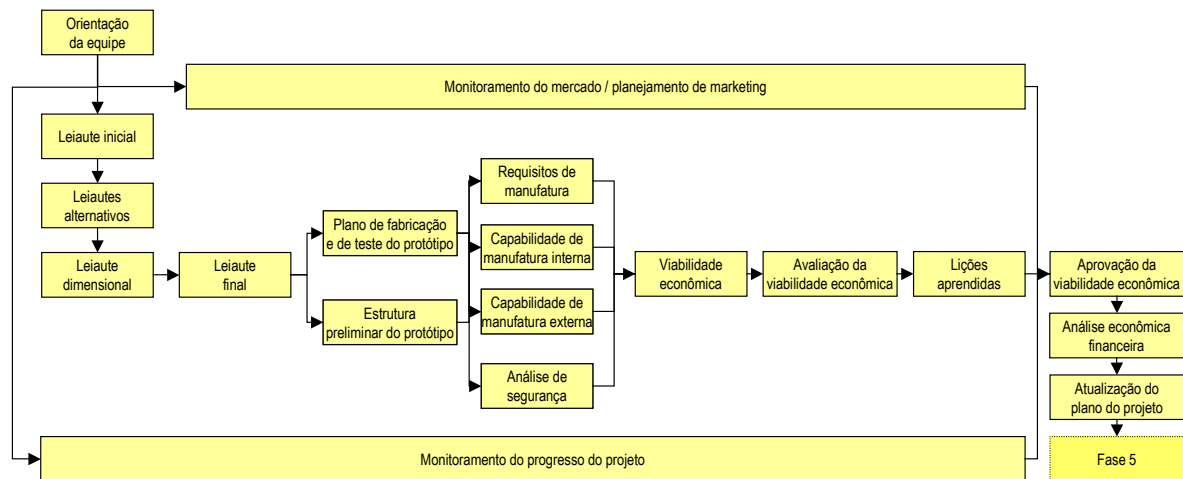


Figura 4.13 – Fluxograma da fase de Projeto Preliminar.

Para estabelecer o leiaute final da máquina, diversas tarefas são realizadas envolvendo: a identificação das especificações de projeto que relacionam os requisitos de forma (dimensões), leiaute (posição), material, segurança, ergonomia e manufatura; a definição dos componentes e/ou dos módulos existentes a serem utilizadas (compradas e/ou desenvolvidas por fornecedores); a revisão das patentes e considerações sobre aspectos legais e de segurança; a seleção de leiautes alternativos para atender ao número de modelos definidos no planejamento de marketing; o estabelecimento das principais dimensões dos componentes, tipo de material, processo de fabricação, tolerâncias; a realização de clínicas com mock-ups para confirmar o atendimento dos leiautes alternativos às necessidades do mercado; a avaliação dos leiautes dimensionais sob o ponto de vista da viabilidade técnica do projeto, dos processos de manufatura e da compatibilidade da máquina com o trator e/ou implemento, entre outros. Paralelamente às atividades da fase, o planejamento de marketing é continuado, sendo o mercado monitorado para a identificação de variações que possam influenciar no estabelecimento do leiaute final da máquina.

Estabelecido o leiaute final, inicia o desenvolvimento do plano de fabricação e de teste do protótipo e a elaboração da estrutura preliminar do protótipo da máquina, que serve de parâmetro para o cálculo inicial de custo. A partir deste ponto, definem-se os requisitos de manufatura do protótipo, avalia-se a capacidade de manufatura interna e externa dos componentes, e realiza-se a análise de segurança sobre o leiaute final. Na

seqüência, determina-se a viabilidade econômica da máquina. Antes da aprovação da viabilidade econômica, a mesma é avaliada quanto ao atendimento ao plano estratégico de negócio da empresa.

Da mesma forma que na fase anterior, são registradas as lições aprendidas. Para encerrar as atividades da fase de projeto preliminar, a viabilidade econômica da máquina agrícola é submetida à aprovação, sendo este o critério que autoriza o progresso para a fase seguinte. São realizadas a análise econômica e financeira e a atualização do plano do projeto. O monitoramento do progresso do projeto é realizado simultaneamente às tarefas da fase.

A quarta e última fase da projeção, “projeto detalhado”, destina-se a vários propósitos: aprovação do protótipo; finalização das especificações dos componentes; detalhamento do plano de manufatura; e, preparação da solicitação de investimento (Figura 4.14). Após a orientação da equipe a respeito das atualizações do plano do projeto, o protótipo é construído e os testes de laboratório, de campo ou clínicas são realizados de acordo com o plano de fabricação e de teste do protótipo, emitido na fase anterior. Durante a realização dos testes são realizadas diversas análises, como por exemplo, análise de segurança do protótipo e/ou de componentes da máquina agrícola.

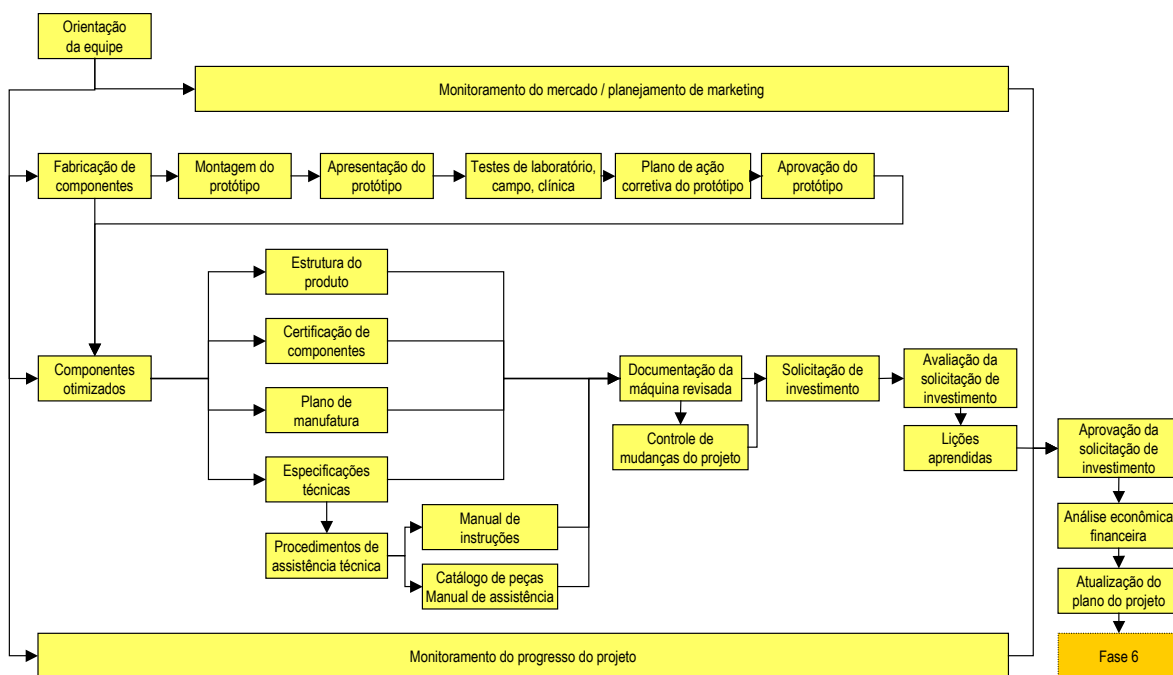


Figura 4.14 – Fluxograma da fase de Projeto Detalhado.

Paralelamente à construção/teste/aprovação do protótipo, é realizada a otimização das especificações dos componentes. Na seqüência, a estrutura do produto é completada, os componentes certificados, o plano de manufatura detalhado e as especificações técnicas da máquina fixadas. Nesta fase é iniciada a elaboração do manual de instruções, do manual de assistência técnica e do catálogo de peças.

Concluído o projeto do produto e o plano de manufatura, inicia a revisão da documentação gerada e implementação do controle das mudanças do projeto. A partir do projeto do produto e do plano de manufatura é preparada a solicitação de investimento. Antes da aprovação da solicitação de investimento, a mesma é avaliada quanto ao atendimento ao plano estratégico de negócio da empresa.

A fase de projeto detalhado é encerrada com o registro das lições aprendidas e com a submissão da solicitação de investimento à aprovação – critério que autoriza o progresso para a fase seguinte. A análise econômica e financeira e o plano do projeto são atualizados, e o monitoramento do progresso das atividades é continuado.

4.4.3 Implementação

A macrofase de implementação envolve a implementação do plano de manufatura na produção da empresa e o encerramento do projeto. Decompõe-se em três fases denominadas “preparação da produção”, “lançamento” e “validação”.

A primeira fase destina-se à preparação da produção da máquina agrícola e à implementação do planejamento de marketing (Figura 4.15). Sendo a primeira fase da implementação, é nela que é realizada a produção do lote piloto¹⁴⁶. Após a orientação da equipe a respeito das atualizações do plano do projeto, diversas atividades são realizadas simultaneamente, com o objetivo de preparar a produção para a realização do teste de montagem da máquina agrícola. Tipicamente incluem: elaboração da documentação de montagem da máquina; liberação para construção de ferramental; compra/recebimento/instalação/teste/preparação das máquinas-ferramenta/dispositivos/ferramentas para a implementação da linha de produção/montagem do lote piloto; desenvolvimento do plano de produção e da programação do lote piloto.

Durante a produção do lote piloto, os procedimentos de montagem são testados para verificação de não conformidades no processo, e também para treinar o pessoal responsável pela montagem. As máquinas produzidas no lote piloto são analisadas e comparadas com a estrutura do produto. Caso necessário, novos testes de laboratório, de campo ou clínicas com produtos do lote piloto são realizados, assim como, testes de homologação e/ou ensaios de certificação de conformidade. Outras atividades ocorrem em paralelo, tais como: revisão do plano de manufatura; implementação do plano da qualidade; conclusão da elaboração dos procedimentos de assistência técnica; treinamento das áreas de vendas e pós-vendas, bem como, das concessionárias.

¹⁴⁶ Primeiro lote de máquinas, saídas da linha de montagem, produzido com o objetivo de testar o processo de manufatura.

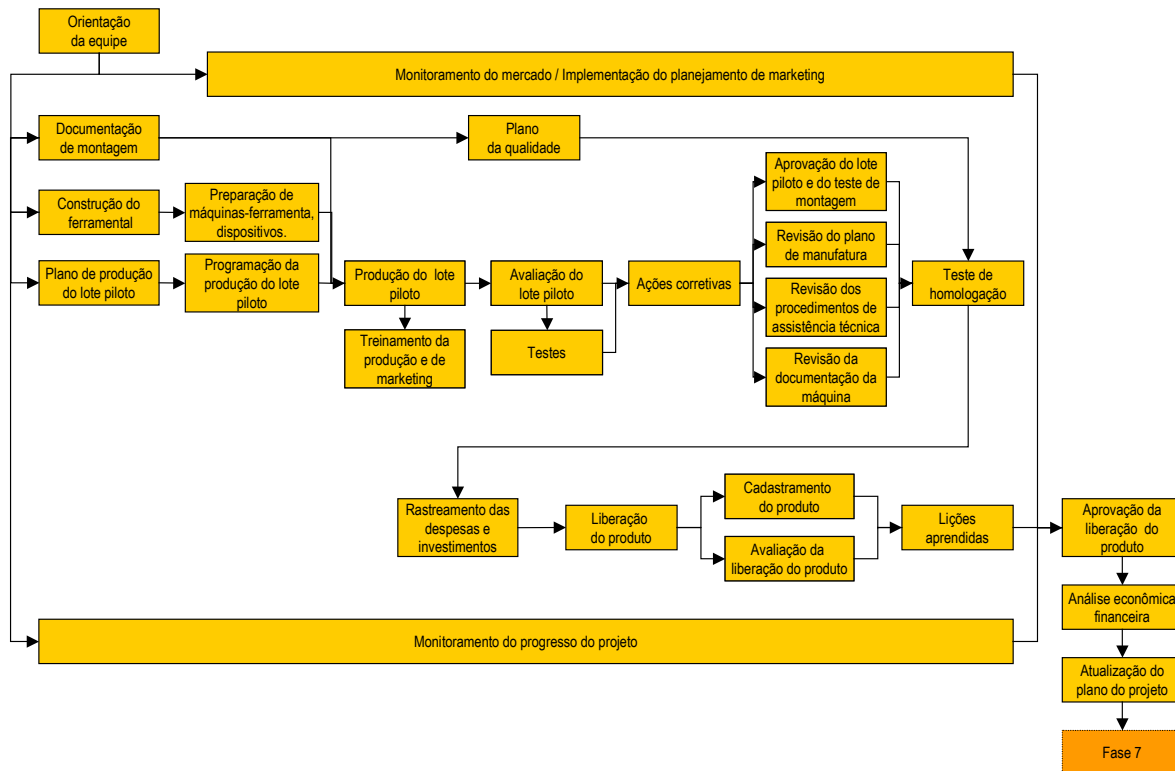


Figura 4.15 – Fluxograma da fase de Preparação da Produção.

A revisão da documentação da máquina (projeto do produto e plano de manufatura) é encerrada nesta fase, e os custos e investimentos envolvidos no desenvolvimento do produto são rastreados. A partir deste ponto é elaborada a liberação do produto, que descreve as características da máquina que está sendo liberada para lançamento. Ao mesmo tempo em que a liberação do produto é avaliada, é feito o cadastramento do produto no FINAME¹⁴⁷ e no sistema administrativo-comercial da empresa.

Para encerrar as atividades da fase de preparação da produção, são registradas as lições aprendidas, a liberação do produto é submetida à aprovação, são atualizadas a análise econômica e financeira e o plano do projeto. Da mesma forma que nas fases anteriores, o monitoramento do progresso é realizado ao longo das atividades.

A segunda fase da implementação destina-se ao lançamento da máquina agrícola no mercado (Figura 4.16). Nela é realizada a produção do lote inicial¹⁴⁸ das máquinas. Após a orientação da equipe a respeito das atualizações do plano do projeto, segue a implementação do planejamento de marketing, com a emissão do material promocional da máquina e da literatura técnica para divulgação comercial do produto.

¹⁴⁷ Fundo de Financiamento para Aquisição de Máquinas e Equipamentos Industriais, do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). Um dos seus produtos, o FINAME Agrícola, tem como objetivo o financiamento, sem limite de valor, para aquisição de máquinas e implementos agrícolas novos credenciados pelo BNDES, de fabricação nacional, através de instituições financeiras credenciadas. Fonte: BNDES (2003).

¹⁴⁸ É o primeiro lote produzido após a aprovação do lote piloto e do teste de montagem (fase de preparação da produção).

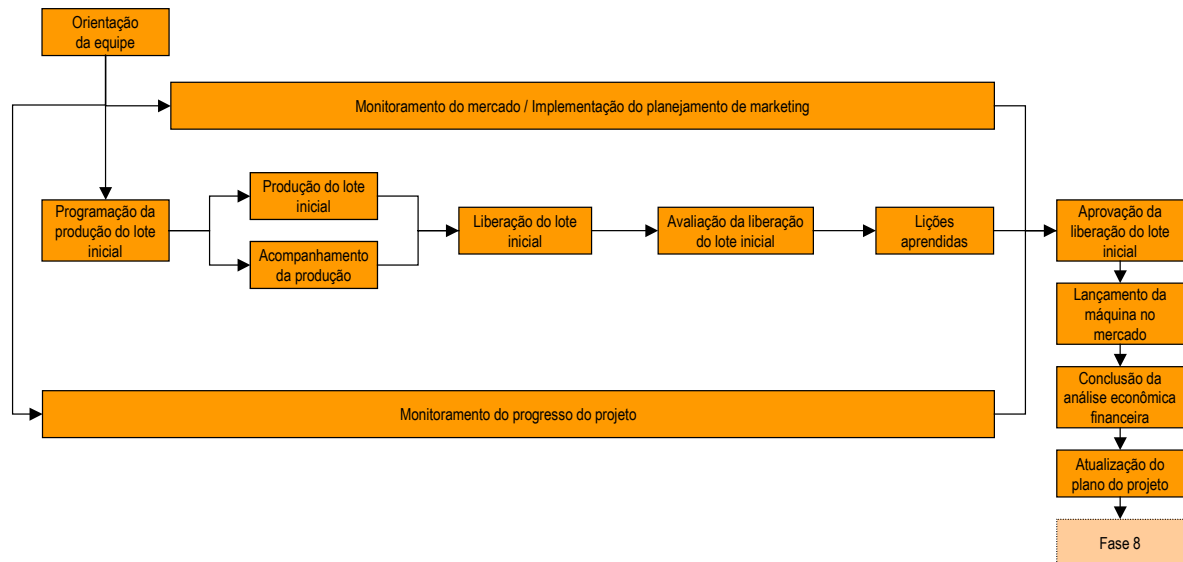


Figura 4.16 – Fluxograma da fase de Lançamento.

A definição da data de início da produção e a revisão do volume de vendas para a definição da quantidade de máquinas a serem produzidas marcam o começo da preparação da produção. Segue com a revisão da aprovação final (certificação) dos componentes para produção seriada, com a elaboração do cronograma de implantação da fabricação dos itens, programação da produção do lote inicial e revisão do ferramental de auxílio à produção.

Uma vez iniciada a produção na fábrica e nos fornecedores, é dado acompanhamento à produção do lote inicial para verificação de não conformidades. Estando dentro dos padrões de qualidade, é elaborada a liberação do lote inicial da máquina agrícola, a qual é avaliada quanto ao atendimento ao escopo do projeto. Como previsto, as melhores práticas relacionadas à realização das tarefas da fase são registradas como lições aprendidas. Para encerrar a fase de lançamento, a liberação do lote inicial da máquina agrícola é submetida à aprovação, autorizando o progresso para a fase seguinte.

O lançamento da máquina no mercado é realizado através da apresentação do produto aos clientes, concessionários, vendedores, imprensa, entre outros. É iniciada a comercialização do lote inicial, que passa a ser acompanhado pela área de pós-vendas. A análise econômica e financeira do projeto é encerrada nesta fase, e o plano do projeto é atualizado para dirigir as atividades da última fase do processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas. O monitoramento do progresso do projeto é realizado simultaneamente às tarefas da fase.

A última fase da implementação destina-se à validação da máquina agrícola junto aos clientes e, à auditoria e validação do projeto junto ao cliente direto (Figura 4.17). Sendo também a última fase do processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas, é nela que o projeto é encerrado. Após a orientação da equipe a respeito das atualizações do plano do projeto, são realizadas atividades relacionadas à comercialização das máquinas. Tipicamente envolvem a implementação do plano para avaliação da satisfação dos clientes,

monitoramento da performance das máquinas, monitoramento das informações sobre segurança na utilização/operação da máquina, monitoramento da ocorrência de acidentes, entre outras.

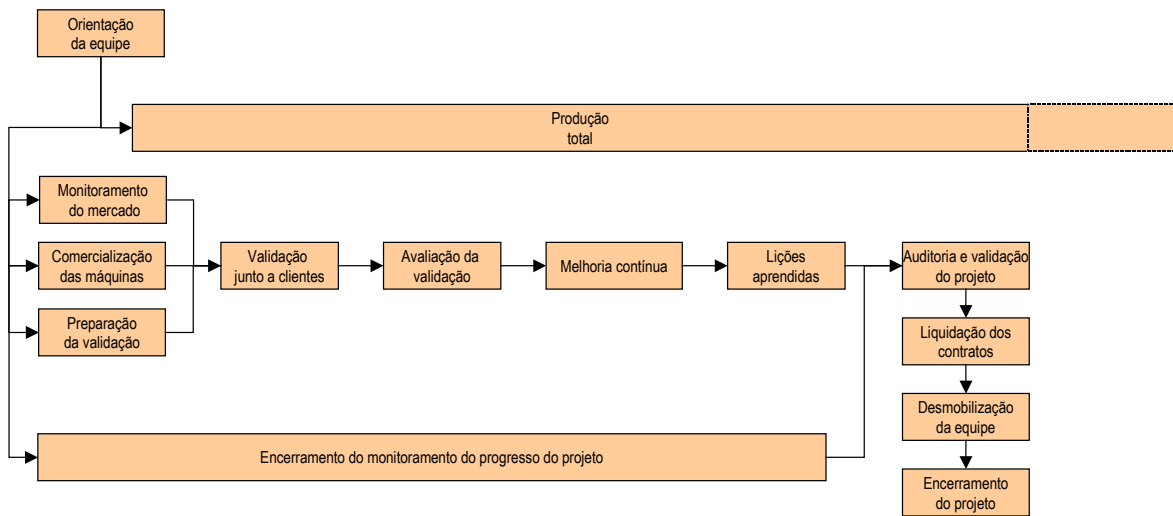


Figura 4.17 – Fluxograma da fase de Validação.

Para validação da máquina agrícola são definidos os itens a serem examinados e os critérios de avaliação. A validação é feita sobre os produtos do lote inicial comercializado junto aos clientes. Posteriormente é realizada a avaliação final da validação da máquina, que consiste na análise do relatório de validação. Da análise resulta a definição de ações corretivas para os problemas identificados, definição dos prazos para a sua implementação, e a implementação propriamente dita. Na seqüência inicia o planejamento para o alcance das metas de melhoria contínua, tais como: redução do custo da máquina; melhoria das características do produto e aumento da performance.

Da mesma forma que nas fases anteriores, as melhores práticas são registradas como lições aprendidas para serem incorporadas aos novos projetos. Para encerrar as atividades da fase de validação, o monitoramento do progresso do projeto é concluído e o resultado do projeto (relatório de validação da máquina e o relatório de progresso do projeto) é submetido à auditoria e validação junto ao cliente direto ou patrocinador.

Realizada a auditoria do projeto, é assinado o documento de aceite formal do resultado do projeto e é emitida a validação do projeto da máquina. Neste momento, os contratos pendentes são liquidados, é realizada a prestação de contas do projeto, a equipe de desenvolvimento é desmobilizada, assim como, a estrutura do projeto, e o projeto encerrado.

4.5. COMENTÁRIOS FINAIS DO CAPÍTULO

Ao longo deste capítulo procurou-se apresentar a estrutura desenvolvida para a representação do modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas, destacando o seu objetivo, a metodologia utilizada para a sua elaboração, os requisitos da estrutura e as suas contribuições. Para finalizá-lo apresentou-se a aplicação da estrutura ao PDMA, suas macrofases, domínios de conhecimento abrangidos e uma descrição resumida e introdutória ao processo.

No próximo capítulo é apresentado o detalhamento do modelo de referência para o PDMA.

Capítulo 5

O MODELO DE REFERÊNCIA PARA O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS

Conhecida a estrutura desenvolvida para a representação, este capítulo apresenta o detalhamento das fases que compõem o modelo de referência para o PDMA¹⁴⁹.

A fim de facilitar a apresentação do modelo, que é bastante extenso, as atividades inerentes a cada fase são ilustradas através de figuras que representam fragmentos da planilha eletrônica na qual o modelo foi elaborado. O arquivo eletrônico, contendo as planilhas completas do modelo de referência para o PDMA, encontra-se anexo a este documento, em CD-ROM.

Como o modelo foi desenvolvido com o objetivo de explicitar o conhecimento sobre o processo de desenvolvimento de produtos do setor de máquinas agrícolas, as fases aqui descritas devem ser vistas como uma referência, lembrando que cada projeto de desenvolvimento de produto é único, e apresenta grandes variações entre um e outro.

Vale ressaltar, que na prática do processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas diversas situações podem ocorrer, fazendo com que as fases apresentem durações variadas. Em função disso a variável “tempo” não foi considerada, sendo que as atividades são apresentadas sem as suas respectivas durações.

A sigla “MA” aparecerá nas figuras (planilhas), significando máquinas agrícolas.

5.1. PLANEJAMENTO DO PROJETO

A primeira fase do modelo de referência para o PDMA destina-se à elaboração do plano do projeto da máquina agrícola, cujo objetivo é orientar o desenvolvimento do produto. A sua elaboração é iniciada após a definição dos produtos a serem desenvolvidos e da aprovação do planejamento de marketing. As atividades da fase são conduzidas de acordo com o fluxograma da Figura 4.10, apresentado anteriormente na página 118.

O plano estratégico de produtos é a informação de entrada para a elaboração do planejamento de marketing apresentado na Figura 5.1.

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínio	Mecanismos	Controles	Saídas
Plano estratégico de produtos	Elaborar o planejamento de marketing da MA	Determinar o tamanho do mercado	MK	Análise de mercado	Plano estratégico de negócio	Tamanho e fatia de mercado por região
		Identificar as oportunidades de crescimento	MK	Análise ambiental		Oportunidades de crescimento
		Avaliar as MA disponíveis no mercado	MK	Análise da concorrência Benchmarking		1ª avaliação das MA disponíveis no mercado
		Identificar e analisar as normas e/ou critérios para homologação para o mercado pretendido	MK, AF	Análise das normas para homologação		Normas para homologação
		Definir o preço de venda preliminar	MK, AF	Análise de preço de venda	Preço MA disponíveis no mercado	Preço de venda preliminar
		Descrever as características de mercado da MA para definição da oferta de produtos	MK	Características de mercado da MA Fatores-chaves de sucesso (FCS)	Estratégia de produto, mercado e tecnologia	Características de mercado da MA
		Definir volume de vendas anual	MK	Análise de mercado		Volume de vendas planejado
		Definir os custos de lançamento e propaganda	MK, AF	Metodologia de estimativa de custo		Orçamento preliminar de lançamento e propaganda
		Estabelecer o ciclo de vida da MA	MK	Análise do ciclo de vida do produto		Ciclo de vida da MA
		Consolidar as informações para o planejamento de marketing	MK	Planejamento de marketing		Planejamento de marketing
Revisar o planejamento de marketing	MK	Análise de especialista	Plano estratégico de negócio			

Figura 5.1 – Elaboração do planejamento de marketing da máquina agrícola.

As tarefas ligadas a esta atividade pertencem ao domínio de conhecimento de marketing e, em algumas delas, ao domínio administrativo-financeiro. É o caso da tarefa que define as normas para homologação da máquina agrícola que pode exigir análise do setor jurídico da empresa. A definição do preço de venda preliminar da máquina e dos custos de lançamento e propaganda, pode ser baseada nos registros da própria empresa e por isso pertencem também, ao domínio administrativo-financeiro.

Durante esta atividade é realizada a primeira avaliação comparativa das máquinas agrícolas disponíveis no mercado. Também é determinado o ciclo de vida da máquina, tarefa que auxilia na identificação dos clientes do produto (projeto informacional).

¹⁴⁹ Vide Apêndice F.

Realizadas as análises de mercado¹⁵⁰, ambiental¹⁵¹ e da concorrência¹⁵², inicia-se a descrição do produto a ser desenvolvido, denominado normalmente pelas empresas de conceito do produto¹⁵³, para a definição da oferta de produtos. A descrição do produto é feita através das características de mercado que a máquina agrícola deve ter, por exemplo, no caso em que o objeto do desenvolvimento for um trator para uso na horticultura: trator de pequeno porte; com quatro rodas motrizes; baixo custo operacional, etc. Outro exemplo, se o objeto do desenvolvimento for uma máquina para semeadura: sistema de plantio direto; culturas de inverno e verão; principais regulagens feitas manualmente, sem a necessidade de uso de ferramentas, etc.

Para auxiliar na determinação das características de mercado da máquina podem ser utilizados os fatores-chaves de sucesso (FCS). Os FCS compreendem aqueles fatores considerados cruciais ou vitais para o produto alcançar o sucesso (Mattar e Santos, 1999). Os FCS são determinados por meio de pesquisa de marketing com clientes e/ou usuários da máquina agrícola, ou através de análise de produtos bem-sucedidos no mercado.

O plano estratégico de negócio e a estratégia de produto, mercado e tecnologia são os principais controles utilizados para monitorar a elaboração do planejamento de marketing da máquina agrícola. O plano estratégico de negócio define os mercados em que os produtos serão inseridos, descreve as oportunidades e as metas pretendidas para o negócio. A estratégia de produto, mercado e tecnologia objetiva guiar a empresa, no sentido de adquirir, desenvolver e aplicar a tecnologia como uma vantagem competitiva, e com isso determinar quais produtos serão oferecidos e os limites do segmento de mercado a ser fornecido. O plano estratégico de negócio e a estratégia de produto, mercado e tecnologia, são desenvolvidos na macrofase de pré-desenvolvimento do produto¹⁵⁴.

Após elaboração do planejamento de marketing, o mesmo é submetido à aprovação junto à diretoria, devendo o mesmo estar em consonância com o plano estratégico de negócio para a sua aprovação e emissão pelo departamento de marketing (Figura 5.2).

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Planejamento de marketing	Submeter o planejamento de marketing à aprovação	Aprovar o planejamento de marketing e assinar	GE	Análise do planejamento de marketing	Plano estratégico de negócio	Planejamento de marketing aprovado
		Emitir o planejamento de marketing	MK	Planejamento de marketing		

Figura 5.2 – Aprovação do planejamento de marketing.

¹⁵⁰ Ou análise da demanda, envolve analisar todas as informações de interesse para o marketing de um produto referentes ao tamanho e à evolução do mercado; características, comportamentos e desejos/necessidades dos clientes do produto; segmentação de mercado; demanda por segmentos, etc. (Mattar e Santos, 1999).

¹⁵¹ Envolve analisar as informações pertinentes referentes aos ambientes: econômico, social, político, demográfico, cultural, legal, tecnológico e ecológico. (Mattar e Santos, 1999).

¹⁵² Envolve analisar o ambiente competitivo e a análise dos concorrentes, compreendendo: identificação e descrição dos principais concorrentes, tipos de concorrência, participação no mercado de cada um, potencialidades e vulnerabilidades de cada um, vantagens e desvantagens competitivas, estratégias, resultados, etc. (Mattar e Santos, 1999).

¹⁵³ Neste trabalho, emprega-se o termo “conceito” somente a partir da determinação da concepção da máquina, na fase 3 (projeto conceitual), para definir de forma descritiva a concepção selecionada.

¹⁵⁴ Como esta não faz parte do escopo da tese, a mesma não é detalhada neste trabalho.

A aprovação do planejamento de marketing libera a criação do termo de abertura do projeto ou carta de projeto¹⁵⁵, que formaliza a existência do projeto dentro da organização (Figura 5.3).

A responsabilidade pela criação e emissão da carta de projeto é, normalmente, da diretoria da empresa (domínio de conhecimento de gestão empresarial). Nesta atividade o gerente de projeto é designado, e sua principal atribuição é a elaboração e a implementação do plano do projeto do produto.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Planejamento de marketing	Elaborar a carta de projeto (ou termo de abertura do projeto)	Descrever o projeto a ser desenvolvido (cronograma macro, necessidades iniciais de recursos, estimativa inicial de custo, etc.)	GE	Carta de projeto	Plano estratégico de negócio	Carta de projeto
		Descrever o produto a ser desenvolvido	GE			
		Identificar e designar o gerente do projeto	GE			
		Definir atribuições e responsabilidades do gerente do projeto	GE			
		Emitir a carta de projeto	GE			

Figura 5.3 – Elaboração da carta de projeto.

A partir da emissão da carta de projeto é criado o Sistema de Documentação do Projeto (SDP) pelo gerente de projeto, no qual são registrados e anexados todos os documentos gerados ao longo do desenvolvimento da máquina agrícola. Tipicamente o SDP¹⁵⁶ é composto de duas partes, uma que contém os documentos do projeto de natureza gerencial e, a outra, técnica. A responsabilidade do registro e do controle do SDP é da equipe de gerenciamento do projeto, que acompanha o desenvolvimento das atividades.

Com a emissão da carta de projeto, faz-se a identificação das partes interessadas no projeto (Figura 5.4). O objetivo desta atividade é tornar possível a determinação das relações entre as partes envolvidas no projeto e a identificação das suas necessidades de informação, além de atribuições e responsabilidades durante o desenvolvimento do produto. Estas tarefas facilitam o gerenciamento dos envolvidos no projeto, já que os seus interesses são normalmente diferentes.

Segundo a NBR ISO 10006:2000, “convém que as necessidades dos clientes e outras partes interessadas sejam claramente compreendidas, para garantir que todos os processos estejam orientados para elas e consigam atendê-las”. Para isso deve-se estabelecer as interfaces com todas as partes interessadas para se obter uma comunicação apropriada durante toda a evolução do projeto.

¹⁵⁵ O PMI (2000) denomina o termo de abertura do projeto ou carta de projeto de plano sumário do projeto.

¹⁵⁶ No Apêndice G o SDP é ilustrado, com a indicação dos documentos registrados em cada fase do PDMA.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas	
Carta de projeto Ciclo de vida da MA	Identificar as partes envolvidas no desenvolvimento da MA	Identificar os clientes diretos do projeto (contratante)	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano estratégico de negócio	Envolvidos no desenvolvimento da MA	
		Identificar os clientes indiretos ou consumidores e usuários	GP				
		Identificar a organização empreendedora do projeto	GP				
		Identificar os parceiros do projeto	GP				
		Identificar os fornecedores, sociedade, instituições financeiras, etc.	GP				
		Identificar os membros da equipe de organização do projeto	GP				
		Estabelecer as relações entre as partes envolvidas	GP				Relações entre as partes envolvidas
		Definir a necessidade de informação de cada parte envolvida	GP				Necessidade de informação
Definir as atribuições dos envolvidos	GP	Atribuição das partes envolvidas					

Figura 5.4 – Identificação dos envolvidos no desenvolvimento da máquina agrícola.

Em função da demanda de informações ocorridas durante o desenvolvimento da máquina agrícola, e da necessidade de controle dos documentos gerados, é elaborado um plano de gerenciamento das comunicações do projeto (Figura 5.5).

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Envolvidos no desenvolvimento da MA Relações entre as partes envolvidas Necessidade de informação Atribuição das partes envolvidas	Elaborar o plano de gerenciamento das comunicações do projeto da MA	Definir as informações que serão formalmente comunicadas, a frequência e os meios de transmissão a serem utilizados	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano estratégico de negócio	Plano de gerenciamento das comunicações
		Definir o formato, linguagem e a estrutura dos documentos	GP			
		Definir o sistema de informações do projeto (quem enviará e quem receberá as informações, quais os procedimentos de controle e segurança dos documentos)	GP			
		Estabelecer as regras e diretrizes para as reuniões (agendamento, pessoal envolvido, elaboração e distribuição da ata, assuntos importantes, ações acordadas, responsáveis)	GP			
		Emitir o plano de gerenciamento das comunicações	GP	Plano de gerenciamento das comunicações		

Figura 5.5 – Elaboração do plano de gerenciamento das comunicações.

Neste plano ficam definidas quais informações serão comunicadas, com que frequência e através de que meios elas serão realizadas, bem como, o formato e a linguagem dos documentos. Em outras palavras, é definida toda a estrutura do sistema de informação, de modo a permitir a troca eficiente e controlada das comunicações durante o desenvolvimento do produto. O plano de gerenciamento de comunicações para estar completo e ser emitido necessita, normalmente, de outras informações que só estarão disponíveis à medida que as demais atividades da fase forem realizadas. Por exemplo, para definir quem receberá e quem emitirá determinado documento é necessário definir a equipe de desenvolvimento do produto, o planejamento organizacional, etc. Portanto, é uma atividade que se inicia após a identificação dos envolvidos no projeto, mas que só é concluída quando todas as informações necessárias estiverem definidas.

Na seqüência é elaborado um documento denominado de declaração do escopo do projeto (Figura 5.6). Para a sua elaboração, a participação de pessoas ligadas ao domínio de projeto do produto junto ao gerente do projeto, auxilia na descrição exata do que consiste o projeto (definição do problema de projeto), e também, na identificação dos conhecimentos específicos necessários ao projeto, como por exemplo, eletrônica, sistemas hidráulicos e pneumáticos, sistema de transmissão, motor, estruturas, etc.

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Planejamento de marketing Carta de projeto	Elaborar a declaração do escopo do projeto	Descrever a justificativa do projeto da MA e as suas restrições	GP, PP	Declaração do escopo do projeto	Necessidade de mercado	Declaração do escopo do projeto
		Descrever o que será desenvolvido (características da MA)	GP, PP		Estratégia de produto, mercado e tecnologia	
		Descrever as saídas de cada fase do projeto	GP, PP		Características de mercado da MA	
		Definir os objetivos do projeto	GP, PP	Análise custo-benefício	Plano estratégico de negócios	
		Identificar os domínios de conhecimento necessários ao projeto, interdependências e seus responsáveis	GP, PP	Sistema de documentação do projeto	Plano estratégico de produtos	
		Definir a forma de gerenciamento do escopo do projeto (reavaliação/controlado de mudanças)	GP	Sistema de documentação do projeto	Planejamento de marketing	
		Avaliar a declaração do escopo do projeto	GP	Análise da declaração do escopo do projeto	Plano estratégico de produtos	
				Sistema de documentação do projeto		

Figura 5.6 – Elaboração da declaração do escopo do projeto.

Nesta atividade é definido o tipo de produto a ser desenvolvido – inovador¹⁵⁷, aperfeiçoado ou adaptativo.

Uma tarefa importante a ser considerada na declaração do escopo é a reavaliação do escopo e o controle das mudanças do mesmo. É comum, com a evolução do projeto do produto, o aparecimento de necessidades de mudanças do escopo, e assim, determinando que novos elementos passem a fazer parte do projeto. Qualquer alteração que se faça neste sentido deve ser primeiramente avaliada, claramente documentada e atualizada com relação ao plano do projeto.

Uma vez elaborado, o documento de declaração do escopo do projeto é submetido à aprovação da diretoria, que toma sua decisão amparada pelo plano estratégico de negócio (Figura 5.7). A declaração do escopo do projeto aprovada é emitida pelo gerente do projeto, para as pessoas autorizadas pelo plano de gerenciamento das comunicações.

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Declaração do escopo do projeto	Submeter a declaração do escopo do projeto à aprovação	Aprovar a declaração do escopo do projeto e assinar	GE	Análise da declaração do escopo do projeto Sistema de documentação do projeto	Plano estratégico de negócio	Declaração do escopo do projeto aprovada
		Emitir a declaração do escopo do projeto	GP	Declaração do escopo do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações	

Figura 5.7 – Aprovação da declaração do escopo do projeto.

O trabalho sobre a declaração do escopo do projeto é continuado (Figura 5.8) através da elaboração da EDP, que define detalhadamente o que é objeto do projeto (escopo total do projeto).

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Declaração do escopo do projeto	Detalhar o escopo do projeto	Elaborar a estrutura de decomposição do projeto (estrutura analítica do projeto)	GP, PP	Estrutura de decomposição do projeto (EDP)	Planejamento de marketing	Estrutura de decomposição do projeto (EDP)

Figura 5.8 – Elaboração da estrutura de decomposição do projeto.

A decomposição do projeto se refere à subdivisão dos resultados principais do mesmo em componentes menores, até um nível de detalhamento suficiente para a definição das atividades.

¹⁵⁷ As atividades do modelo de referência para o PDMA foram definidas considerando projetos deste tipo de produto (caso mais complexo).

Com a declaração do escopo do projeto e a EDP, parte-se para a avaliação do risco do projeto para as áreas envolvidas. Os riscos do projeto são eventos ou condições incertas que provocam um efeito positivo ou negativo nos objetivos do projeto, caso venham a ocorrer. Por essa razão os riscos do projeto devem ser avaliados, resultando na sua classificação (Figura 5.9).

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Declaração do escopo do projeto Estrutura de decomposição do projeto (EDP)	Avaliar o risco do projeto para as áreas envolvidas da empresa	Determinar os riscos do projeto	Todos	Reunião da equipe de desenvolvimento do produto Análise de risco Sistema de documentação do projeto	Estrutura de decomposição do projeto (EDP)	Declaração dos riscos do projeto
		Avaliar os riscos segundo os critérios estabelecidos para cada domínio (gestão empresarial, gerenciamento do projeto, marketing, projeto do produto, projeto da manufatura, suprimentos, qualidade, segurança, dependabilidade, administrativo-financeiro, produção, pós-vendas)	Todos	Reunião da equipe de desenvolvimento do produto Classificação do risco do projeto		Classificação do risco do projeto
		Obter a classificação do risco do projeto para cada domínio	GP		Declaração dos riscos do projeto	
		Desenvolver resposta aos riscos do projeto	Todos	Reunião da equipe de desenvolvimento do produto Sistema de documentação do projeto		
		Emitir a classificação do risco do projeto	GP	Classificação do risco do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações	

Figura 5.9 – Avaliação do risco do projeto.

A avaliação dos riscos do projeto é uma atividade que abrange todos os domínios de conhecimentos envolvidos no PDMA. Em função disso poderão participar representantes de todas as áreas da empresa ou da organização. Nesta atividade é possível identificar os principais riscos do projeto, avaliá-los segundo critérios estabelecidos para cada domínio do conhecimento, quantificá-los e classificá-los. A classificação do risco do projeto pode servir de critério para definir a equipe de gerenciamento do projeto, que poderá ser formada por integrantes do departamento que obtiver, na média aritmética de seus critérios, o grau de risco mais elevado, aumentando o comprometimento do pessoal para alcançar os objetivos do projeto. Caso exista mais de uma área com risco elevado, deve-se estabelecer o consenso para definir a equipe de gerenciamento do projeto.

Determinados os riscos do projeto e sua classificação, é possível determinar respostas para os mesmos de modo a melhor gerenciar o projeto.

Como mencionado anteriormente, a partir da classificação do risco do projeto é definida a equipe de gerenciamento do projeto (Figura 5.10), e todas as demais atividades necessárias à elaboração do plano do projeto da máquina agrícola, que orientará a execução das macrofases de projeção e implementação.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic.	Mecanismos	Controles	Saídas
Classificação do risco do projeto	Definir a equipe de gerenciamento do projeto	Analisar a classificação do risco do projeto	GP	Formulário de classificação do risco do projeto	Declaração dos riscos do projeto	Equipe de gerenciamento do projeto
		Identificar as áreas/departamentos envolvidos no gerenciamento do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto		
		Identificar e designar o líder técnico e demais integrantes da equipe de gerenciamento do projeto	GP		Plano de gerenciamento das comunicações	

Figura 5.10 – Definição da equipe de gerenciamento do projeto.

Tendo-se a declaração do escopo do projeto e a EDP passa-se à definição das atividades (Figura 5.11). Dependendo do tipo de produto a ser desenvolvido, há uma grande redução no número de atividades a serem realizadas, seja na macrofase de projeção, seja na implementação.

A EDP é utilizada como controle das atividades pois permite identificar exatamente, através dos pacotes de trabalho, aquilo que faz parte do escopo projeto, evitando que se definam atividades desnecessárias.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic.	Mecanismos	Controles	Saídas
Declaração do escopo do projeto	Definir a lista das atividades do projeto	Definir as atividades do projeto e os principais eventos (marcos)	GP	Sistema de documentação do projeto	Estrutura de decomposição do projeto (EDP)	Lista das atividades do projeto
		Discutir com as áreas envolvidas as implicações das atividades a serem realizadas (necessidades de mão-de-obra, recursos de terceiros)	GP			
		Emitir a lista das atividades do projeto	GP	Lista das atividades do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações	

Figura 5.11 – Definição da lista de atividades do projeto.

Definida a lista das atividades do projeto, pode-se iniciar a determinação dos recursos físicos¹⁵⁸ necessários ao mesmo (Figura 5.12).

Para melhor realização da atividade, recomenda-se o uso de informações de projetos anteriores para auxiliar nas estimativas de recursos, amparado por análise de especialista¹⁵⁹. Uma vez conhecidos os recursos necessários faz-se a verificação da disponibilidade dos mesmos.

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Lista das atividades do projeto	Elaborar a lista dos recursos físicos para o projeto	Definir o pessoal necessário (habilidades) para o projeto (interna ou externamente a organização)	GP	Sistema de documentação do projeto Análise de especialista Estimativa análoga	Estrutura de decomposição do projeto (EDP)	Lista dos recursos físicos
		Definir os equipamentos necessários para o projeto (aparelhos, computadores, dispositivos e instrumentos)	GP			
		Definir os materiais necessários para o projeto	GP			
		Definir outros recursos físicos necessários (bibliografia técnica, normas, etc.)	GP			
		Verificar os recursos físicos disponíveis	GP		Recursos físicos disponíveis	
		Emitir a lista dos recursos físicos	GP	Lista dos recursos físicos	Plano de gerenciamento das comunicações	

Figura 5.12 – Elaboração da lista dos recursos físicos para o projeto.

Entre os recursos físicos encontra-se o pessoal que formará a equipe de desenvolvimento da máquina agrícola, sendo necessário definir uma estrutura organizacional para o projeto (Figura 5.13).

A equipe de desenvolvimento do produto é formada por pessoas de diferentes departamentos e deve ser organizada de tal forma a permitir o bom andamento do projeto, independente da estrutura funcional da empresa¹⁶⁰.

¹⁵⁸ Em alguns casos, a definição dos recursos físicos pode ocorrer simultaneamente à definição das atividades do projeto.

¹⁵⁹ Pessoa com experiência na execução de projetos similares.

¹⁶⁰ Cada projeto, por sua natureza de unicidade, poderá ter uma estrutura organizacional particular.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Lista dos recursos físicos	Elaborar o planejamento organizacional	Definir a estrutura organizacional para o projeto	GP	Teoria organizacional	Lista das atividades do projeto	Planejamento organizacional
		Identificar as funções necessárias para o projeto	GP	Organograma do projeto Sistema de documentação do projeto		
		Definir atribuições e responsabilidades das funções identificadas	GP	Matriz de atribuição de responsabilidades Sistema de documentação do projeto		
		Definir a forma e a frequência de avaliação dos resultados da equipe	GP	Práticas de recursos humanos Sistema de documentação do projeto		
		Planejar quando e como as pessoas serão alocadas e retiradas da equipe de desenvolvimento do produto	GP			

Figura 5.13 – Elaboração do planejamento organizacional.

Conhecidas as funções necessárias ao projeto, deve-se atribuir as responsabilidades a cada uma delas, e a forma de avaliar o desempenho da equipe. Definido o planejamento organizacional, parte-se para a seleção e designação do pessoal que formará a equipe de desenvolvimento do produto, bem como, o tempo de participação (Figura 5.14).

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Lista das atividades do projeto	Formar a equipe de desenvolvimento do produto	Selecionar e designar o pessoal para participar da equipe de desenvolvimento do produto	GP	Negociação Contratação Sistema de documentação do projeto	Lista dos recursos físicos Planejamento organizacional	Relação dos membros da equipe de desenvolvimento do produto
		Definir o tempo de participação do pessoal (integral, parcial, variável)	GP			

Figura 5.14 – Formação da equipe de desenvolvimento do produto.

Visando a elaboração do orçamento de desenvolvimento da máquina agrícola, algumas atividades são realizadas previamente: seqüenciamento das atividades do projeto; determinação da duração; estimativa de custo dos recursos físicos; e, elaboração do cronograma de desenvolvimento do produto.

A Figura 5.15 descreve as tarefas de determinação da dependência entre as atividades e sugere algumas técnicas¹⁶¹ que viabilizam a sua realização. O controle da atividade é a EDP, pois apresenta a hierarquização dos elementos envolvidos no projeto e para os quais as atividades foram definidas.

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Lista das atividades do projeto	Seqüenciar as atividades do projeto	Identificar as atividades interdependentes	GP	DSM (Design Structure Matrix)	Estrutura de decomposição do projeto (EDP)	Atividades do projeto seqüenciadas
		Elaborar o diagrama de precedência das atividades do projeto	GP	Método do diagrama de precedência (PDM) Método do diagrama de flechas (ADM) Modelos de fluxo de trabalho Sistema de documentação do projeto		

Figura 5.15 – Seqüenciamento das atividades do projeto.

O objetivo do seqüenciamento correto das atividades é a redução do tempo necessário à elaboração do projeto do produto e do plano de manufatura. Para alcançar este objetivo, recomenda-se a execução das tarefas de forma simultânea, desde que não possuam limitações técnicas, ou seja, dependências com relação às informações necessárias para que as tarefas tenham início.

Sobre a lista de atividades do projeto são alocados os recursos físicos anteriormente relacionados e, então, estimada a duração (em horas, dias, semanas, ou meses) provável para a sua execução. Para fazer a estimativa de duração das atividades, recomenda-se a utilização de informações de projetos anteriores, amparado por análise de especialista, para os devidos ajustes.

A realização das atividades de definição da lista de atividades, seqüenciamento, estimativa de duração, alocação dos recursos e elaboração do cronograma é facilitada quando do emprego de softwares de gerenciamento de projetos. Nestes, a elaboração do cronograma (Figura 5.16) é bastante simplificada, pois uma vez inserido as informações das atividades descritas acima, a programação é gerada automaticamente a partir da definição das datas de início e fim do projeto.

¹⁶¹ Dentre elas, a DSM (*Design Structure Matrix*), que consiste na representação matricial das dependências existentes entre as tarefas, de acordo com o fluxo de informações, servindo como uma ferramenta de análise para que sejam identificadas oportunidades de melhorias com relação ao seqüenciamento das atividades e redução do ciclo de desenvolvimento do produto. Um exemplo da aplicação desta técnica pode ser visto no trabalho de Daré (2001), que analisou as inter-relações entre as atividades do processo de desenvolvimento de componentes de plástico injetados.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Atividades do projeto sequenciadas Estimativa de duração das atividades do projeto Lista dos recursos físicos	Elaborar o cronograma de desenvolvimento	Definir data de início e fim do projeto (calcular o caminho crítico do projeto)	GP	Método do caminho crítico (CPM) Métodos de diagramas condicionais (GERT) Program Evaluation and Review Technique (PERT) Crashing Fast tracking Método dos recursos base	Plano estratégico de negócio	Cronograma de desenvolvimento
		Definir a forma de controle do cronograma de desenvolvimento (reavaliação/controle de mudanças)	GP	Sistema de documentação do projeto		
		Emitir o cronograma de desenvolvimento (projeto, protótipos, ensaios, testes, clínicas, lote piloto, lote inicial, lançamento)	GP	Cronograma de desenvolvimento Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações	

Figura 5.16 – Elaboração do cronograma de desenvolvimento.

O cronograma de desenvolvimento da máquina agrícola deve incluir as principais atividades e os principais eventos que definem o trabalho a ser realizado. Este cronograma faz parte do plano do projeto e deverá indicar quando o projeto inicia e termina.

Paralelamente a elaboração do cronograma de desenvolvimento, define-se o custo/hora dos recursos físicos e determina-se o custo estimado dos mesmos para o projeto (Figura 5.17).

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Estimativa de duração das atividades	Estimar o custo dos recursos físicos	Definir o custo/hora de cada recurso físico	GP, AF	Planilha de custo dos recursos físicos Sistema de documentação do projeto	Lista dos recursos físicos	Custo estimado dos recursos físicos
		Calcular o custo estimado dos recursos físicos para o projeto	GP, AF	Modelo de cálculo de custo dos recursos físicos Sistema de documentação do projeto		

Figura 5.17 – Estimativa de custo dos recursos físicos.

Os softwares para gerenciamento de projetos permitem realizar esta atividade e assim, a mesma ferramenta utilizada para gerar o cronograma de desenvolvimento pode ser empregada para estimar o custo dos recursos físicos. A participação de pessoal da área administrativa-financeira facilita a obtenção das informações referentes aos custos individuais de cada recurso.

Com o custo estimado dos recursos físicos e com o cronograma pode-se elaborar o orçamento de desenvolvimento da máquina agrícola (Figura 5.18).

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Custo estimado dos recursos físicos Cronograma de desenvolvimento	Elaborar o orçamento de desenvolvimento da MA	Alocar o custo estimado dos recursos físicos ao cronograma de desenvolvimento	GP, AF	Planilha de orçamento Sistema de documentação do projeto	Lista dos recursos físicos Estrutura de decomposição do projeto (EDP)	Orçamento de desenvolvimento da MA
		Definir o fluxo de caixa do projeto (linha base de custo)	GP, AF	Fluxo de caixa Curva S ROI (Return of investment) ROA (Return of assets) Sistema de documentação do projeto		
		Definir a forma de controle do orçamento de desenvolvimento (reavaliação/controle de mudanças)	GP, AF	Sistema de documentação do projeto		

Figura 5.18 – Elaboração do orçamento de desenvolvimento.

A elaboração do orçamento envolve a alocação do custo estimado dos recursos às atividades do cronograma, resultando em uma linha base usada para medir e monitorar o desempenho dos custos do projeto ao longo do tempo (fluxo de caixa do projeto). A linha base de custo é desenvolvida pela soma das estimativas por período e, é normalmente mostrada na forma de uma curva “S”.

No orçamento de desenvolvimento da máquina agrícola deve constar também, a forma como o mesmo será controlado e reavaliado frente às mudanças ocorridas ao longo do projeto.

As atividades apresentadas até este momento visam a elaboração do plano do projeto da máquina agrícola. Paralelamente, podem ser elaborados os planos de gerenciamento de suprimentos e da qualidade, bem como, estabelecidas as metas de segurança a serem atendidas com o novo projeto.

O plano de suprimentos define os procedimentos a serem seguidos pela equipe para a compra de bens e serviços necessários ao desenvolvimento do produto. Nele estão incluídos os documentos, os tipos de contratos a serem assinados e os critérios para a seleção de fornecedores (Figura 5.19).

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Declaração do escopo do projeto Lista das atividades do projeto Lista dos recursos físicos Planejamento organizacional	Elaborar o plano de gerenciamento de suprimentos	Definir procedimentos para o suprimento de bens e serviços externos	GP, SU	Sistema de documentação do projeto	Lista dos recursos físicos	Plano de gerenciamento de suprimentos
		Identificar e controlar o que deve ser comprado e quando	GP, SU		Estrutura de decomposição do projeto (EDP)	
		Definir os tipos de contratos (preço fixo ou preço fechado; custos reembolsáveis; preço unitário)	GP, SU	Seleção do tipo de contrato Sistema de documentação do projeto	Plano estratégico de negócio	
		Preparar os documentos de suprimentos que definam as condições comerciais e os requisitos técnicos necessários (objetivo, características, documentação associada)	GP, SU	Documentos para coleta de preços, solicitação de cotação, solicitação de proposta, convite para negociação e resposta inicial ao contratante		
		Definir os critérios para avaliar e determinar quais fornecedores devem ser convidados a participar	GP, SU	Critérios de avaliação de fornecedores Sistema de documentação do projeto		
		Emitir o plano de gerenciamento de suprimentos	GP	Plano de gerenciamento de suprimentos	Plano de gerenciamento das comunicações	

Figura 5.19 – Elaboração do plano de gerenciamento de suprimentos.

O plano de gerenciamento da qualidade define as metas de qualidade a serem alcançadas com o desenvolvimento do projeto (Figura 5.20), e que podem estar relacionadas à máquina agrícola (p. ex. melhoria de alguma especificação técnica, realização de avaliação junto aos clientes e/ou usuários, homologação junto a instituto certificador, etc.) ou ao processo de desenvolvimento propriamente dito (p. ex. envolvimento de fornecedor, tempo de lançamento no mercado, etc.). Para a definição das metas de qualidade deve-se levar em conta que as mesmas podem requerer ajustes nos custos ou no cronograma do projeto, ou ainda uma análise detalhada de risco de algum problema específico. O plano de gerenciamento da qualidade deve indicar também os procedimentos de medição do atendimento da máquina agrícola às metas estabelecidas, os quais devem estar em consonância com o sistema de garantia da qualidade da organização.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Manual da qualidade Declaração do escopo do projeto	Elaborar o plano de gerenciamento da qualidade	Estabelecer as metas de qualidade (objetivo + valor + prazo)	GP, QU	Sistema de documentação do projeto	Normas Padrões de qualidade	Plano de gerenciamento da qualidade
		Definir o procedimento de medição do atendimento da MA aos objetivos da qualidade	GP, QU	Inspeção Gráficos de controle Gráfico de Pareto Fluxogramas Análise de tendências		
		Emitir o plano de gerenciamento da qualidade	GP	Plano de gerenciamento da qualidade	Plano de gerenciamento das comunicações	

Figura 5.20 – Elaboração do plano de gerenciamento da qualidade.

Outro aspecto a ser considerado no plano do projeto da máquina agrícola é a segurança. Uma política de segurança deve ser estabelecida (Figura 5.21), com metas a serem atingidas pelo produto a ser projetado (p. ex. sinalização de advertência em todos os pontos de risco de acidentes, proteção em todas as partes móveis, nível máximo de ruído, etc.), e relacionadas aos fatores de segurança durante a produção, montagem, despacho¹⁶², utilização, manutenção e descarte da máquina agrícola. Um responsável pela implementação da política de segurança no projeto deve ser designado de modo a assegurar o atendimento às normas de segurança vigentes e às metas estabelecidas.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Plano estratégico de negócio	Estabelecer a política de segurança da MA	Designar o responsável pela implementação da política de segurança no projeto da MA	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano estratégico de negócio	Política de segurança da MA
		Definir as metas de segurança	SE			
		Definir os procedimentos para assegurar o atendimento às normas de segurança	GP, SE			
		Emitir a política de segurança da MA	GP	Política de segurança da MA	Plano de gerenciamento das comunicações	

Figura 5.21 – Estabelecimento da política de segurança no projeto.

De posse das informações resultantes das atividades anteriores, passa-se à elaboração do plano do projeto da máquina agrícola (Figura 5.22). O plano do projeto é um documento formal usado para gerenciar e controlar a execução do desenvolvimento da máquina agrícola.

¹⁶² Inclui as operações de transporte da máquina agrícola fábrica-concessionária-cliente-concessionária.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Carta de projeto	Elaborar o plano do projeto	Consolidar as informações para o plano do projeto	GP	Plano do projeto	Plano estratégico de negócio	Plano do projeto
Declaração do escopo do projeto		Revisar o plano do projeto	GP			
Estrutura de decomposição do projeto (EDP)		Avaliar o plano do projeto	GP	Análise do plano do projeto	Plano estratégico de produtos	
Classificação do risco do projeto						
Equipe de gerenciamento do projeto						
Lista das atividades do projeto						
Lista dos recursos físicos						
Planejamento organizacional						
Equipe de desenvolvimento						

Figura 5.22 – Elaboração do plano do projeto.

Para a sua elaboração, as informações geradas na fase devem ser consolidadas, e o plano revisado e avaliado segundo o plano estratégico de negócio e de produtos da organização, pela equipe de gerenciamento do projeto. A estrutura do plano do projeto da máquina agrícola deve incluir, por exemplo:

- a) Carta de projeto.
- b) Declaração do escopo do projeto.
- c) Estrutura de decomposição do projeto.
- d) Classificação do risco do projeto.
- e) Equipe de gerenciamento do projeto.
- f) Lista das atividades do projeto.
- g) Lista dos recursos físicos.
- h) Planejamento organizacional.
- i) Equipe de desenvolvimento do produto.
- j) Cronograma de desenvolvimento.
- k) Custo estimado dos recursos físicos.
- l) Orçamento de desenvolvimento da máquina agrícola.
- m) Plano de gerenciamento de suprimentos.
- n) Plano de gerenciamento da qualidade.
- o) Plano de gerenciamento das comunicações.
- p) Política de segurança da máquina agrícola.
- q) Restrições de projeto.

Durante a realização das atividades do PDMA, diferentes acontecimentos fazem com que as mesmas sejam realizadas ou conduzidas de uma forma ou outra. Os registros dessas variações, chamadas normalmente de lições aprendidas, resultam em ganho de conhecimento para a equipe no desenvolvimento de novos projetos. Assim, recomenda-se que durante a realização da fase e, antes aprovação do plano do projeto, as lições aprendidas sejam discutidas e registradas (Figura 5.23). Cabe ressaltar, que esta atividade repete-se sistematicamente ao longo das demais fases do processo. Por essa razão, omite-se doravante a sua apresentação no texto.

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Informações das atividades realizadas na fase 1	Registrar as lições aprendidas		Todos	Reunião da equipe de desenvolvimento do produto Lições aprendidas	Plano de gerenciamento da qualidade Plano de gerenciamento das comunicações	Lições aprendidas

Figura 5.23 – Registro das lições aprendidas.

Uma vez revisado e avaliado, o plano do projeto é submetido à aprovação junto à diretoria da organização executora do projeto (Figura 5.24). Em virtude dos diversos projetos em desenvolvimento nas organizações, procede-se a análise do plano do projeto para definição da prioridade em relação aos demais projetos em desenvolvimento. Esta atividade auxilia no gerenciamento dos recursos físicos, normalmente compartilhados entre diversos projetos. Estando o plano do projeto da máquina agrícola em consonância com o plano estratégico de produtos e dentro das prioridades da organização, o plano é aprovado pela diretoria, que assina o mesmo comprometendo-se com a sua execução. Então o plano do projeto é emitido segundo o plano de gerenciamento das comunicações.

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Plano do projeto	Submeter o plano do projeto à aprovação	Definir a prioridade do projeto em relação aos demais projetos em desenvolvimento	GE	Sistema de documentação do projeto	Plano estratégico de produtos	Prioridade do projeto
		Aprovar o plano do projeto e assinar	GE	Análise do plano do projeto	Prioridade do projeto	Plano do projeto da MA (PPMA) aprovado
		Emitir o plano do projeto	GP	Plano do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações	

Figura 5.24 – Aprovação do plano do projeto.

Caso o plano do projeto não seja aprovado, a diretoria deve tomar as devidas decisões, seja de replanejamento do projeto ou arquivamento temporário ou definitivo.

O comprometimento das áreas envolvidas no desenvolvimento da próxima fase é obtido através da assinatura da ficha de aprovação de passagem de fase, a qual é arquivada juntamente com o plano do projeto no sistema de documentação do projeto (Figura 5.25). Estas duas atividades, também se repetem sistematicamente ao final de todas as fases do processo, não sendo mais mencionadas de agora em diante.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic.	Mecanismos	Controles	Saídas
Plano do projeto	Preencher e assinar a ficha de aprovação de passagem de fase		GP	Ficha de aprovação de passagem de fase	Prioridade do projeto	Ficha de aprovação de passagem de fase
Plano do projeto Ficha de aprovação de passagem de fase	Arquivar o plano do projeto e a ficha de aprovação de passagem de fase no sistema de documentação do projeto		GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento das comunicações	Plano do projeto Ficha de aprovação de passagem de fase
Saídas						
Plano do projeto da MA (PPMA) Ficha de aprovação de passagem de fase Sistema de documentação do projeto						

Figura 5.25 – Saídas da fase de planejamento do projeto.

5.2. PROJETO INFORMACIONAL

A segunda fase do modelo de referência para o PDMA destina-se à definição das especificações de projeto da máquina agrícola. As atividades da fase são conduzidas de acordo com o fluxograma da Figura 4.11, apresentado anteriormente na página 119.

Após o término da fase de planejamento do projeto, a equipe de gerenciamento faz a comunicação formal da aprovação do plano do projeto aos envolvidos (Figura 5.26), de acordo com o que determina o plano de gerenciamento das comunicações, e convoca a equipe de desenvolvimento para a primeira reunião da fase de projeto informacional. Nas demais fases do processo ocorre a mesma situação, sendo dispensável a sua citação doravante.

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínio	Mecanismos	Controles	Saídas
Ficha de aprovação de passagem de fase	Comunicar início da fase de projeto informacional	Comunicar a aprovação do plano do projeto à equipe de desenvolvimento do produto	GP	Correio eletrônico	Plano de gerenciamento das comunicações	Comunicado de aprovação do plano do projeto
		Convocar equipe de desenvolvimento do produto para a 1ª reunião da fase de projeto informacional para apresentação do plano do projeto	GP	Correio eletrônico	Relação dos membros da equipe de desenvolvimento do produto	Convite para a 1ª reunião

Figura 5.26 – Comunicação do início da fase de projeto informacional.

Neste início de fase é definido o capital necessário para realizar as atividades, de acordo com o previsto no orçamento de desenvolvimento aprovado junto ao plano do projeto. Os recursos financeiros disponibilizados são depositados conforme o fluxo de caixa na conta do projeto e administrados pela equipe de gerenciamento do projeto, que deve possuir na sua formação, pelo menos um representante da área administrativa-financeira da organização.

Sendo a primeira fase da projeção, é nela que acontece a primeira reunião formal da equipe de desenvolvimento do produto e da equipe de gerenciamento do projeto (Figura 5.27). O objetivo desta reunião é apresentar o plano do projeto da máquina agrícola aos envolvidos diretos com a sua realização. Recomenda-se que participe da reunião um executivo representante da diretoria, que deverá iniciar os trabalhos apresentando o termo de abertura do projeto (carta de projeto), explicando no que consiste o projeto e quais são as metas pretendidas. A apresentação do executivo é encerrada com a apresentação do gerente do projeto à equipe, que assume a direção da reunião dando seguimento às apresentações do líder técnico do projeto e da equipe de desenvolvimento do produto.

A segunda parte da reunião envolve a apresentação da declaração do escopo do projeto e da EDP pelo líder técnico do projeto. Todos os demais itens do plano do projeto (atividades, recursos, planejamento organizacional, cronograma, orçamento, etc.) são apresentados pelo gerente do projeto ou por outro membro da equipe (no caso dos planos de gerenciamento de suprimentos/qualidade e política de segurança). Depois de apresentado o plano do projeto, o gerente de projeto deve definir a periodicidade das reuniões, as datas e local de realização, bem como, esclarecer as dúvidas e acertar os detalhes relacionados à infra-estrutura para a realização do projeto.

Durante o desenvolvimento do produto ocorrerão reuniões com propósitos diferentes. Por exemplo:

- ◆ Reuniões técnicas – para discussão de temas técnicos relacionados ao projeto do produto e ao plano de manufatura, envolvendo membros da equipe de desenvolvimento do produto e coordenadas pelo líder do projeto.
- ◆ Reuniões gerenciais – para discussão de temas relacionados ao plano do projeto, envolvendo membros da equipe de gerenciamento do projeto, líder do projeto e coordenada pelo gerente do projeto

- ◆ Reuniões de aprovação – para tomada de decisão quanto à aprovação das saídas das fases do processo, envolvendo membros da diretoria, líder do projeto e gerente do projeto.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic.	Mecanismos	Controles	Saídas
Convite para a 1ª reunião Plano do projeto Sistema de documentação do projeto	Reunir a equipe de desenvolvimento do produto e a equipe de gerenciamento do projeto e apresentar o plano do projeto	Apresentar a carta de projeto	GE	Reunião de apresentação do projeto Livro do projeto	Carta de projeto	Plano do projeto apresentado
		Apresentar o gerente, o líder técnico e a equipe de desenvolvimento do produto	GP		Relação dos membros da equipe de desenvolvimento do produto	
		Apresentar a declaração do escopo do projeto	GP, PP		Declaração do escopo do projeto	
		Apresentar a estrutura de decomposição do projeto	GP, PP		Estrutura de decomposição do projeto (EDP)	
		Apresentar a classificação do risco do projeto	GP		Classificação do risco do projeto	
		Apresentar a lista das atividades do projeto	GP		Lista das atividades do projeto	
		Apresentar a lista dos recursos físicos	GP		Lista dos recursos físicos	
		Apresentar o planejamento organizacional	GP		Planejamento organizacional	
		Apresentar o cronograma de desenvolvimento	GP		Cronograma de desenvolvimento	
		Apresentar o orçamento de desenvolvimento da MA	GP, AF		Orçamento de desenvolvimento da MA	
		Apresentar o plano de gerenciamento das comunicações	GP		Plano de gerenciamento das comunicações	
		Apresentar o plano de gerenciamento de suprimentos	GP, SU		Plano de gerenciamento de suprimentos	
		Apresentar o plano de gerenciamento da qualidade	GP, QU		Plano de gerenciamento da qualidade	
		Apresentar a política de segurança da MA	GP, SE		Política de segurança da MA	
		Apresentar as restrições de projeto	GP		Declaração do escopo do projeto	
		Definir a prioridade e periodicidade das reuniões, local e horário	GP		Cronograma de desenvolvimento	
Esclarecer dúvidas, acertar detalhes e encerrar reunião	GP	Plano do projeto				

Figura 5.27 – Apresentação do plano do projeto da máquina agrícola à equipe.

Encerrada a primeira reunião, inicia-se a execução do plano do projeto (Figura 5.28) com a atribuição de um código de identificação ao projeto. Normalmente se utiliza um código alfanumérico que passa a

ser usado pela equipe durante todo o desenvolvimento para se referenciar ao projeto. Este código aparece em todos os documentos relacionados ao projeto.

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínio	Mecanismos	Controles	Saídas
Plano do projeto Recursos financeiros	Executar atividades do plano do projeto	Atribuir código ao projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano estratégico de produtos	Código do projeto
		Divulgar código do projeto	GP	Código do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações	
		Prover os recursos para executar o plano do projeto	GP		Orçamento de desenvolvimento da MA	Recursos físicos e financeiros

Figura 5.28 – Execução das atividades do plano do projeto.

Uma vez iniciada a execução do plano do projeto, são realizadas diversas tarefas que buscam a definição dos fatores de influência no projeto do produto (Figura 5.29). Estes são obtidos a partir de um conjunto de análises sobre diferentes elementos. A primeira análise envolve a declaração do escopo do projeto e que apresenta a descrição exata do que consiste o projeto. Resultam desta análise fatores como tamanho e crescimento da demanda, participação de mercado e evolução, desejos e necessidades do cliente, entre outros.

Da 1ª avaliação das máquinas agrícolas disponíveis no mercado resultam fatores que incluem os fatores-chaves para o sucesso, as potencialidades, as vantagens competitivas, as vulnerabilidades, as desvantagens competitivas, as ameaças, entre outros. Da análise das normas necessárias à homologação da máquina agrícola para os mercados pretendidos resultam fatores ligados à segurança, proteção do operador, defesa do consumidor, etc. Dos ensaios a serem submetidos os protótipos e produtos do lote piloto, resultam fatores ligados ao desempenho funcional da máquina, à confiabilidade e manutenibilidade. Das características requeridas da máquina agrícola resultam fatores relacionados aos conhecimentos específicos necessários ao projeto, tais como, eletrônica, sistemas hidráulicos, etc. Outros fatores de influência no projeto da máquina agrícola se relacionam diretamente à operação agrícola a ser executada, e envolvem portanto, parâmetros agrônômicos e mecânicos. Para levantar estas informações fazem-se uso de dados de ensaios de laboratório, de testes de campo, de simulações, de levantamentos durante estudos de casos e avaliações de campo, bem como, dos registros realizados na operação e/ou na manutenção de equipamentos similares.

Como se pode perceber, alguns fatores de influência tomam a forma de medidas. Donaldson, citado por Mialhe (1996), classifica essas medidas em:

- ◆ Especificações físicas – abrangendo dimensões gerais, distribuição de massas, torque, exigências tratórias, capacidade de reservatórios, etc.
- ◆ Características dinâmicas ou tempo-dependentes – incluindo potência, capacidade operacional, vida útil, durabilidade, consumo de combustível, etc.

- ◆ Características econômicas – abrangendo as medidas de custos de manutenção, reparações, abastecimento, entre outras.

Assim, a classificação de Donaldson e os fatores apresentados anteriormente auxiliam na atividade de definição dos fatores de influência no projeto da máquina agrícola.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic.	Mecanismos	Controles	Saídas
Declaração do escopo do projeto Estrutura de decomposição do projeto (EDP) 1ª avaliação das MA disponíveis no mercado	Definir os fatores de influência no projeto da MA	Analisar a declaração do escopo do projeto e a estrutura de decomposição do projeto	PP	Análise de especialista	Planejamento de marketing	Fatores de influência no projeto da MA
		Analisar a 1ª avaliação das MA disponíveis no mercado	PP	Benchmarking	Restrições	
		Considerar as normas (leis, regulamentações governamentais, etc.) necessárias à homologação da MA e da produção	MK, PP, QU, AF	Julgamento de especialista	Legislação	
		Definir os ensaios e/ou inspeções necessários à homologação da MA	PP, QU, DP		Normas para homologação	
		Identificar os itens exigidos à homologação da MA	PP, QU, DP		Exigências governamentais para homologação de MA	
		Identificar as normas técnicas de segurança que se relacionam com o projeto da MA	SE, QU		Normas de segurança	
		Levantar as informações relacionadas à operação agrícola a ser executada (parâmetros agrônômicos e mecânicos)	MK, PP, DP	Ensaios (laboratório, campo, simulados) Levantamentos (estudos de caso, avaliação de campo) Registros (controles operacionais, assistência técnica, programas de garantia)	Estrutura de decomposição do projeto (EDP)	
		Anexar os fatores de influência no projeto da MA ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento da qualidade Plano de gerenciamento das comunicações	

Figura 5.29 – Definição dos fatores de influência no projeto da máquina agrícola.

Paralelamente, o planejamento de marketing¹⁶³ é continuado, sendo o mercado monitorado para identificar variações que possam influenciar na determinação das especificações de projeto (Figura 5.30).

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínio	Mecanismos	Controles	Saídas
Planejamento de marketing	Monitorar as variações de mercado que possam influenciar o estabelecimento das especificações de projeto da MA	Monitorar demanda de mercado	MK	Pesquisa de mercado	Estratégia de produto, mercado e tecnologia	Planejamento de marketing
		Atualizar o planejamento de marketing	MK	Planejamento de marketing		
		Anexar o planejamento de marketing ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento da qualidade Plano de gerenciamento das comunicações	

Figura 5.30 – Monitoramento das variações do mercado da fase de projeto informacional.

Para estabelecer as especificações de projeto são identificadas, primeiramente, as necessidades dos clientes e/ou usuários¹⁶⁴, conforme descreve a Figura 5.31. Para isso, é necessário identificar primeiramente, quem são os clientes e/ou usuários ao longo do ciclo de vida do produto:

- ◆ Cliente externo – pessoas que compram ou usam o produto, e especialistas.
- ◆ Cliente intermediário – pessoas responsáveis pela distribuição, marketing e pós-venda do produto.
- ◆ Cliente interno – pessoas envolvidas na projeção e na implementação do produto.

Para cada tipo de cliente realiza-se a coleta das informações, através de diversos mecanismos, como por exemplo, aplicação de questionários estruturados.

A coleta de informações pode ocorrer durante a exposição de produtos em feiras, dias de campo, clínicas, etc. As informações obtidas são denominadas de informações originais dos clientes e/ou usuários e, muitas vezes, não são comunicadas em linguagem técnica.

Durante a coleta de informações deve-se observar a expectativa do usuário sobre diversos aspectos da máquina a ser desenvolvida, e principalmente, a respeito de quais características de segurança a máquina deve possuir para que a operação agrícola, de manutenção ou transporte seja realizada sem riscos de acidentes para o usuário.

¹⁶³ O planejamento de marketing se desenvolve durante todas as fases da projeção, e a sua execução ocorre durante as fases de implementação.

¹⁶⁴ O cliente final de uma máquina agrícola é a pessoa que compra o produto, normalmente, o proprietário da empresa rural. O usuário da máquina é, por sua vez, o empregado da empresa rural. Deste modo as necessidades dos clientes e usuários podem ser distintas.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Envolvidos no desenvolvimento da MA	Identificar as necessidades dos clientes/usuários	Definir os clientes/usuários ao longo do ciclo de vida da MA	Todos	Reunião da equipe de desenvolvimento do produto Clientes/usuários	Ciclo de vida da MA	Clientes/usuários
		Coletar as informações dos clientes/usuários (informações originais)	Todos	Reunião da equipe de desenvolvimento do produto	Clientes/usuários	Informações originais dos clientes/usuários
		Avaliar a expectativa do usuário sobre características de segurança da MA	SE, MK	Pesquisa junto a clientes, usuários e especialistas	Informações originais dos clientes/usuários	Características de segurança da MA
		Definir as necessidades dos clientes/usuários	Todos	Reunião da equipe de desenvolvimento do produto Conversão das informações originais em necessidades dos clientes/usuários	Informações originais dos clientes/usuários Características de segurança da MA	Necessidades dos clientes/usuários
		Anexar as necessidades dos clientes/usuários ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento da qualidade Plano de gerenciamento das comunicações	

Figura 5.31 – Identificação das necessidades dos clientes e/ou usuários da máquina agrícola.

Alguns exemplos de informações coletadas, no caso de uma máquina para semeadura de precisão de sementes miúdas, são dados em Reis (2003)¹⁶⁵:

- ◆ Com relação ao uso – principais problemas das semeadoras de fluxo contínuo e de precisão; motivação da compra; características operacionais desejáveis; aspectos de regulagem; aspectos de manutenção (mão-de-obra, frequência, custo, acessos, ferramental).
- ◆ Com relação à comercialização – necessidade de adaptação à tecnologia de agricultura de precisão; vantagens da utilização de dosadores de precisão para a dosagem de sementes miúdas; máxima parcela de custo que o sistema de dosagem e deposição podem representar na semeadora.
- ◆ Com relação à produção – características de fabricação e de montagem desejáveis para a indústria.
- ◆ Com relação ao projeto – aquilo que é mais importante quando se considera a precisão funcional da semeadora; aspectos desejáveis (e indesejáveis) num mecanismo dosador.

¹⁶⁵ Reis (2003) desenvolveu um mecanismo para as funções parciais de dosagem e de deposição de sementes da função global de semeadura de precisão de sementes miúdas.

Após o tratamento adequado dos dados dos questionários, as necessidades e desejos do mercado são listadas e convertidas em requisitos dos clientes (Figura 5.32). O objetivo desta conversão é obter um refinamento sob um ponto de vista mais técnico das necessidades do mercado.

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Necessidades dos clientes/usuários	Estabelecer os requisitos dos clientes/usuários	Desdobrar as necessidades dos clientes/usuários em requisitos	Todos	Reunião da equipe de desenvolvimento do produto Desdobramento das necessidades em requisitos dos clientes/usuários	Necessidades dos clientes/usuários	Requisitos dos clientes/usuários
		Valorar os requisitos dos clientes/usuários	Todos	Reunião da equipe de desenvolvimento do produto Diagrama de Mudge	Requisitos dos clientes/usuários	Requisitos dos clientes/usuários valorados
		Verificar se os requisitos dos clientes/usuários refletem as necessidades de mercado	MK, QU	Pesquisa junto a clientes, usuários e especialistas	Necessidades dos clientes/usuários	Parecer sobre os requisitos dos clientes/usuários
		Anexar os requisitos dos clientes/usuários ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento da qualidade Plano de gerenciamento das comunicações	Requisitos dos clientes/usuários

Figura 5.32 – Estabelecimento dos requisitos dos clientes e/ou usuários.

No caso de semeadura de precisão de sementes miúdas, alguns exemplos de requisitos dos clientes incluem (Reis, 2003):

- ◆ Com relação ao uso – permitir pequenos espaçamentos entre linhas; ser fácil de regular; ter montagem do dosador sem o auxílio de ferramentas; oferecer segurança ao operador; ter precisão na dosagem; ser durável; ter manutenção reduzida; ter manutenção de baixo custo.
- ◆ Com relação à comercialização – possibilitar o funcionamento em dosagens variadas (agricultura de precisão); ter baixa obsolescência; ter custo de produção baixo.
- ◆ Com relação à produção – ter precisão de fabricação; ser de fabricação simples.
- ◆ Com relação ao projeto – ter projeto simples.

Estabelecidos os requisitos dos clientes faz-se a valoração dos mesmos através do diagrama de Mudge¹⁶⁶, com o propósito de identificar os requisitos mais importantes. Esta ação é necessária quando se deseja obter a hierarquização dos requisitos do projeto (próxima atividade).

A partir dos requisitos dos clientes são definidos os requisitos de projeto da máquina agrícola (Figura 5.33), considerando diferentes atributos¹⁶⁷: funcionais, ergonômicos, de segurança, de confiabilidade, de modularidade, estéticos, legais, entre outros. Os requisitos de projeto indicam como um requisito do cliente pode ser atendido.

Os requisitos dos clientes, assim como, os requisitos de projeto, devem ser avaliados junto aos clientes para confirmar o atendimento de suas necessidades.

A hierarquização¹⁶⁸ dos requisitos de projeto, segundo a ordem de prioridade e de importância, visa organizar os esforços da equipe de desenvolvimento do produto, evitando-se que se gaste muito tempo na elaboração de concepções que atendam a requisitos de projeto de pouca importância para o mercado.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic.	Mecanismos	Controles	Saídas
Requisitos dos clientes/usuários	Estabelecer os requisitos de projeto	Definir os requisitos de projeto considerando os atributos gerais (funcional, ergonômico, econômico, segurança, confiabilidade, modularidade, estético, legal e ciclo de vida) e específicos (geométrico, material, energia e controle) da MA	Todos	Reunião da equipe de desenvolvimento do produto Desdobramento dos requisitos dos clientes/usuários em requisitos de projeto Classificação dos atributos do produto (Fonseca, 2000)	Necessidades dos clientes/usuários	Requisitos de projeto
		Verificar se os requisitos de projeto refletem as necessidades de mercado	MK, QU	Pesquisa junto a clientes, usuários e especialistas	Necessidades dos clientes/usuários	Parecer sobre os requisitos de projeto
		Hierarquizar os requisitos de projeto	PP	Matriz da casa da qualidade (1ª matriz do QFD)	Requisitos dos clientes/usuários valorados	Requisitos de projeto hierarquizados
		Anexar os requisitos de projeto ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento da qualidade Plano de gerenciamento das comunicações	Requisitos de projeto

Figura 5.33 – Estabelecimento dos requisitos de projeto da máquina agrícola.

¹⁶⁶ Um exemplo da aplicação do diagrama de Mudge no projeto de máquinas agrícolas e de uma ferramenta de apoio, pode ser visto em Reis, Andrade e Forcellini (2002).

¹⁶⁷ Atributos propostos em Fonseca (2000).

¹⁶⁸ Exemplos de hierarquização dos requisitos de projeto de máquinas agrícolas, utilizando a primeira matriz do QFD (Desdobramento da Função Qualidade), podem ser vistos em Mazetto (2000), Carrafa (2002), Reis (2003).

Conhecidos os requisitos de projeto, uma segunda¹⁶⁹ avaliação comparativa entre as máquinas agrícolas disponíveis no mercado permite verificar o grau de atendimento aos requisitos dos clientes e aos requisitos de projeto (Figura 5.34).

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Requisitos dos clientes/usuários Requisitos de projeto	Analisar comparativamente as MA disponíveis no mercado em relação aos requisitos dos clientes/usuários e requisitos de projeto	Verificar o atendimento dos requisitos dos clientes/usuários	PP	Comparativo entre requisitos dos clientes/usuários x MA disponíveis no mercado	1ª avaliação das MA disponíveis no mercado	2ª avaliação das MA disponíveis no mercado
		Verificar o atendimento dos requisitos de projeto	PP	Comparativo entre requisitos de projeto x MA disponíveis no mercado		
		Anexar a 2ª avaliação das MA disponíveis no mercado ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento da qualidade Plano de gerenciamento das comunicações	

Figura 5.34 – Análise comparativa das máquinas agrícolas disponíveis no mercado.

Dos requisitos de projeto derivam as especificações de projeto (Figura 5.35), ou seja, os objetivos a que a máquina agrícola a ser projetada deve atender. Sobre os requisitos de projeto são associadas as seguintes informações:

- ◆ O valor meta a ser atingido pelo requisito.
- ◆ A forma de avaliação da meta a fim de verificar o seu cumprimento.
- ◆ Os aspectos que devem ser evitados durante a implementação do requisito.

Paralelamente à definição das especificações de projeto procede-se uma análise comparativa entre o valor meta do requisito do projeto com as especificações técnicas das máquinas disponíveis no mercado. Através desta análise, a equipe de projeto pode definir os valores meta a serem atingidas pelos requisitos de projeto, determinando assim, as especificações de projeto. Por exemplo, se um requisito de projeto de uma colhedora definir que a mesma tenha grande capacidade de armazenamento de grãos, deve-se analisar o volume do tanque graneleiro das colhedoras no mercado. A partir dessa informação pode-se planejar o volume a ser especificado para a máquina em desenvolvimento, que poderá estar acima, abaixo ou na mesma faixa das máquinas analisadas. Deste modo pode-se posicionar a máquina em desenvolvimento em relação às máquinas disponíveis no mercado. Nesta atividade é prudente reavaliar o risco do projeto após a definição das especificações de projeto.

¹⁶⁹ Na fase anterior foi realizada a primeira avaliação das máquinas disponíveis no mercado.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Requisitos de projeto 2ª avaliação das MA disponíveis no mercado	Estabelecer as especificações de projeto	Definir as especificações de projeto da MA derivadas dos requisitos de projeto	Todos	Reunião da equipe de desenvolvimento do produto Especificações de projeto (valor meta, forma de avaliação, aspectos indesejados)	Fatores de influência no projeto da MA Requisitos dos clientes/usuários Classificação do risco do projeto	Especificações de projeto
		Comparar as especificações de projeto da MA com as especificações técnicas das MA disponíveis no mercado	PP	Comparativo técnico		
		Identificar as normas técnicas que se relacionam com as especificações de projeto da MA	PP, QU, SE, DP	Normas técnicas (ABNT, ISO, outras)		
		Revisar as especificações de projeto e reavaliar o risco do projeto	PP, QU	Verificação das especificações de projeto Análise de risco		
		Emitir as especificações de projeto	PP	Especificações de projeto	Plano de gerenciamento das comunicações	
		Anexar as especificações de projeto ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento da qualidade Plano de gerenciamento das comunicações	

Figura 5.35 – Estabelecimento das especificações de projeto.

Com a emissão das especificações de projeto, muitas atividades são realizadas simultaneamente. Exemplos destas atividades são apresentadas a partir deste ponto.

São definidos os fatores de influência no plano de manufatura (Figura 5.36), ou seja, os aspectos que podem gerar dificuldades ou até eventos de risco à implementação do processo de manufatura. Para isso, as especificações de projeto são analisadas com o intuito de identificar aquelas relacionadas ao processo de manufatura. Durante esta análise deve-se discutir os possíveis problemas que podem ocorrer e as restrições existentes no processo atual ou na tecnologia disponível, de modo que decisões possam ser tomadas com antecedência, permitindo alcançar as metas estabelecidas. O envolvimento de pessoal da área de manufatura e qualidade é imprescindível nesta atividade, facilitando a definição dos fatores de influência no plano de manufatura. Esta atividade marca o início da elaboração do plano de manufatura. Deste modo, o plano de manufatura passa a ser elaborado simultaneamente ao desenvolvimento do projeto do produto, atendendo aos preceitos da engenharia simultânea e permitindo a redução do tempo de desenvolvimento do produto e do retrabalho, entre outros benefícios.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Especificações de projeto	Definir os fatores de influência no plano de manufatura da MA	Identificar as especificações de projeto relacionadas ao processo de manufatura	PM	Análise de especialista	Requisitos dos clientes/usuários Requisitos de projeto	Fatores de influência no plano de manufatura
		Identificar os problemas e/ou restrições que afetam o projeto do processo de manufatura da MA	PM, QU			
		Anexar os fatores de influência ao plano de manufatura ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento da qualidade Plano de gerenciamento das comunicações	

Figura 5.36 – Fatores de influência no plano de manufatura.

Sobre as especificações de projeto são identificadas aquelas que afetam partes da máquina que são desenvolvidas por empresas fornecedoras. Neste caso, deve-se estabelecer uma estratégia para o envolvimento de fornecedores já nas fases iniciais do projeto (Figura 5.37), e que defina, por exemplo, um contrato de sigilo a ser assinado entre as partes.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Especificações de projeto	Desenvolver a estratégia para o envolvimento de fornecedores de componentes	Identificar as especificações de projeto relacionadas com o desenvolvimento de fornecedores	SU	Análise de especialista Metodologia ESI (early supplier involvement)	Plano de gerenciamento de suprimentos	Estratégia para o envolvimento de fornecedores
		Anexar estratégia para o envolvimento de fornecedores ao plano de gerenciamento de suprimentos	SU	Plano de gerenciamento de suprimentos		
		Anexar a estratégia para o envolvimento de fornecedores ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento da qualidade Plano de gerenciamento das comunicações	

Figura 5.37 – Estratégia para o envolvimento de fornecedores.

À medida que as especificações de projeto vão sendo elaboradas, são levantadas informações a respeito da segurança ao longo do ciclo de vida da máquina agrícola (Figura 5.38). Inclui-se nesse levantamento uma revisão do histórico de problemas ligados a segurança, em máquinas disponíveis no mercado ou em máquinas similares, a fim de estudar e avaliar o risco de acidentes e danos à saúde do operador durante a utilização do produto. Um banco de dados sobre segurança deve ser criado para o repositório de informações. As especificações de projeto que sugerem alguma relação com aspectos de segurança devem ser identificadas

e acompanhadas durante a sua implementação, de forma a garantir que as mesmas sejam contempladas com soluções que evitem ou minimizem os riscos.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic.	Mecanismos	Controles	Saídas
Política de segurança da MA	Levantar informações sobre segurança no ciclo de vida da MA	Revisar histórico de segurança das MA disponíveis no mercado ou similares	SE	Banco de dados sobre segurança	1ª e 2ª avaliação das MA disponíveis no mercado	Informações sobre segurança da MA
		Avaliar risco de acidente e/ou possibilidade de mal uso da MA ao longo do ciclo de vida	SE	Análise de risco	Ciclo de vida da MA	
		Identificar as especificações de projeto que se relacionam com as metas de segurança da MA	SE	Análise de especialista	Especificações de projeto	
		Anexar informações sobre segurança ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento da qualidade Plano de gerenciamento das comunicações	

Figura 5.38 – Levantamento de informações sobre segurança no ciclo de vida da máquina agrícola.

A partir das especificações de projeto pode-se estabelecer, também, as metas de dependabilidade (p.ex. não apresentar falhas operando por “x” dias a oito horas/dia, vida útil de “x” anos, peças de manutenção facilmente removíveis com ferramentas usuais, peças de reposição de fácil obtenção no comércio, etc.). Estas dizem respeito aos objetivos de confiabilidade e manutenibilidade a serem alcançados pela máquina em desenvolvimento (Figura 5.39).

Nesta fase, a atividade é basicamente de planejamento, ou seja, propõe-se que a equipe de desenvolvimento defina os meios para a previsão e análise das características de dependabilidade da máquina, de modo que, a partir da EDP e da definição dos seus elementos constituintes, que ocorre nas próximas fases, os mesmos possam ser submetidos a diferentes análises que identifiquem as causas e os efeitos de possíveis falhas, quando da operação do produto. Assim, o objetivo do emprego de métodos de análise de falhas é agregar confiabilidade à máquina agrícola. Apesar disso, segundo Souza, citado por Sakurada¹⁷⁰ (2001), devido à complexidade e dificuldade de prever falhas, algumas podem ocorrer somente em campo. Daí a importância de se considerar as informações de pós-vendas (banco de dados sobre dependabilidade) já na fase de projeto informacional. Partindo-se do levantamento de dados experimentais, de laboratório e de campo sobre máquinas similares, pode-se formar uma base mais precisa para o estabelecimento das metas de dependabilidade. Caso o produto seja totalmente novo, sem similares, deve-se buscar pelo menos informações sobre componentes

¹⁷⁰ Em seu trabalho, Sakurada apresenta a aplicação do FMEA no desenvolvimento de um protótipo de uma transplantadora de mudas de fumo, repolho, cebola e tomate.

críticos, permitindo estimar as metas.

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínio	Mecanismos	Controles	Saídas
Especificações de projeto	Definir as metas de dependabilidade da MA	Estabelecer os métodos e modelos para previsão e análise das características de confiabilidade e manutenibilidade	DP	FMEA Análise da árvore de falhas Análise de tensão e carga Análise de fatores humanos Análise de compromisso Análise de risco Análise crítica de projeto	Estrutura de decomposição do projeto (EDP)	Metas de dependabilidade
		Levantar informações sobre dados experimentais e de laboratório	DP	Banco de dados sobre dependabilidade		
		Estabelecer as metas de confiabilidade e de manutenibilidade	DP	Análise de especialista	1ª e 2ª avaliação das MA disponíveis no mercado	
		Anexar informações sobre dependabilidade ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento da qualidade Plano de gerenciamento das comunicações	

Figura 5.39 – Estabelecimento das metas de dependabilidade.

O custo meta¹⁷¹ da máquina é definido assim que as especificações de projeto forem determinadas. Os parâmetros para a sua formação devem ser estabelecidos utilizando como referência o preço de venda preliminar. O atendimento ao custo meta deve ser monitorado ao longo do projeto (Figura 5.40).

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínio	Mecanismos	Controles	Saídas
Especificações de projeto	Definir o custo meta da MA	Estabelecer os parâmetros para a formação do custo meta	AF	Metodologia custo meta	Preço de venda preliminar	Custo meta da MA
		Anexar o custo meta da MA ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento da qualidade Plano de gerenciamento das comunicações	

Figura 5.40 – Definição do custo meta.

¹⁷¹ Corresponde ao custo que o novo produto deve atingir para alcançar o lucro alvo, estabelecido para o período de vida do produto. Pode ser determinado através da seguinte fórmula: custo meta = (preço de venda alvo) – (lucro de venda alvo). A metodologia para a determinação do custo meta do produto pode ser vista em Ferreira e Forcellini (2000).

Paralelamente às atividades da fase, a equipe de gerenciamento do projeto realiza a análise econômica e financeira do projeto, controlando a entrada e saída de recursos financeiros, mantendo atualizado o relatório de análise do fluxo de caixa do projeto.

Antes da aprovação das especificações de projeto, as mesmas são avaliadas quanto ao atendimento ao escopo do projeto (Figura 5.41). Essa revisão evita que seja submetido à aprovação especificações que não reflitam o escopo planejado, atendendo assim, aos designios do plano de gerenciamento da qualidade.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic.	Mecanismos	Controles	Saídas
Especificações de projeto	Avaliar as especificações de projeto	Verificar se as especificações de projeto atendem ao escopo do projeto	GP, QU	Análise de especialista	Declaração do escopo do projeto	Avaliação das especificações de projeto
		Emitir parecer sobre as especificações de projeto	GP	Avaliação das especificações de projeto	Plano de gerenciamento das comunicações	
		Anexar avaliação das especificações de projeto ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento da qualidade Plano de gerenciamento das comunicações	

Figura 5.41 – Avaliação das especificações de projeto.

Para encerrar as atividades da fase de projeto informacional, as especificações de projeto da máquina agrícola são submetidas à aprovação (Figura 5.42) junto à diretoria, sendo este o critério que autoriza o progresso para a fase seguinte.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic.	Mecanismos	Controles	Saídas
Especificações de projeto Avaliação das especificações de projeto	Submeter as especificações de projeto à aprovação	Aprovar as especificações de projeto	GE	Formulário de aprovação das especificações de projeto	Plano estratégico de produtos	Especificações de projeto da MA (EPMA) aprovadas
		Obter assinaturas para as especificações de projeto	GP			
		Anexar EPMA ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento da qualidade Plano de gerenciamento das comunicações	

Figura 5.42 – Aprovação das especificações de projeto.

Caso as especificações de projeto não sejam aprovadas, a diretoria deve tomar as devidas decisões, seja para redefinição das especificações ou arquivamento temporário ou definitivo do projeto.

Ao longo das atividades realizadas nas fases de projeção e implementação, a equipe de gerenciamento de projeto deve manter o monitoramento¹⁷² do progresso do projeto (Figura 5.43).

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Plano do projeto	Monitorar o progresso do projeto	Monitorar as atividades e a utilização dos recursos no projeto (custo e tempo)	GP	Análise de especialista	Cronograma de desenvolvimento	Relatório de progresso do projeto
		Monitorar a variância de custo (VC) do projeto	GP	Análise de variância de custo (VC)	Orçamento de desenvolvimento da MA	
		Monitorar a variância do cronograma (VCR) do projeto	GP	Análise de variância de cronograma (VCR)	Cronograma de desenvolvimento	
		Determinar o índice de desempenho do custo (IDC)	GP	Índice de desempenho de custo (IDC)	Orçamento de desenvolvimento da MA	
		Monitorar os riscos do projeto	GP	Classificação do risco do projeto	Declaração dos riscos do projeto	
		Avaliar os resultados da equipe de desenvolvimento	GP	Análise de especialista	Análise de variância de custo (VC) Análise de variância de cronograma (VCR) Índice de desempenho de custo (IDC)	
		Anexar o relatório de progresso do projeto ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento da qualidade Plano de gerenciamento das comunicações	

Figura 5.43 – Monitoramento do progresso do projeto.

Deste modo, pode-se fazer a comunicação do progresso do projeto entre os envolvidos no plano de gerenciamento das comunicações (Figura 5.44), mantendo todos informados do andamento do projeto com relação aos desvios de custo e cronograma. Deste ponto em diante, em virtude dessa atividade se repetir nas demais fases, a mesma será omitida.

¹⁷² O acompanhamento das atividades do plano do projeto permite monitorar os desvios de custo e cronograma, conforme dado abaixo.
Variância de Custo (VC): $VC = COTR - CRTR$, onde COTR é o Custo Orçado do Trabalho Realizado (valor do trabalho realmente realizado) e CRTR é o Custo Real do Trabalho Realizado (custo real ou total dos custos incorridos para a realização do trabalho durante um período determinado de tempo). Se VC for igual a um valor positivo, o custo está aquém do previsto. Se for igual a um valor negativo, o custo está além do previsto.

Variância de cronograma (VCR): $VCR = COTR - COTA$, onde COTA é o Custo Orçado do Trabalho Agendado (valor planejado). Se VCR for igual a um valor positivo, o projeto está antecipado em termos de custo. Se for igual a um valor negativo, o projeto está atrasado em termos de custo.

Índice de Desempenho do Custo (IDC): $IDC = COTR / CRTR$ (Se o $IDC < 1$: o projeto está gastando mais do que previsto. Se o $IDC > 1$: o projeto está abaixo do orçamento. Se o $IDC = 1$: projeto está exatamente no orçamento).

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Relatório de progresso do projeto	Comunicar relatório de progresso do projeto	Distribuir Relatório de progresso do projeto	GP	Correio eletrônico	Plano de gerenciamento das comunicações	Relatório de progresso do projeto

Figura 5.44 – Comunicação do relatório de progresso do projeto.

Na medida em que o plano do projeto vai sendo realizado, o mesmo passa por um processo de atualização (Figura 5.45).

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Plano do projeto	Atualizar o plano do projeto	Verificar se é necessário realizar a fase de projeto conceitual ou se as soluções conhecidas permitem passar diretamente para as fases de projeto preliminar ou detalhado	Todos	Reunião da equipe de desenvolvimento do produto Análise de especialista	Especificações de projeto	Plano do projeto atualizado
		Verificar se todas as atividades foram concluídas	GP	Lista das atividades do projeto	Estrutura de decomposição do projeto (EDP)	
		Atualizar a lista das atividades do projeto	GP			
		Identificar os recursos físicos necessários para realizar a fase de projeto conceitual, preliminar ou detalhado	GP	Análise de especialista	Recursos físicos disponíveis	
		Atualizar o cronograma de desenvolvimento da MA	GP	Cronograma de desenvolvimento	Plano estratégico de negócio	
		Atualizar o orçamento de desenvolvimento da MA	GP	Orçamento de desenvolvimento da MA		
		Emitir o plano do projeto	GP	Plano do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações	

Figura 5.45 – Atualização do plano do projeto.

Na Figura 5.46 estão descritas as saídas principais da fase de projeto informacional.

Saídas
Especificações de projeto da MA (EPMA) Ficha de aprovação de passagem de fase Plano do projeto atualizado Sistema de documentação do projeto

Figura 5.46 – Saídas da fase de projeto informacional.

5.3. PROJETO CONCEITUAL

A terceira fase do modelo de referência para o PDMA destina-se ao desenvolvimento da concepção da máquina agrícola. As atividades da fase são conduzidas de acordo com o fluxograma da Figura 4.12, apresentado anteriormente na página 120.

Após a aprovação das especificações de projeto, a equipe de gerenciamento comunica formalmente a sua aprovação aos envolvidos, de acordo com o que determina o plano de gerenciamento das comunicações, e convoca a equipe de desenvolvimento para a primeira reunião da fase de projeto conceitual.

O capital necessário para realizar as atividades da fase é definido de acordo com o previsto no orçamento de desenvolvimento do projeto.

A segunda fase da projeção é iniciada com a orientação da equipe de desenvolvimento a respeito das atualizações do plano do projeto (Figura 5.47).

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Convite para a 1ª reunião Especificações de projeto da MA (EPMA) Plano do projeto atualizado Sistema de documentação do projeto	Conduzir orientação da equipe e apresentar o plano do projeto atualizado	Apresentar a lista das atividades do projeto atualizada	GP, Todos	Reunião da equipe de desenvolvimento do produto	Lista das atividades do projeto	Plano do projeto apresentado
		Apresentar os novos membros da equipe de desenvolvimento do produto	GP		Relação dos membros da equipe de desenvolvimento do produto	
		Apresentar o cronograma de desenvolvimento atualizado	GP, Todos		Cronograma de desenvolvimento	
		Esclarecer dúvidas, acertar detalhes e encerrar reunião	GP, Todos		Plano do projeto	

Figura 5.47 – Apresentação do plano do projeto atualizado.

Paralelamente à execução do plano do projeto, o planejamento de marketing é continuado, sendo o mercado monitorado para identificar variações que possam influenciar no desenvolvimento das concepções da máquina agrícola. Tais variações se referem a aspectos relacionados à estratégia de produto, mercado e tecnologia da organização, e que podem resultar em novas necessidades dos clientes e/ou usuários que poderão ser atendidas pela concepção em desenvolvimento. Assim, uma boa prática é avaliar constantemente os requisitos dos clientes e as especificações de projeto junto ao mercado pretendido.

Para atingir o propósito da fase são realizadas diversas tarefas que buscam estabelecer a estrutura funcional¹⁷³ da máquina agrícola (Figura 5.48).

¹⁷³ Detalhes dessa técnica em Pahl e Beitz (1996).

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Requisitos dos clientes/usuários Requisitos de projeto Fatores de influência no projeto da MA	Estabelecer a estrutura funcional da MA	Definir a função global da MA	PP	Abstração orientada	Fatores de influência no projeto da MA	Função global
		Estabelecer as estruturas funcionais alternativas - subfunções	PP	Diretrizes de desenvolvimento da estrutura funcional	Requisitos de projeto	Estruturas funcionais alternativas
		Determinar as subfunções desenvolvidas por fornecedores	PP, SU	Análise de especialista	Competências internas	Subfunções desenvolvidas por fornecedores
		Identificar, selecionar e envolver fornecedores para o desenvolvimento de princípios de solução para as subfunções	PP, SU	Análise de especialista Documentos para coleta de preços, solicitação de cotação, solicitação de proposta, convite para negociação e resposta inicial ao contratante	Estratégia para o envolvimento de fornecedores	Fornecedores envolvidos
		Analisar e selecionar a estrutura funcional	PP	Matriz de decisão para seleção	Requisitos de Projeto	Estrutura funcional
		Anexar informações da atividade ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento da qualidade Plano de gerenciamento das comunicações	Fornecedores envolvidos Estrutura funcional

Figura 5.48 – Estabelecimento da estrutura funcional.

Determinadas as funções a serem realizadas, parte-se para o estudo de estruturas funcionais alternativas, com o objetivo de selecionar a mais adequada. Sobre a estrutura funcional são identificadas as subfunções a serem desenvolvidas por fornecedores de componentes. A escolha pode ser feita com o auxílio de uma matriz de decisão, onde cada alternativa é avaliada segundo critérios técnicos e econômicos. Os critérios de seleção podem ser, por exemplo, os requisitos de projeto e/ou os requisitos dos clientes, entre outros. Para os pesos dos critérios pode-se utilizar o valor percentual dos requisitos de projeto e dos requisitos dos clientes obtidos no diagrama de Mudge.

Com a estrutura funcional selecionada, inicia-se o desenvolvimento de concepções alternativas para a máquina agrícola (Figura 5.49). O objetivo desta atividade é obter um determinado número de concepções alternativas que possibilite a pré-seleção das mais promissoras. Sobre estas são desenvolvidos modelos do produto (físicos ou virtuais) que atendem às especificações de projeto, permitindo a determinação da estimativa de custo de cada alternativa pré-selecionada. Para a elaboração dos princípios de solução pode-se empregar diversos métodos como auxílio ao desenvolvimento criativo de novas concepções.

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Estrutura funcional Fatores de influência no projeto da MA Fatores de influência no plano de manufatura	Desenvolver as concepções alternativas da MA	Desenvolver princípios de solução para cada subfunção da estrutura funcional	PP, SU	Métodos discursivos (estudo de sistemas técnicos, TRIZ, catálogos de projeto, matriz morfológica, etc.) Métodos intuitivos (brainstorming, método 635, sinergia, etc) Métodos convencionais (busca na literatura, análise de sistemas)	Requisitos de Projeto Especificações de projeto Subfunções desenvolvidas por fornecedores	Princípios de solução
		Combinar os princípios de solução para satisfazer a função global	PP	Matriz morfológica Critérios de combinação	Especificações de projeto	Concepções alternativas
		Monitorar o desenvolvimento da concepção em relação às normas e requisitos para a homologação da MA	QU, SE, DP, PV	Análise de especialista	Normas para homologação	
		Monitorar o desenvolvimento da concepção em relação às metas de dependabilidade	DP	Análise de especialista	Metas de dependabilidade	
		Selecionar concepções alternativas mais adequadas	PP	Julgamento de viabilidade Disponibilidade de tecnologia Exame passa/não passa Matriz de decisão para seleção	Necessidades dos clientes/usuários Requisitos dos clientes/usuários Requisitos de projeto Especificações de projeto Fatores de influência no plano de manufatura	Concepções alternativas
		Elaborar modelos das concepções alternativas que atendam as especificações de projeto	PP	Cálculos preliminares Esboços de leiaute e forma Construção de modelos	Especificações de projeto	Modelos das concepções alternativas
		Estimar o custo das concepções alternativas	AF	Metodologia de estimativa de custo	Preço de venda preliminar	Estimativa de custo das concepções alternativas
		Anexar informações da atividade ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento da qualidade Plano de gerenciamento das comunicações	Concepções alternativas

Figura 5.49 – Desenvolvimento das concepções.

A seleção da concepção mais adequada é feita através de análise comparativa entre as alternativas desenvolvidas, considerando diversos aspectos, como descreve a Figura 5.50. Depois de selecionada, a concepção tem suas características descritas, as quais definem o conceito da máquina agrícola. É importante observar que a tarefa de seleção da concepção envolve todos os domínios de conhecimento.

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Modelos das concepções alternativas Estimativa de custo das concepções alternativas	Selecionar a concepção da MA	Avaliar comparativamente as concepções alternativas em relação as especificações de projeto e o custo meta da MA	PP, AF	Reunião da equipe de desenvolvimento do produto Matriz de decisão para seleção	Especificações de projeto Custo meta da MA	Relatório de avaliação das concepções alternativas
		Conduzir avaliação de riscos e oportunidades para cada concepção alternativa em relação ao mercado	MK, PV		Necessidades dos clientes/usuários Requisitos dos clientes/usuários	
		Conduzir avaliação de riscos para cada concepção alternativa em relação ao projeto do produto e ao plano de manufatura (complexidade de desenvolvimento, prazo, custo, envolvimento de fornecedores, etc.)	PP, PM, SU, PR		Fatores de influência no projeto da MA Fatores de influência no plano de manufatura Estratégia para o envolvimento de fornecedores	
		Avaliar comparativamente as concepções alternativas em relação às metas de qualidade, de segurança e de dependabilidade	QU, SE, DP, PV		Plano de gerenciamento da qualidade Política de segurança da MA	
		Selecionar a concepção da MA	Todos		Plano estratégico de produtos Requisitos dos clientes/usuários Relatório de avaliação das concepções alternativas	Concepção da MA
		Descrever as características da concepção (conceito da MA)	PP	Conceito da MA	Concepção da MA	Conceito da MA
		Emitir a concepção/conceito da MA	PP	Concepção-conceito da MA	Plano de gerenciamento das comunicações	Concepção-conceito da MA
		Anexar informações da atividade ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento da qualidade Plano de gerenciamento das comunicações	Relatório de avaliação das concepções alternativas Concepção da MA Conceito da MA

Figura 5.50 – Seleção da concepção.

Observa-se que em alguns casos pode ocorrer a seleção de mais de uma concepção, em virtude dos valores resultantes da análise comparativa serem muito próximos, impedindo a determinação da concepção mais adequada. Quando isso ocorre, a definição da concepção final ocorre após o desenvolvimento dos respectivos leiautes alternativos (projeto preliminar).

O estudo de leiautes de diferentes concepções evidencia outras informações que permitem a seleção final da concepção. Em casos mais extremos em que, mesmo o estudo de leiautes, não seja suficiente para a tomada de decisão, pode ocorrer a necessidade de construção de protótipos para serem submetidos a testes funcionais (projeto detalhado). Assim, nestes casos, deve-se acordar com as áreas envolvidas a transição para a fase de projeto preliminar, adiando a aprovação da concepção da máquina ou, nos casos mais extremos, a transição para a fase de projeto detalhado, adiando a aprovação da viabilidade econômica.

Depois de emitida a concepção da máquina agrícola iniciam os estudos para identificar os processos de fabricação possíveis de serem utilizados (Figura 5.51), minimizando os problemas ou restrições que o processo de manufatura atual poderá gerar.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Concepção-conceito da MA Fatores de influência no plano de manufatura	Realizar estudo inicial sobre a concepção da MA para identificar os processos de fabricação (novos ou conhecidos e internos ou externos) possíveis de serem utilizados	Verificar se o atual processo de manufatura atende às especificações de projeto da MA	PM	Análise de especialista	Especificações de projeto Custo meta da MA	Fatores de influência no plano de manufatura
		Identificar os problemas ou restrições dos processos de fabricação que podem afetar o desenvolvimento da concepção	PM, QU	Análise de especialista		
		Anexar fatores de influência no plano de manufatura ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento da qualidade Plano de gerenciamento das comunicações	

Figura 5.51 – Identificação dos processos de fabricação.

Simultaneamente, são definidos os prazos junto aos fornecedores para o desenvolvimento dos projetos preliminar e detalhado das subfunções especificadas na estrutura funcional (Figura 5.52), e estabelecidos os contratos entre as partes.

O propósito do estabelecimento dos contratos neste momento, mesmo que condicional à aprovação da concepção, é o de garantir que os prazos acordados para o desenvolvimento dos projetos preliminares e detalhados sejam cumpridos, bem como, as questões de sigilo sejam respeitadas. Normalmente esta é uma condição considerada pela diretoria na aprovação da concepção da máquina, ou seja, se na concepção escolhida existirem funções a serem desenvolvidas em fornecedores, sejam estas críticas ou não, deve-se obter a garantia do fornecedor de que as mesmas serão desenvolvidas por completo e nos prazos acordados.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Estratégia para o envolvimento de fornecedores	Definir prazo junto aos fornecedores para o desenvolvimento dos projetos preliminar e detalhado das subfunções	Estabelecer e assinar contrato com os fornecedores envolvidos	SU, AF	Seleção do tipo de contrato	Plano de gerenciamento de suprimentos	Contrato de desenvolvimento com fornecedor
		Anexar contrato de desenvolvimento com fornecedor ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento da qualidade Plano de gerenciamento das comunicações	

Figura 5.52 – Definição dos prazos de desenvolvimento junto aos fornecedores.

Sobre a concepção selecionada os estudos acerca da segurança são aprofundados (Figura 5.53). As normas de segurança existentes são analisadas de modo a oferecer observações que devem ser adotadas quando do desenho detalhado da máquina agrícola, nas próximas fases.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Informações sobre segurança da MA Concepção-conceito da MA	Realizar estudo inicial de segurança sobre a concepção da MA	Revisar e incorporar as normas de segurança existentes no desenvolvimento da concepção	SE	Análise de risco Normas de segurança Banco de dados sobre segurança	Política de segurança da MA	Informações sobre segurança da MA
		Anexar informações sobre segurança ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento da qualidade Plano de gerenciamento das comunicações	

Figura 5.53 – Estudo inicial de segurança.

A equipe de gerenciamento atualiza a análise econômica e financeira do produto e do projeto, isto é, monitora a viabilidade econômica do produto e o controle da entrada e saída de recursos financeiros (fluxo de caixa do projeto). Adotou-se a inclusão destas duas informações em um único relatório denominado de análise de fluxo de caixa do projeto da máquina agrícola (Figura 5.54).

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Custo meta da MA Estimativa de custo das concepções alternativas Análise de fluxo de caixa do projeto da MA	Atualizar análise econômica e financeira	Atualizar análise de fluxo de caixa do projeto da MA	GP, AF	Fluxo de caixa Curva S	Orçamento de desenvolvimento da MA Recursos financeiros	Análise de fluxo de caixa do projeto da MA
		Anexar análise de fluxo de caixa do projeto ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento da qualidade Plano de gerenciamento das comunicações	

Figura 5.54 – Análise econômica e financeira do projeto da máquina agrícola.

Conforme previsto na declaração do escopo do projeto e no plano de gerenciamento da qualidade, a concepção da máquina agrícola é avaliada antes de ser submetida à aprovação. Basicamente esta avaliação compreende a análise da concepção em relação aos objetivos declarados no escopo do projeto, ou seja, é verificado se a concepção atende ao escopo do projeto (Figura 5.55). Esta atividade pode ser realizada simultaneamente à seleção da concepção da máquina. Após análise, a equipe de gerenciamento emite um parecer e liberando a concepção para aprovação da diretoria.

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Concepção-conceito da MA	Avaliar a concepção da MA	Verificar se a concepção atende ao escopo do projeto	GP, QU	Análise de especialista	Declaração do escopo do projeto	Avaliação da concepção da MA
		Emitir parecer sobre a concepção da MA	GP	Avaliação da concepção da MA	Plano de gerenciamento das comunicações	
		Anexar avaliação da concepção de projeto ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento da qualidade Plano de gerenciamento das comunicações	

Figura 5.55 – Avaliação da concepção da máquina agrícola.

Para encerrar as atividades da fase de projeto conceitual, a concepção da máquina agrícola é submetida à aprovação junto à diretoria (Figura 5.56).

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Concepção-conceito da MA Avaliação da concepção da MA	Submeter a concepção da MA à aprovação	Aprovar a concepção da MA	GE	Formulário de aprovação da concepção da MA	Plano estratégico de produtos	Concepção da MA (CPMA) aprovada
		Obter assinaturas para concepção da MA	GP			
		Anexar CPMA ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento da qualidade Plano de gerenciamento das comunicações	

Figura 5.56 – Aprovação da concepção da máquina agrícola.

Caso a concepção da máquina não seja aprovada, a diretoria deve tomar as devidas decisões, seja para o redesenho da concepção ou arquivamento temporário ou definitivo do projeto.

Como descrito na fase anterior, durante a realização das atividades a equipe de gerenciamento de projeto deve manter um monitoramento permanente do progresso do projeto, mantendo os envolvidos atualizados com relação aos desvios de custo e cronograma (relatório de progresso do projeto). Do mesmo modo, na medida em que o plano do projeto vai sendo realizado, o mesmo passa por um processo de atualização.

As principais saídas da fase de projeto conceitual são descritas na Figura 5.57.

Saídas
Concepção da MA (CPMA) Ficha de aprovação de passagem de fase Plano do projeto atualizado Sistema de documentação do projeto

Figura 5.57 – Saídas da fase de projeto conceitual.

5.4. PROJETO PRELIMINAR

Durante a fase anterior foram desenvolvidos os princípios de solução para as funções e subfunções da máquina agrícola. Quando combinados na matriz morfológica, geraram alternativas de concepções, as quais foram analisadas segundo critérios técnicos e econômicos. Desta análise, pôde-se selecionar a concepção mais adequada quanto ao atendimento aos requisitos dos clientes e aos requisitos do projeto.

Nesta terceira fase da projeção, as atividades destinam-se ao estabelecimento do leiaute final da máquina e à determinação da viabilidade econômica, sendo conduzidas de acordo com o fluxograma da Figura 4.13, apresentado anteriormente na página 121.

Como nas demais fases, é comunicado o início das atividades aos envolvidos e, na primeira reunião, a equipe de desenvolvimento é orientada a respeito das atualizações do plano do projeto e é definido o capital necessário para realizar as atividades, de acordo com o previsto no orçamento de desenvolvimento do projeto.

Simultaneamente à realização das demais atividades, o planejamento de marketing é continuado e o mercado monitorado com o propósito de identificar variações que possam influenciar no estabelecimento do leiaute final da máquina (Figura 5.58). Fazendo parte do planejamento de marketing, o número de modelos a ser desenvolvido é definido em função dos mercados pretendidos, e o impacto sobre os produtos disponíveis é reavaliado, bem como, o preço de venda preliminar.

Em função do número de modelos e dos mercados a serem atingidos é desenvolvida a estratégia de lançamento, a qual deve estar de acordo com a estratégia de produto, mercado e tecnologia da organização.

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Planejamento de marketing Concepção da MA (CPMA)	Monitorar as variações de mercado que possam influenciar a definição do leiaute da MA	Monitorar demanda de mercado	MK	Pesquisa de mercado	Estratégia de produto, mercado e tecnologia	Planejamento de marketing
		Refinar as metas do produto em relação a fatia de mercado	MK	Fatores-chaves de sucesso (FCS)		
		Estabelecer as metas relacionadas às peças de reposição	MK, DP	Análise de especialista		
		Definir o número de modelos	MK			
		Reavaliar impacto sobre outros produtos	MK	Análise da concorrência		
		Verificar preço de venda preliminar	MK, AF	Análise interna	Preço MA disponíveis no mercado Preço de venda preliminar	
		Desenvolver a estratégia de lançamento	MK	Análise de especialista	Estratégia de produto, mercado e tecnologia	
		Atualizar o planejamento de marketing	MK	Planejamento de marketing		
		Anexar estratégia de lançamento ao planejamento de marketing	MK			
		Anexar o planejamento de marketing ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.58 – Monitoramento das variações do mercado da fase de projeto preliminar.

Para definir o leiaute da máquina, parte-se de uma proposta inicial para o mesmo (Figura 5.59).

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Especificações de projeto Concepção da MA (CPMA)	Desenvolver o leiaute inicial da MA	Identificar as especificações de projeto que relacionam os requisitos de forma (dimensões), leiaute (posição), material, segurança, ergonomia e manufatura	PP	Análise de especialista	Requisitos de projeto	Leiaute inicial
		Elaborar o diagrama esquemático dos elementos construtivos (princípios de solução, componentes e/ou funções)	PP	Diagrama dos elementos construtivos		
		Definir os elementos construtivos que devem ser agrupados em módulos	PP, SU, QU, DP, SE, PV	Análise de especialista	Informações sobre segurança da MA	
		Definir os componentes e/ou módulos existentes a serem utilizadas (compradas e/ou desenvolvidas por fornecedores)	PP, SU	Catálogo de componentes padronizados Componentes existentes	Subfunções desenvolvidas por fornecedores	
		Solicitar propostas para os elementos construtivos a serem desenvolvidos por fornecedores	PP, SU	Reunião com fornecedores	Plano de gerenciamento de suprimentos Contrato de desenvolvimento com fornecedor	
		Estabelecer a forma e o leiaute dos elementos construtivos de cada módulo	PP	Desenho Diagrama dos elementos construtivos	Requisitos de projeto	
		Determinar as dimensões iniciais dos módulos	PP			
		Traçar o esboço dos módulos	PP			
		Estabelecer o leiaute inicial	PP			
		Definir a forma e o estilo do leiaute inicial	PP			
		Traçar o esboço do leiaute inicial	PP			
		Identificar as interações e interfaces entre os módulos do leiaute inicial	PP			
		Estabelecer leiaute para as funções remanescentes (principais ou auxiliares) que ainda não foram definidas	PP			
Anexar o leiaute inicial ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade			

Figura 5.59 – Desenvolvimento do leiaute inicial.

A partir da análise das especificações de projeto, identificam-se aquelas que definem os requisitos de forma e que determinam as dimensões principais do produto, bem como, outros requisitos a serem considerados no desenvolvimento do leiaute, tais como, materiais, segurança, ergonomia, manufatura, etc.

Considerando estas informações elabora-se um diagrama esquemático dos elementos construtivos da máquina, ou seja, das partes do produto representadas pelos princípios de solução escolhidos, pelos componentes já existentes e/ou funções ainda não determinadas.

A próxima tarefa é o agrupamento dos elementos construtivos em módulos, obedecendo aos limites definidos pelos requisitos de projeto. Deve-se definir a forma e o leiaute dos elementos construtivos de cada módulo, estabelecendo as suas dimensões principais.

Sobre os esboços traçados do leiaute inicial identificam-se as interações e interfaces existentes entre os elementos construtivos e/ou módulos, de modo a estabelecer soluções adequadas para as mesmas.

No caso das interações entre os elementos, deve-se analisar as principais¹⁷⁴, as quais correspondem à geração de efeitos perturbadores não desejáveis (p. ex. vibração, ruído, calor, etc.) de um elemento sobre outro, mas que não causam comprometimento das funções, bem como, as secundárias, isto é, aquelas geradas pelo aumento dos níveis dos efeitos não desejáveis, e que provocam falhas ou comprometimento do funcionamento da máquina.

À medida que os componentes comprados vão sendo definidos, aumenta-se o envolvimento com os fornecedores, com os quais passa-se a estabelecer as especificações desejadas. Caso existam funções ou subfunções que ainda não tiveram os seus elementos construtivos definidos, passa-se a estabelecê-los.

Sobre o leiaute inicial são desenvolvidos leiautes alternativos com o objetivo de realizar análises¹⁷⁵ comparativas que determinem quais os mais adequados. A Figura 5.60 descreve as tarefas envolvidas no desenvolvimento da atividade.

¹⁷⁴ Ulrich e Eppinger (1995) denominam as interações entre os elementos construtivos de fundamentais e acidentais.

¹⁷⁵ Guideline VDI 2225: *Technical and economic evaluation*. VDI-Richtlinie 2225: *Technisch-wirtschaftliches Konstruieren*. Düsseldorf: VDI-Verlag 1977.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Leiaute inicial	Desenvolver leiautes alternativos	Estabelecer variantes do leiaute inicial da MA	PP	Desenho	Especificações de projeto	Leiautes alternativos
		Compatibilizar com propostas dos fornecedores de componentes	PP, SU			
		Traçar esboços dos leiautes alternativos	PP			
		Demonstrar características e benefícios de cada leiaute alternativo	PP			
		Revisar patentes e considerações sobre aspectos legais e de segurança dos leiautes gerados	PP,QU, SE, AF	Análise de especialista Banco de dados sobre segurança	Patentes Legislação Normas de segurança	
		Estimar o custo dos leiautes gerados	AF	Metodologia de estimativa de custo	Preço de venda preliminar	
		Avaliar leiautes gerados (critérios mercadológicos, técnicos e econômicos)	Todos	Reunião da equipe de desenvolvimento do produto Análise custo-benefício Método da função	Planejamento de marketing Especificações de projeto Fatores de influência no projeto da MA	
		Selecionar leiautes para atender ao número de modelos definidos no planejamento de marketing	Todos			
Anexar leiautes alternativos ao sistema de documentação do projeto		GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade		

Figura 5.60 – Desenvolvimento dos leiautes alternativos.

O desenvolvimento do leiaute dimensional (Figura 5.61a) envolve o refinamento dos leiautes alternativos, de modo a permitir uma avaliação mais detalhada e conseqüente seleção do leiaute mais adequado para a máquina agrícola.

Assim, cada leiaute alternativo é otimizado e os pontos fracos eliminados. O mesmo acontece com os pontos críticos que são, portanto, identificados e analisados. As principais dimensões dos componentes são estabelecidas, bem como, tipos de material, processo de fabricação, entre outras especificações.

Para cada leiaute estudado são elaborados desenhos com as principais dimensões, sendo estes denominados de leiautes dimensionais. Conforme a necessidade de cada projeto, são produzidos mock-ups (físicos ou virtuais) com objetivo de serem avaliados.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Leiautes alternativos	Desenvolver leiaute dimensional da MA	Refinar leiautes alternativos (otimizar, eliminar pontos fracos, checar pontos críticos, interações e interfaces, etc.)	PP	Lista de verificação Métodos de otimização DFX	Requisitos de projeto Especificações de projeto	Leiaute dimensional Lista de componentes preliminar
		Estabelecer as principais dimensões dos componentes, tipo de material, processo de fabricação, tolerâncias, etc.	PP, SU	Análise de especialista Catálogo de componentes Componentes padronizados		
		Revisar os componentes e/ou módulos existentes a serem utilizadas	PP, SU	Componentes existentes		
		Estabelecer a forma e o arranjo final dos componentes e/ou módulos dos leiautes alternativos	PP, SU	Desenho		
		Elaborar os desenhos dos leiautes dimensionais	PP			
		Elaborar desenhos dos componentes para a fabricação de mock-ups	PP			
		Determinar número de componentes para cada leiaute alternativo	PP, SU			
		Produzir mock-ups	PP, PM	Prototipagem (física ou virtual)		

Figura 5.61a – Desenvolvimento do leiaute dimensional da máquina agrícola.

O desenvolvimento do leiaute dimensional é continuado (Figura 5.61b) com a realização de clínicas para avaliação dos mock-ups e confirmação do atendimento às necessidades do mercado.

As informações obtidas até este ponto permitem estimar o custo de cada leiaute dimensional desenvolvido, bem como, do ferramental e recursos necessários para a sua produção.

A seleção do leiaute dimensional que melhor atende à demanda do mercado é realizada através da avaliação comparativa de cada leiaute desenvolvido, considerando como critérios, por exemplo, os requisitos do projeto, além da análise quanto à viabilidade técnica do projeto do produto e dos processos de manufatura, assim como, a viabilidade econômica.

Paralelamente à seleção do leiaute dimensional, o escopo do projeto deve ser reavaliado, pois o leiaute escolhido pode ter algum elemento construtivo (componente ou módulo) que cause alterações em outros elementos que não fazem parte do escopo inicial. Neste caso, a equipe deve avaliar o impacto sobre as atividades do plano do projeto, já que novos elementos passam a ser objetos do projeto.

Sobre o leiaute dimensional selecionado, são definidos os componentes do modelo da máquina, e os opcionais e acessórios que serão oferecidos, atendendo às definições de marketing quanto aos modelos a serem lançados no mercado.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Leiautes alternativos		Realizar clinicas com mock-ups para confirmar atendimento às necessidades do mercado	PP, MK, QU, SE, DP, PV	Mock-up (físico ou virtual)	Planejamento de marketing Plano de gerenciamento da qualidade Especificações de projeto	Leiaute dimensional Lista de componentes preliminar
		Estabelecer estimativa de custo dos leiautes, do ferramental e recursos necessários	PP, PM, AF	Metodologia de estimativa de custo	Custo meta da MA Orçamento de desenvolvimento da MA	
		Avaliar leiautes dimensionais/mock-ups (viabilidade técnica do projeto, dos processos de manufatura, da dependabilidade, da compatibilidade com trator/implemento, de mercado, e econômica)	Todos	Reunião da equipe de desenvolvimento do produto Análise custo-benefício Método da função critério Guideline VDI 2225	Planejamento de marketing Declaração do escopo do projeto Plano de gerenciamento da qualidade Especificações de projeto Fatores de influência no projeto da MA	
		Selecionar o leiaute dimensional que melhor atende a demanda do mercado	Todos			
		Reavaliar o escopo do projeto	PP	Análise de especialista	Declaração do escopo do projeto	
		Definir o modelo da MA, opcionais e acessórios	MK, PP	Desenho	Estratégia de produto, mercado e tecnologia	
		Elaborar a lista de componentes preliminar do leiaute dimensional (destacar os componentes novos e componentes comprados)	PP, SU		Leiaute dimensional selecionado	
		Anexar o leiaute dimensional e a lista de componentes preliminar ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.61b – Desenvolvimento do leiaute dimensional da máquina agrícola.

O estabelecimento do leiaute final da máquina envolve a continuidade do dimensionamento e da seleção de materiais, assim como, a otimização dos componentes e dos módulos (Figura 5.62a). À medida que cada componente vai sendo detalhado, vai-se gerando o desenho de cada item.

A partir destes dimensionamentos o leiaute dimensional pode ser revisado com relação a possíveis falhas funcionais, à compatibilidade espacial entre os componentes e/ou módulos e aos fatores perturbadores (possibilidade de vibração, ruído, etc.) resultantes do arranjo dos elementos construtivos.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Leiaute dimensional	Estabelecer o leiaute final da MA	Definir responsáveis pelo detalhamento dos componentes	PP	Análise de especialista	Relação dos membros da equipe de desenvolvimento do produto	Responsáveis pelo detalhamento dos componentes
		Desenhar, detalhar, dimensionar, selecionar os materiais e otimizar os componentes e/ou módulos	PP, SU	Desenho Lista de verificação Métodos de otimização DFX	Lista de componentes preliminar	Desenhos dos componentes
		Refinar definição sobre a origem dos componentes e elaborar a lista dos comprados	PP, SU	Catálogo de componentes Componentes padronizados Componentes existentes	Plano de gerenciamento de suprimentos Competências internas Contrato de desenvolvimento com fornecedor	Lista de componentes comprados
		Revisar o leiaute dimensional com relação a falhas funcionais, de compatibilidade espacial ou efeitos de fatores perturbadores	MK, PP, QU, DP, SE, PV	Lista de verificação	Plano de gerenciamento da qualidade Leiaute dimensional Informações sobre segurança da MA Metas de dependabilidade Fatores de influência no projeto da MA	Leiaute dimensional revisado

Figura 5.62a – Estabelecimento do leiaute final.

Uma vez revisado, o leiaute final é fixado (Figura 5.62b) e as definições de forma e estilo são aperfeiçoadas, ao mesmo tempo em que os desenhos completados.

Simultaneamente são gerados os dados gerais do produto e que incluem: os desenhos dos componentes e do leiaute final; a lista de itens, incluindo os componentes novos e os existentes, comprados/desenvolvidos externamente ou fabricados na própria empresa; o custo preliminar dos componentes e dos módulos; as especificações técnicas¹⁷⁶ da máquina; e, o relatório de pedido de patente se for o caso. Com relação ao último item, deve-se analisar se a concepção desenvolvida e o respectivo leiaute são passíveis de um pedido de patente de invenção. No caso afirmativo, e se for interesse da organização, pode-se iniciar o processo de pedido de patente, observando as implicações sobre o plano do projeto da máquina agrícola.

¹⁷⁶ De acordo com Mialhe (1996), o termo especificações técnicas é utilizado genericamente para identificar e/ou quantificar características da máquina agrícola, sendo intrínsecas ao projeto do produto e a sua construção. O autor descreve que o termo embora possa ser usado como sinônimo de constante construtiva – quando designando uma característica invariável –, sua aplicação se estende às características cuja variação de magnitude não descaracteriza a identidade da máquina, uma vez que essa variação é função de ajustes e/ou regulagens previstas pelo fabricante. São exemplos de especificações técnicas: dimensões dos depósitos de fertilizantes e sementes de uma semeadora-adubadora; a cilindrada e o número de cilindros de um motor de combustão interna; o número de discos de um arado; limites de variação do ângulo vertical e horizontal dos discos de um arado; faixa de ação do regulador de rotações do motor de um trator, relações de transmissão do mecanismo acionador do dosador de uma adubadora, etc.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
		Fixar o leiaute final	PP	Desenho	Leiaute dimensional revisado	Leiaute final Desenhos do leiaute final
		Refinar a forma e o estilo do leiaute final da MA	PP		Especificações de projeto	
		Completar os desenhos do leiaute final da MA	PP			
		Elaborar a lista de componentes do leiaute final (destacar os componentes novos e componentes comprados)	PP, SU		Leiaute final Lista de componentes comprados	Lista de componentes
		Estimar o custo preliminar dos componentes e/ou módulos	PP, AF	Metodologia de estimativa de custo	Lista de componentes	Custo preliminar dos componentes e/ou módulos
		Redigir as especificações técnicas gerais da MA	MK, PP, DP, QU, SE, PV	Especificações técnicas	Especificações de projeto	Especificações técnicas
		Analisar a possibilidade de pedido de patente do leiaute final (iniciar processo)	PP, AF	Análise de especialista	Patentes Legislação	Relatório de pedido de patente
		Anexar informações da atividade ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	Informações anexadas

Figura 5.62b – Estabelecimento do leiaute final.

Estabelecido o leiaute final, inicia-se o desenvolvimento do plano de fabricação e de teste do protótipo (Figura 5.63) e simultaneamente, a elaboração da estrutura preliminar do protótipo da máquina, que serve de parâmetro para o cálculo inicial de custo.

A necessidade de realização de testes de laboratório e de campo, bem como, de clínicas depende de cada projeto. Todavia sabe-se que na maioria dos projetos de máquinas agrícolas algum tipo de teste¹⁷⁷ e/ou ensaio¹⁷⁸ é sempre requerido, principalmente quando se necessita testar uma nova concepção que ainda não foi experimentada. Seja qual for o caso, quando da determinação da necessidade de realização de testes, o número de protótipos a serem construídos é definido, e também os tipos de testes. Uma classificação que pode ser seguida é dada em Back e Leal (1991) e incluem: testes de desempenho das funções; testes de qualificação de meio ambiente; testes de confiabilidade e manutenibilidade; testes de compatibilidade do equipamento de teste e de apoio logístico; teste e avaliação do pessoal de operação e manutenção; teste de verificação da qualidade dos manuais de operação, de manutenção e de assistência técnica.

¹⁷⁷ O vocábulo teste, quando aplicado como termo técnico em avaliação de desempenho de máquinas agrícolas, “designa a simples verificação expedita das respostas a comandos ou variações de regulagens, inspeções, demonstrações, etc.” Mialhe (1996, p.44).

¹⁷⁸ Segundo Mialhe (1996), a terminologia técnica utilizada na avaliação do desempenho de máquinas agrícolas reserva ao termo ensaio a parte dessa avaliação que trata especificamente da mensuração de grandezas caracterizadoras do comportamento de determinado espécime, para fornecer certos tipos de dados a usuários da maquinaria agrícola.

As recomendações para o transporte, operação e manutenção do protótipo, devem ser elaboradas desde já, para orientar o manuseio do protótipo, principalmente quando se trata de um produto novo. Os testes, por sua vez, devem ser planejados e realizados segundo procedimentos descritos em normas técnicas¹⁷⁹.

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Leiaute final Lista de componentes	Desenvolver o plano de fabricação e de teste do protótipo	Verificar a necessidade de realização de teste de laboratório e de campo ou de clínica	MK, PP, QU, SE, DP, PV	Análise de especialista	Plano de gerenciamento da qualidade Metas de dependabilidade Normas de segurança	Plano de fabricação e de teste do protótipo
		Estabelecer os tipos de testes a serem realizados	MK, PP, QU, SE, DP, PV			
		Redigir as recomendações para o transporte, operação e manutenção do protótipo durante os testes	MK, PP, QU, SE, DP, PV			
		Elaborar o cronograma de fabricação e montagem do protótipo	MK, PP, PM, SU, QU, SE, DP, PV	Cronograma de protótipo	Cronograma de desenvolvimento	
		Elaborar cronograma de teste de protótipo	MK, PP, QU, SE, DP, PV			
		Emitir a requisição de fabricação e teste do protótipo	PP	Requisição de protótipo	Plano de gerenciamento das comunicações	Requisição de protótipo
		Anexar o plano de fabricação e de teste do protótipo e a requisição de protótipo ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	Plano de fabricação e de teste do protótipo Requisição de protótipo

Figura 5.63 – Desenvolvimento do plano de fabricação e de teste do protótipo.

Nesta atividade são elaborados também, os cronogramas de fabricação e montagem do protótipo, e o cronograma de testes. Com a elaboração do plano de fabricação e de teste do protótipo é emitida a sua requisição. A construção do protótipo ocorre somente na próxima fase, caso a viabilidade econômica da máquina seja aprovada pela diretoria.

Ao mesmo tempo é elaborada a estrutura preliminar do protótipo (Figura 5.64), a qual inclui todos os componentes e módulos que formam a máquina agrícola, e que deve ser anexada ao plano de fabricação e de testes do protótipo. Como já se tem disponível o custo preliminar dos componentes, é estimado o custo do protótipo. Esta estimativa será comparada posteriormente com o custo real do protótipo montado.

¹⁷⁹ Informações detalhadas sobre ensaios de máquinas agrícolas pode ser visto em Mialhe (1996). O autor aborda vários temas, como por exemplo, características do ensaio de máquinas agrícolas, normas técnicas, certificação e homologação, ensaio e certificação de: máquinas motoras, tratores, máquinas de mobilização periódica do solo, máquinas para aplicação de adubos e corretivos, máquinas para a sementeira, sistemas e equipamentos para irrigação e máquinas para a colheita de cana-de-açúcar.

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Leiaute final Lista de componentes	Elaborar a estrutura preliminar do protótipo da MA	Revisar a lista de componentes do protótipo	PP, QU, SU	Estrutura preliminar do protótipo	Desenhos do leiaute final	Estrutura preliminar do protótipo
		Estimar o custo preliminar do protótipo da MA	PP, AF	Metodologia de estimativa de custo	Estrutura preliminar do protótipo Custo preliminar dos componentes / unidades de grupo	Custo preliminar do protótipo
		Anexar a estrutura preliminar do protótipo e estimativa de custo ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	Estrutura preliminar do protótipo Custo preliminar do protótipo

Figura 5.64 – Elaboração da estrutura preliminar do protótipo.

A partir deste ponto, diversas atividades são realizadas simultaneamente pela equipe de desenvolvimento do produto, incluindo a definição dos requisitos de manufatura, avaliação da capacidade interna e externa de produção dos componentes, e análise de segurança.

Definem-se os requisitos de manufatura do protótipo, ou seja, os recursos necessários à fabricação dos componentes e montagem do protótipo (Figura 5.65).

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Fatores de influência no plano de manufatura Requisição de protótipo	Definir os requisitos preliminares de manufatura do protótipo	Definir preliminarmente as máquinas-ferramenta, dispositivos e ferramentas necessárias para a fabricação e montagem do protótipo	PP, PM, QU, PR	Análise de especialista	Leiaute final Lista de componentes	Requisitos preliminares de manufatura
		Estimar custo preliminar de manufatura do protótipo	PP, PM, AF	Metodologia de estimativa de custo	Estrutura preliminar do protótipo	Custo preliminar de manufatura do protótipo
		Elaborar e emitir solicitação de investimento para construção do protótipo	PP	Solicitação de investimento para construção do protótipo	Custo preliminar de manufatura do protótipo Plano de gerenciamento das comunicações	Solicitação de investimento para construção do protótipo
		Anexar os requisitos de manufatura, custo de manufatura do protótipo e a solicitação de investimento para construção do protótipo no sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	Anexados

Figura 5.65 – Definição dos requisitos preliminares de manufatura do protótipo.

Recursos típicos incluem: matéria-prima, máquinas-ferramentas e outros equipamentos, dispositivos e ferramentas em geral, local para montagem do protótipo, pessoal experiente, além de outros serviços especializados, como por exemplo, de prototipagem rápida.

Sobre estes requisitos é feita a estimativa de custo preliminar de manufatura, para a qual é elaborada e emitida a solicitação de investimento para a construção do protótipo, que será analisada durante a aprovação da viabilidade econômica da máquina agrícola, principal resultado da fase de projeto preliminar.

Avalia-se a capacidade de manufatura interna e externa de componentes (Figura 5.66 e Figura 5.67), ou seja, a capacidade de um dado processo fabricar itens dentro da faixa de especificação, com o propósito de prover a capacitação de satisfazer a demanda futura.

Conhecidos os fatores de influência no plano de manufatura, busca-se entender e medir as flutuações prováveis na demanda – por exemplo, a sazonalidade causada por fatores climáticos – e o grau de capacidade disponível na organização, isto é, “o máximo nível de atividade de valor adicionado em determinado período de tempo, que o processo pode realizar sob condições normais de operação” (Slack *et alii*, 1996, p.346).

Durante as fases de projeto preliminar e projeto detalhado, a avaliação de séries históricas dos índices de capacidade¹⁸⁰ de manufatura obtidos de peças similares pode permitir que a equipe de desenvolvimento escolha processos e especificações dos produtos coerentemente adequadas, garantindo a obtenção das características do produto por meio de processos altamente capazes estatisticamente. Outra importante aplicação destes índices no desenvolvimento de produto é durante a implementação do processo. Nesta fase os índices podem ser utilizados para avaliar a capacidade do processo, identificando processos problemáticos a tempo de correções antes da entrada em linha de produção.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Fatores de influência no plano de manufatura	Avaliar a capacidade de manufatura interna dos componentes	Verificar capacidade atual, recursos, prazo para implantação e pessoal	PP, PM, QU, AF, PR	Análise de especialista	Estrutura preliminar do protótipo Plano de gerenciamento de suprimentos	Capabilidade de manufatura interna
		Identificar áreas prováveis na fábrica para manufatura interna, armazenamento e montagem	PM, QU, PR			
		Anexar o estudo de capacidade de manufatura interna ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.66 – Avaliação da capacidade de manufatura interna dos componentes.

¹⁸⁰ Detalhes em IQA, *apud* Amaral e Rozenfeld (2003).

Do mesmo modo, deve-se avaliar a capacidade de manufatura junto aos fornecedores, ao mesmo tempo em que se procede a revisão da estrutura preliminar do protótipo com relação à avaliação “fabricar ou comprar”.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Lista de componentes comprados Fatores de influência no plano de manufatura	Avaliar a capacidade de manufatura externa dos componentes	Verificar capacidade atual, recursos, prazo para implantação e pessoal	PP, SU, QU, AF	Análise de especialista	Plano de gerenciamento de suprimentos Contrato de desenvolvimento com fornecedor	Capabilidade de manufatura externa
		Revisar avaliação "fabricar ou comprar" (considerar custo de material, mão de obra e transporte)	PP, SU	Análise custo-benefício	Plano de gerenciamento de suprimentos Estrutura preliminar do protótipo	
		Anexar o estudo de capacidade de manufatura externa ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.67 – Avaliação da capacidade de manufatura externa dos componentes.

Dando seqüência às atividades da fase anterior relacionada à segurança, realiza-se análise sobre o leiaute final para verificação do atendimento às metas estabelecidas e às normas de segurança.

Partindo-se da análise de fluxo de caixa realizada na fase anterior, realiza-se a atualização da mesma, considerando as receitas e despesas das atividades da fase de projeto preliminar. Como já se encontram disponíveis o custo preliminar do protótipo, o custo preliminar de manufatura, a solicitação de investimento para construção do protótipo, os custos de lançamento e propaganda e o orçamento de desenvolvimento do produto, determina-se a viabilidade econômica¹⁸¹ da máquina considerando o volume de vendas planejado (unidades / ano) e o preço de venda preliminar por unidade (Figura 5.68).

¹⁸¹ Uma metodologia para análise econômica de projetos de desenvolvimento de produtos pode ser vista em Ulrich e Eppinger (1995, p.233-257).

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínio	Mecanismos	Controles	Saídas
Análise de fluxo de caixa do projeto da MA Custo preliminar do protótipo Custo preliminar de manufatura Solicitação de investimento para construção do protótipo Volume de vendas planejado Preço de venda preliminar	Determinar a viabilidade econômica da MA	Atualizar análise de fluxo de caixa do projeto da MA Realizar análise econômica Emitir a viabilidade econômica da MA Anexar análise de fluxo de caixa e viabilidade econômica ao sistema de documentação do projeto	GP, AF AF AF GP	Fluxo de caixa Curva S ROI (Return of investment) Viabilidade econômica da MA (VEMA) Sistema de documentação do projeto	Orçamento de desenvolvimento da MA Recursos Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	Análise de fluxo de caixa do projeto da MA Viabilidade econômica da MA (VEMA)

Figura 5.68 – Determinação da viabilidade econômica.

Antes da aprovação da viabilidade econômica, a mesma é avaliada quanto ao atendimento ao plano estratégico de negócio da empresa (Figura 5.69).

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínio	Mecanismos	Controles	Saídas
Viabilidade econômica da MA (VEMA) Custo preliminar do protótipo Custo preliminar de manufatura do protótipo Solicitação de investimento para construção do protótipo	Avaliar viabilidade econômica da MA	Verificar se a viabilidade econômica do leiaute final atende ao plano estratégico de negócio Comparar o custo preliminar do protótipo com o custo meta da MA Revisar a solicitação de investimento para construção do protótipo Emitir parecer sobre a viabilidade econômica da MA Anexar avaliação da viabilidade econômica ao sistema de documentação do projeto	GP, Todos GP, Todos GP, Todos GP, Todos GP	Análise de especialista Avaliação da viabilidade econômica da MA Sistema de documentação do projeto	Plano estratégico de negócio Custo meta da MA Orçamento de desenvolvimento da MA Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	Avaliação da viabilidade econômica da MA

Figura 5.69 – Avaliação da viabilidade econômica.

Para encerrar as atividades da fase de projeto preliminar, a viabilidade econômica da máquina agrícola é submetida à aprovação (Figura 5.70), sendo este o critério que autoriza o progresso para a fase seguinte. Depois de aprovada, os recursos financeiros para construção do protótipo são liberados.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Viabilidade econômica da MA (VEMA) Avaliação da viabilidade econômica da MA	Submeter a viabilidade econômica da MA à aprovação	Aprovar a viabilidade econômica da MA	GE	Formulário de aprovação da viabilidade econômica da MA	Plano estratégico de produtos	Viabilidade econômica da MA (VEMA) aprovada
		Obter assinaturas para a viabilidade econômica da MA	GP			
		Liberar investimento para construção do protótipo	GE	Solicitação de investimento para construção do protótipo	Orçamento de desenvolvimento da MA	Recursos financeiros para construção do protótipo
		Anexar VEMA ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	Viabilidade econômica da MA (VEMA) aprovada

Figura 5.70 – Aprovação da viabilidade econômica.

Caso a viabilidade econômica da máquina não seja aprovada, a diretoria deve tomar as devidas decisões, seja para revisão da viabilidade econômica ou arquivamento temporário ou definitivo do projeto.

Como já descrito nas fases anteriores, durante a realização das atividades a equipe de gerenciamento de projeto deve manter um monitoramento permanente do progresso do projeto, mantendo os envolvidos atualizados com relação aos desvios de custo e cronograma (relatório de progresso do projeto).

Do mesmo modo, na medida em que o plano do projeto vai sendo realizado, o mesmo é atualizado. De acordo com o propósito da fase, a aprovação da viabilidade econômica da máquina agrícola é o critério que autoriza o progresso para a fase de projeto detalhado. A Figura 5.71 descreve as saídas principais da fase.

Saídas
Leiaute final
Viabilidade econômica da MA (VEMA)
Recursos financeiros para construção do protótipo
Ficha de aprovação de passagem de fase
Plano do projeto atualizado
Sistema de documentação do projeto

Figura 5.71 – Saídas da fase de projeto preliminar.

5.5. PROJETO DETALHADO

A quarta e última fase da projeção destina-se à aprovação do protótipo, finalização das especificações dos componentes, detalhamento do plano de manufatura e preparação da solicitação de investimento para o início da preparação da produção.

As atividades da fase são conduzidas de acordo com o fluxograma da Figura 4.14, apresentado anteriormente na página 122.

Como nas outras fases, é comunicado o início das atividades aos envolvidos e, na primeira reunião, a equipe de desenvolvimento é orientada a respeito das atualizações do plano do projeto e, principalmente em relação aos pontos críticos do projeto do produto e do plano de manufatura. Também é definido o capital necessário para realizar as atividades da fase de projeto detalhado, de acordo com o previsto no orçamento de desenvolvimento do projeto. Simultaneamente à realização das demais atividades, o planejamento de marketing é continuado e o mercado monitorado com o propósito de identificar variações que possam influenciar na finalização do projeto do produto e no plano de manufatura da máquina (Figura 5.72).

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Planejamento de marketing Leiaute final	Monitorar as variações de mercado que possam influenciar o projeto do produto e da manufatura da MA	Monitorar demanda de mercado	MK	Pesquisa de mercado	Estratégia de produto, mercado e tecnologia	Planejamento de marketing
		Definir a data de lançamento da MA (verificar calendário agrícola e calendário de feiras)	MK	Análise de especialista	Cronograma de desenvolvimento	
		Planejar a realização de clínicas para assegurar a avaliação adequada do cliente	MK, QU		Plano de fabricação e de teste do protótipo	
		Refinar o custo de lançamento e propaganda	MK, AF	Metodologia de estimativa de custo	Orçamento preliminar de lançamento e propaganda	
		Refinar preço de venda da MA	MK, AF	Análise interna	Preço MA disponíveis no mercado Preço de venda preliminar	
		Desenvolver a estratégia de assistência técnica	MK, PP, DP	Análise de especialista	Estratégia de produto, mercado e tecnologia	
		Identificar as peças de reposição	MK, PP, DP			
		Estabelecer plano para período de transição do estoque de campo	MK, QU, DP			
		Elaborar um plano de treinamento para a área de vendas, pós-vendas e concessionárias	MK, QU, DP, PV	Plano de treinamento		
		Atualizar o planejamento de marketing	MK	Planejamento de marketing		
		Anexar estratégia de assistência técnica e plano de treinamento ao planejamento de marketing	MK, DP	Planejamento de marketing		
		Anexar o planejamento de marketing ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.72 – Monitoramento das variações do mercado da fase de projeto detalhado.

Outros aspectos importantes são considerados no planejamento de marketing. Um deles é a data provável de lançamento do produto e o calendário agrícola do mercado pretendido. Isso significa dizer, por exemplo, que o lançamento de uma máquina desenvolvida para semear culturas de verão deve ser lançada no mercado antes do período destinado a semeadura propriamente dita.

O mesmo acontece com o calendário de feiras de máquinas agrícolas, vitrine para o lançamento de novos produtos. Durante estes períodos podem ser planejados a realização de clínicas com protótipos junto aos clientes e/ou usuários, para avaliar o atendimento as suas necessidades.

A elaboração de um plano de treinamento para as áreas de vendas, pós-vendas e concessionários pode ser iniciado, prevendo a quantidade de máquinas do lote piloto necessárias para a sua realização na próxima fase.

A partir da requisição do protótipo e dos recursos financeiros para a sua construção, o cronograma de fabricação e montagem é atualizado à medida que vai sendo planejado o processo de fabricação dos componentes no setor de protótipos e na produção, bem como, identificados os componentes que serão adquiridos externamente junto aos fornecedores e os componentes requisitados ao estoque da produção (Figura 5.73a).

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Requisição de protótipo Plano de fabricação e de	Construir o protótipo da MA	Atualizar cronograma de fabricação e montagem do protótipo	MK, PP, PM, SU, QU, SE, DP, PV	Cronograma de protótipo	Cronograma de desenvolvimento	Cronograma de fabricação e montagem
		Planejar o processo de fabricação do protótipo	PP, PM, SU, QU, PR	Análise de especialista	Estrutura preliminar do protótipo	Plano de fabricação e de teste do protótipo
		Definir componentes que serão fabricados no setor de protótipos	PP, PM, SU, QU, PR		Lista de componentes Desenhos dos componentes Plano de gerenciamento de suprimentos	
		Definir componentes que serão fabricados na produção	PP, PM, SU, QU, PR			
		Definir componentes que serão adquiridos externamente	PP, PM, SU, QU, PR			
		Definir componentes que serão requisitados do estoque da produção	PP, PM, SU, QU, PR			
		Emitir pedido de componentes	PP, PM, SU, QU, PR	Pedido de componentes	Plano de gerenciamento de suprimentos Plano de gerenciamento das comunicações	Pedido de componentes

Figura 5.73a – Construção do protótipo da máquina agrícola.

O protótipo é construído de acordo com o plano de fabricação, os desenhos dos componentes e os desenhos do leiaute final (Figura 5.73b).

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
		Preparar para a fabricação e montagem do protótipo	PP, PM	Desenhos dos componentes	Plano de fabricação e de teste do protótipo	Componentes do protótipo
		Fabricar, comprar, receber e estocar os componentes do protótipo	PP, PM, SU, QU, PR	Laboratório de protótipos	Plano de gerenciamento de suprimentos	
		Executar a montagem do protótipo	PP, PM, SU, QU, PR	Desenhos do leiaute final Laboratório de protótipos	Estrutura preliminar do protótipo	Protótipo
		Acompanhar montagem do protótipo	Todos	Reunião da equipe de desenvolvimento do produto Observação	Plano de fabricação e de teste do protótipo	
		Identificar o protótipo montado	PP, PM, QU	Código de identificação de protótipo	Sistema de codificação de montagem	Protótipo identificado
		Alocar as despesas com o protótipo no centro de custo do projeto	GP, PP	Despesas do protótipo	Custo preliminar do protótipo	Despesas do protótipo
		Anexar as divergências entre "desenho x montagem" ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	Divergências de montagem do protótipo

Figura 5.73b – Construção do protótipo da máquina agrícola.

A montagem deve ser realizada conforme a estrutura preliminar do protótipo e acompanhada pela equipe de desenvolvimento do produto, que avalia os pontos críticos do projeto (Figura 5.74).

Todas as observações devem ser registradas no relatório de montagem do protótipo, indicando ações corretivas para o caso de problemas ou divergências entre os desenhos e a montagem.

Durante e após a montagem de cada protótipo, o mesmo deve estar identificado com o código do projeto e o nome do responsável, por exemplo, do líder técnico do projeto.

Em uma reunião da equipe de desenvolvimento do produto com representantes da diretoria, o protótipo é apresentado e avaliado quanto ao atendimento às especificações de projeto e, quando for o caso, às normas de homologação (Figura 5.75).

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínio	Mecanismos	Controles	Saídas
Requisição de protótipo	Avaliar a montagem do protótipo	Elaborar relatório de montagem do protótipo (descrever ações corretivas caso necessário)	PP, PM, QU	Relatório de montagem do protótipo	Divergências de montagem do protótipo Plano de fabricação do protótipo Plano de gerenciamento das comunicações	Relatório de montagem do protótipo
		Emitir relatório de montagem do protótipo	PP, PM, QU			
		Anexar relatório de montagem do protótipo ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.74 – Avaliação da montagem do protótipo.

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínio	Mecanismos	Controles	Saídas
Protótipo identificado	Apresentar protótipo	Avaliar atendimento às especificações de projeto e as normas para homologação	GE, Todos	Reunião da equipe de desenvolvimento do produto	Especificações de projeto Normas para homologação	Relatório de protótipo montado
		Elaborar relatório de protótipo montado	PP	Relatório de protótipo montado	Estrutura preliminar do protótipo Plano de fabricação e de teste do protótipo Recursos financeiros para construção do protótipo Despesas do protótipo	
		Emitir relatório de protótipo montado	PP		Plano de gerenciamento das comunicações	
		Anexar relatório de protótipo montado ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.75 – Apresentação do protótipo da máquina agrícola.

A próxima atividade compreende a realização de testes de laboratório e/ou de campo, e clínicas junto aos clientes e/ou usuários da máquina agrícola (Figura 5.76a e Figura 5.76b).

O tipo de teste a ser realizado, descrito no plano de fabricação e de teste do protótipo emitido na fase anterior, depende do que se deseja avaliar e, portanto, cada projeto poderá requerer diferentes testes para atender a seus propósitos. Dependendo de cada caso, os testes de laboratório, de campo ou clínicas podem ou não ser realizados simultaneamente.

Os testes de laboratório com o protótipo da máquina e/ou componentes têm como propósito fornecer suporte técnico à tomada de decisões da equipe de desenvolvimento, durante o projeto do produto, seja qual for o tipo de projeto. Por exemplo, no desenvolvimento de uma estrutura de proteção contra capotagem¹⁸² para tratores, o teste de laboratório permitirá verificar se a estrutura proposta pode ser aprovada ou não, ou seja, se a mesma cumpre a sua função na medida que oferece uma resistência mínima, com deformações não invasoras do espaço de proteção (Mialhe, 1996).

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Requisição de protótipo	Realizar teste de laboratório, de campo ou clínica com o protótipo e/ou componentes	Atualizar cronograma de teste de protótipo	MK, PP, PM, SU, QU, SE, DP, PV	Cronograma de protótipo	Cronograma de desenvolvimento	Cronograma de protótipo
		Preparar para o teste de laboratório	PP, QU, DP, SE	Laboratório de teste Normas técnicas	Plano de fabricação e de teste do protótipo Cronograma de protótipo	Plano de teste de laboratório
		Avaliar a compatibilidade da MA com o trator/implementos/acessórios no laboratório de teste	PP, QU, DP, SE	Avaliação de compatibilidade - laboratório	Especificações de projeto Plano de teste de laboratório	Avaliação de compatibilidade - laboratório
		Realizar teste de laboratório	PP, QU, DP, SE	Laboratório de teste Normas técnicas Protótipo Componentes	Plano de teste de laboratório Cronograma de protótipo	Relatório de teste de laboratório
		Acompanhar teste de laboratório (compatibilidade, funcionalidade, desempenho, durabilidade, segurança, ajustes, falhas/correções, etc.)	PP, QU, DP, SE	Dados experimentais e de laboratório	Especificações de projeto Metas de dependabilidade Metas de segurança	
		Elaborar e emitir relatório de teste de laboratório	DP	Relatório de teste de laboratório Avaliação de compatibilidade - laboratório	Plano de gerenciamento das comunicações	

Figura 5.76a – Realização de teste com o protótipo.

¹⁸² EPCC, também conhecida pela sigla em inglês “ROPS”, de *Roll Over Protection Structure*. Fonte: Mialhe (1996).

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
		Preparar para o teste de campo	PP, QU, DP, SE, PV	Local para realização do teste de campo Instrumentação de campo Normas técnicas	Plano de fabricação e de teste do protótipo Cronograma de protótipo	Plano de teste de campo
		Avaliar a compatibilidade da MA com o trator/implementos/acessórios no ambiente de teste	PP, QU, DP, SE	Avaliação de compatibilidade - campo	Especificações de projeto Plano de teste de laboratório	Avaliação de compatibilidade - campo
		Realizar teste de campo	PP, QU, DP, SE, PV	Instrumentação de campo Normas técnicas Protótipo	Plano de teste de campo Cronograma de protótipo	Relatório de teste de campo
		Acompanhar teste de campo (compatibilidade, funcionalidade, desempenho, durabilidade, segurança, ajustes, falhas/correções, etc.)	PP, QU, DP, SE, PV	Componentes Dados experimentais e de laboratório	Especificações de projeto Metas de dependabilidade Metas de segurança	
		Elaborar e emitir relatório de teste de campo	DP, PV	Relatório de teste de campo Avaliação de compatibilidade - campo	Plano de gerenciamento das comunicações	
		Preparar para a clínica	MK, PP, QU, PV	Local para a realização da clínica Normas técnicas Protótipo	Plano de fabricação e de teste do protótipo Cronograma de protótipo	Plano de clínica
		Realizar clínica	MK, PP, QU, PV		Plano de clínica Cronograma de protótipo	Relatório de clínica
		Acompanhar clínica	MK, PP, QU, PV		Requisitos dos clientes/usuários especificações de projeto	
		Elaborar e emitir relatório de clínica	MK, PP	Relatório de clínica	Plano de gerenciamento das comunicações	
		Anexar relatório de teste de laboratório, de campo e de clínica ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	Relatório de teste de campo Plano de clínica Relatório de clínica

Figura 5.76b – Realização de teste com o protótipo.

Os testes de campo com o protótipo da máquina e/ou componentes têm como propósito avaliar as especificações técnicas do projeto em termos de funcionalidade, confiabilidade e manutenibilidade, fornecendo informações para a consolidação do projeto do produto.

Também é realizado para comparar produtos similares e concorrentes, quantificar as diferenças de desempenho operacional em condições reais de trabalho e avaliar aspectos de facilidade de manutenção, resistência e durabilidade de seus componentes.

As clínicas com os mock-ups e protótipos são realizadas para obtenção de informações sobre as necessidades do mercado junto a clientes, usuários, concessionários, revendedores, distribuidores, fabricantes de máquinas agrícolas, instituições de pesquisa, entre outros.

Uma das análises realizadas durante os testes tem como objetivo verificar o atendimento do protótipo às metas de segurança (Figura 5.77).

Outra busca verificar o atendimento do protótipo às metas de dependabilidade e comparar os resultados com as máquinas disponíveis no mercado (Figura 5.78). Na ocorrência de falhas durante os testes deve-se iniciar as análises para determinar as possíveis causas e seus efeitos.

Da realização dos testes com o protótipo resulta um conjunto de relatórios, os quais são analisados para determinar a necessidade de alteração ou a construção de um novo, assim como, da realização de novos testes (Figura 5.79).

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Informações sobre segurança da MA Requisição de protótipo	Realizar análise de segurança do protótipo e/ou componentes da MA	Analisar protótipo da MA	SE	Análise de especialista	Política de segurança da MA	Relatório de segurança do protótipo
		Verificar o atendimento do protótipo às metas de segurança durante os testes de laboratório e de campo	SE	Observação Normas de segurança		
		Elaborar e emitir relatório de segurança do protótipo com ações corretivas caso necessário	SE	Relatório de segurança do protótipo	Plano de gerenciamento das comunicações	
		Anexar o relatório de segurança do protótipo ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.77 – Análise de segurança do protótipo.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Requisição de protótipo	Verificar status da confiabilidade e manutenibilidade do protótipo e/ou componentes	Verificar o atendimento do protótipo e/ou componentes às metas de dependabilidade durante os testes de laboratório e de campo	DP, PP	Análise de especialista	Metas de dependabilidade	Relatório de dependabilidade do protótipo
		Avaliar situação atual da confiabilidade e manutenibilidade das MA disponíveis no mercado em relação às metas de dependabilidade	DP, PP		1ª e 2ª avaliação das MA disponíveis no mercado	
		Realizar análise de falhas do protótipo e/ou componentes	DP, PP	FMEA Análise da árvore de falhas Análise de fatores humanos Análise de risco	Metas de dependabilidade	
		Elaborar e emitir relatório de dependabilidade do protótipo com ações corretivas caso necessário	DP, PP	Relatório de dependabilidade do protótipo	Plano de gerenciamento das comunicações	

Figura 5.78 – Status da confiabilidade e manutenibilidade do protótipo.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Relatório de montagem do protótipo Relatório de protótipo montado Avaliação de compatibilidade - laboratório Relatório de teste de laboratório Avaliação de compatibilidade - campo Relatório de teste de campo Relatório de clínica Relatório de segurança do protótipo Relatório de dependabilidade do protótipo	Analisar relatórios de protótipo	Analisar desempenho do protótipo e/ou componentes	PP, QU, DP	Análise de especialista	Metas de dependabilidade	Plano de ação corretiva do protótipo
		Avaliar não conformidades com o projeto da MA	PP, QU		Especificações de projeto	
		Verificar necessidade de novos testes e/ou clínicas	MK, PP, QU, DP		Requisitos dos clientes/usuários	
		Verificar necessidade de alteração ou construção de novo protótipo e/ou componentes	PP, QU		Requisição de protótipo Relatório de montagem do protótipo	
		Emitir parecer sobre a análise dos testes e/ou clínicas	PP, QU, DP	Análise de testes e/ou clínicas	Plano de gerenciamento das comunicações	
		Estabelecer plano de ação corretiva	PP, QU	Plano de ação corretiva do protótipo	Plano de gerenciamento da qualidade	
		Emitir plano de ação corretiva	PP, QU		Plano de gerenciamento das comunicações	
		Anexar o plano de ação corretiva ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.79 – Análise dos relatórios do protótipo.

Caso necessário, é elaborado um plano de ação corretiva do protótipo que é implementado na seqüência das atividades (Figura 5.80).

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínio	Mecanismos	Controles	Saídas
Plano de ação corretiva do protótipo	Implementar plano de ação corretiva do protótipo	Realizar correções no projeto da MA	PP	Desenhos dos componentes	Divergências de montagem do protótipo	Relatório de implementação das ações corretivas
		Realizar correções no protótipo da MA	PP, PM, SU, QU, PR	Laboratório de protótipos		
		Realizar novos testes e/ou clínicas	MK, PP, QU, DP, SE, PV	Teste de laboratório Teste de campo Clínica	Relatório de teste de laboratório Relatório de teste de campo Relatório de clínica	
		Elaborar e emitir relatório de implementação das ações corretivas	PP	Relatório de ações corretivas	Plano de gerenciamento das comunicações	
		Anexar relatório de implementação das ações corretivas no sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.80 – Implementação do plano de ação corretiva do protótipo.

Após todos os testes serem realizados, é elaborado e emitido o relatório de implementação das ações corretivas. Este, juntamente com o protótipo, é analisado pela diretoria e demais membros da equipe de desenvolvimento para verificar o atendimento às especificações de projeto e aprovação (Figura 5.81).

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínio	Mecanismos	Controles	Saídas
Relatório de implementação das ações corretivas Protótipo	Submeter protótipo da MA à aprovação	Analisar relatório de implementação das ações corretivas	GE, Todos	Reunião da equipe de desenvolvimento do produto	Especificações de projeto	Protótipo aprovado
		Verificar atendimento às especificações de projeto	GE, Todos			
		Aprovar o protótipo da MA	GE	Formulário de aprovação do protótipo	Plano estratégico de produtos	
		Obter assinaturas para o protótipo	GP			
		Anexar aprovação do protótipo ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.81 – Aprovação do protótipo.

Simultaneamente à construção/teste/aprovação do protótipo, as especificações dos componentes vão sendo completadas. Conforme a Figura 5.82, é definido o cronograma de liberação da documentação de engenharia para preparação da produção, isto é, desenhos de componentes, desenhos de montagem e estimativa de custo dos componentes, etc.

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Responsáveis pelo detalhamento dos componentes Desenhos dos componentes Desenhos do leiaute final	Completar as especificações dos componentes (detalhamentos, dimensionamentos, desenhos, etc.)	Definir cronograma de liberação da documentação de engenharia	GP, PP, PM	Análise de especialista	Cronograma de desenvolvimento	Cronograma de liberação da documentação
		Definir obsolescência dos componentes	MK, PP, PM, SU, QU, SE, DP, PV		Planejamento de marketing Estratégia de produto, mercado e tecnologia	Obsolescência dos componentes
		Finalizar a otimização detalhada da forma (revisão do estilo, aparência, segurança e ergonomia), materiais, superfícies, tolerâncias e ajustes dos componentes da MA (itens comprados e fabricados)	PP, PM	Diretrizes de durabilidade, deformação, segurança, ergonomia, estética, produção, montagem, controle da qualidade, transporte, padronização, manutenção, reciclagem	Especificações de projeto	Componentes otimizados
		Monitorar as normas e/ou critérios para homologação para os mercados pretendidos	MK, PP, QU, DP	Análise de especialista	Normas para homologação	Status do atendimento às normas para homologação
		Completar os desenhos detalhados dos componentes e desenhos de montagem (itens comprados e fabricados)	PP, SU	Desenho Catálogo de componentes Componentes padronizados Componentes existentes	Normas técnicas	Desenhos dos componentes Desenhos de montagem
		Refinar a estimativa de custo dos componentes	PP, SU, AF	Metodologia de estimativa de custo	Desenhos dos componentes Estimativa de custo preliminar dos componentes e/ou módulos	Estimativa de custo detalhado dos componentes
		Solicitar amostras dos componentes para certificação de conformidade (certificado de aprovação de amostra)	PP, SU, QU	Desenhos dos componentes	Plano de gerenciamento da qualidade	Solicitação de amostras dos componentes
		Anexar informações da atividade ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	Informações anexadas

Figura 5.82 – Completamento das especificações dos componentes.

À medida que os desenhos vão sendo liberados, amostras dos componentes podem ser requisitadas, para certificação de conformidade. Cada componente deverá ter um certificado de aprovação de amostra, declarando que o mesmo está conforme especificado no desenho.

Na seqüência, a estrutura do produto¹⁸³ é completada (Figura 5.83), as especificações técnicas da máquina fixadas (Figura 5.84), o plano de manufatura detalhado e os componentes certificados.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Estrutura preliminar do protótipo Desenhos dos componentes Desenhos de montagem	Refinar a estrutura do produto	Completar a lista de componentes (itens comprados e fabricados)	PP, SU	Estrutura do produto	Componentes otimizados	Estrutura do produto
		Emitir a estrutura do produto	PP	Estrutura do produto	Plano de gerenciamento das comunicações	
		Anexar a estrutura do produto ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.83 – Completamento da estrutura do produto.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Especificações técnicas Desenhos dos componentes Desenhos de montagem	Fixar as especificações técnicas da MA	Completar as especificações técnicas	PP	Especificações técnicas	Especificações de projeto	Especificações técnicas
		Aprovar as especificações técnicas	MK, PP, SU, QU		Plano de gerenciamento da qualidade	
		Emitir as especificações técnicas	PP		Plano de gerenciamento das comunicações	
		Anexar as especificações técnicas ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.84 – Fixação das especificações técnicas da máquina agrícola.

A quantidade de informações disponíveis nesta fase sobre o produto, permite o detalhamento do plano de manufatura (Figura 5.85). Esta atividade envolve a participação do pessoal da área de manufatura e

¹⁸³ Número do item + código do item + quantidade + nome do componente + material + origem (fabricado/comprado).

produção, devido às decisões a serem tomadas com relação ao arranjo físico da produção, locais de fabricação e montagem do novo produto, entre outras, e que de certo modo afetam as atividades produtivas atuais.

Também, a partir dos fatores de influência no plano de manufatura são definidas as especificações de maquinário e demais recursos necessários à fabricação dos componentes, incluindo o projeto do ferramental.

Outras atividades envolvem o planejamento das etapas da produção (roteiros de fabricação), a definição dos procedimentos de fabricação e montagem, e o detalhamento da estimativa de custo de manufatura. Consolidadas estas informações, faz-se a emissão do plano de manufatura.

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Requisitos preliminares de manufatura Fatores de influência no plano de manufatura	Detalhar o plano de manufatura da MA (projeto da manufatura)	Definir e detalhar o tipo de arranjo físico da produção (por processo, por células, por produto)	PM, PR	Análise do fluxo de produção	Capabilidade de manufatura interna	Plano de manufatura da MA
		Determinar locais de fabricação e montagem da MA	PM, PR	Projeto detalhado do arranjo físico da produção		
		Definir as especificações das máquinas-ferramenta, dispositivos e ferramentas necessárias à fabricação dos componentes	PM	Análise de especialista Catálogo de máquinas-ferramentas Catálogo de dispositivos e ferramentas	Requisitos preliminares de manufatura	
		Detalhar dispositivos e ferramentas necessárias à fabricação dos componentes	PM		Desenhos dos componentes Desenhos de montagem	
		Planejar os roteiros de fabricação (etapas de produção) e padrões de manufatura	PM, QU, PR	Diagramas de processo de operações (folhas de roteiro)	Plano de gerenciamento da qualidade	
		Definir os procedimentos de fabricação e montagem	PM, QU, PR	Análise de especialista		
		Refinar a estimativa de custo de manufatura	PM, AF	Metodologia de estimativa de custo	Custo preliminar de manufatura do protótipo	
		Emitir o plano de manufatura da MA	PM	Plano de manufatura da MA	Plano de gerenciamento das comunicações	
		Anexar o plano de manufatura ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.85 – Detalhamento do plano de manufatura.

Simultaneamente à elaboração do plano de manufatura as amostras dos componentes, à medida que vão sendo produzidas, são submetidas à certificação de conformidade (Figura 5.86), com o propósito de aprovação das mesmas para a produção piloto a ser realizada na próxima fase.

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Amostras dos componentes	Iniciar certificação dos componentes fabricados e comprados	Identificar as amostras dos componentes	PP	Etiqueta de identificação de componente	Solicitação de amostras dos componentes Estrutura do produto	Amostras identificadas
		Solicitar inspeção	PP	Certificados de aprovação de amostra (CAA)	Desenhos dos componentes Normas técnicas Amostras identificadas	Solicitação de inspeção de amostra
		Realizar inspeções nos componentes recebidos	QU, DP	Metrologia Certificados de aprovação de amostra (CAA)	Solicitação de inspeção de amostra Plano de gerenciamento da qualidade	Certificados de aprovação de amostras (CAA)
		Emitir certificados de aprovação de amostras (CAA)	QU		Plano de gerenciamento das comunicações	
Anexar os certificados de aprovação de amostras ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade			

Figura 5.86 – Certificação dos componentes fabricados e comprados.

A partir das especificações técnicas da máquina, é iniciada a elaboração dos procedimentos de assistência técnica da máquina (Figura 5.87). Da atividade resultam os procedimentos de segurança, de assistência técnica e o esquema das publicações (manual de instruções, catálogo de peças e manual de assistência técnica). A elaboração desta documentação envolve pessoal de diversas áreas, incluindo marketing, dependabilidade, qualidade, segurança e pós-vendas. Todavia, alguns cuidados são recomendados durante a elaboração das publicações de forma a garantir que sejam escritas claramente, bem ilustradas e que forneçam recomendações adequadas para a operação e manutenção da máquina.

De acordo com Buckingham (1985), os responsáveis pela elaboração das publicações devem ter acesso ao protótipo durante o desenvolvimento do projeto, redigindo primeiramente o manual de instruções (ou manual do operador) e a seguir o manual de assistência técnica, retornando quando necessário ao primeiro para atualizações. Algumas recomendações básicas para a elaboração do manual de instruções e do manual de assistência técnica são dadas por Clarke (1971). Segundo o autor, o manual de instruções tem a função de

informar o usuário sobre o uso apropriado do produto, e os cuidados que devem ser tomados. Pode também transmitir mensagem da área de vendas enfatizando a aceitabilidade do produto e as instruções sobre manutenção e reparos devem ser tão simples quanto possível. O texto deve ser legível, as ilustrações simplificadas e sobretudo informativas.

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Planejamento de marketing Especificações técnicas Desenhos dos componentes Desenhos de montagem	Iniciar a elaboração dos procedimentos de assistência técnica da MA	Definir os equipamentos e ferramentas necessárias para a assistência técnica da MA	MK, DP, QU, PV	Análise de especialista	Plano de gerenciamento da qualidade Informações sobre segurança da MA Relatório de dependabilidade do protótipo Relatório de segurança do protótipo	Procedimentos de segurança Procedimentos de assistência técnica Esquema das publicações de assistência técnica
		Elaborar os procedimentos de segurança no transporte, operação e manutenção da MA	DP, SE			
		Elaborar os procedimentos de manutenção	DP, QU			
		Desenvolver esquema das publicações de assistência técnica	DP, QU, SE	Manual de instruções Catálogo de peças Manual de assistência técnica		
		Anexar os procedimentos de assistência técnica ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto		

Figura 5.87 – Elaboração dos procedimentos de assistência técnica.

As tarefas necessárias a elaboração do manual de instruções estão descritas na Figura 5.88. Segundo a Norma EN 292-2¹⁸⁴, citada por Márquez (1997), o conteúdo de um manual de instruções deve indicar:

- ◆ Informações relativas ao transporte, manutenção e armazenamento – condições, dimensões, pontos de engate, etc.
- ◆ Informações relativas à colocação da máquina agrícola em operação – fixação e ancoragem, instruções de acoplamento à fonte de energia, medidas de segurança do usuário, etc.
- ◆ Informações relativas à própria máquina – descrição da máquina e cuidados, condições e contra-indicações de emprego, advertências de segurança, dados relativos a ruídos e vibrações, etc.
- ◆ Informações relativas à utilização da máquina – função dos órgãos de acionamento, para regulagem e ajustes, forma de parada, perigos em determinadas aplicações, forma de utilização proibida, identificação e localização de avarias para manutenção, equipamento de proteção individual nos casos necessários,

¹⁸⁴ EN 292-2 1991. – *Seguridad en las máquinas. Conceptos básicos, principios generales para el diseño. Parte 2: Principios y especificaciones técnicas.*

treinamento ou formação necessária para o manejo da máquina agrícola.

- ◆ Informações relativas à manutenção – natureza e periodicidade, conhecimentos técnicos, reparos que podem ser feitos pelo usuário ou por um especialista, desenhos e esquemas que permitam realizar a manutenção, etc.
- ◆ Informações relativas ao descarte da máquina e a situações de emergência.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Procedimentos de segurança Procedimentos de assistência técnica Esquema das publicações de assistência técnica Especificações técnicas Desenhos dos componentes Desenhos de montagem	Iniciar elaboração do manual de instruções da MA	Redigir informações relativas ao transporte, manutenção e armazenamento da MA Redigir informações relativas à colocação da MA em serviço Redigir informações relativas à própria MA Redigir informações relativas à utilização da MA Redigir informações relativas à manutenção Redigir informação relativa ao descarte da MA Redigir informação relativas à situações de emergência Anexar o manual de instruções ao sistema de documentação do projeto	DP, QU, SE DP, QU, SE DP, QU, SE DP, QU, SE DP, QU, SE DP, QU, SE DP, QU, SE GP	Manual de instruções Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento da qualidade Informações sobre segurança da MA Relatório de dependabilidade do protótipo Relatório de segurança do protótipo Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	Manual de instruções

Figura 5.88 – Elaboração do manual de instruções.

O manual de assistência técnica (ou de serviço) é elaborado para o profissional responsável pela manutenção e reparo do produto, e tem o objetivo de transmitir uma mensagem que ajudará a garantir a performance, confiabilidade e segurança do produto. O manual de assistência técnica (Figura 5.89) apresenta um maior detalhamento do que o manual de instruções, e deve conter, segundo Clarke (1971), pelo menos:

- ◆ Informações sobre o produto – descrição geral sobre o funcionamento, observações de segurança, tabelas de características técnicas, tabelas de montagens, lista de componentes sobressalentes, lista de ferramentas especiais e acessórios, etc.
- ◆ Informações sobre a instalação – observações de segurança, desembalamento, checagem de danos, requisitos de força (energia), instruções de instalação, leiaute de instalação, checagem de pré-instalação, inspeção e ajustes, procedimentos de montagem, bancada de teste, precauções de segurança, checagem operacional, instruções de colocação em funcionamento e parada, procedimento para retorno à fábrica, etc.

- ◆ Informações sobre a operação – observações de segurança, procedimentos de rotina e de emergência, tabelas de comandos, indicadores, ajustes, fusíveis, protetores de circuitos, localização de falhas, manutenção preventiva, etc.
- ◆ Informações sobre os princípios de operação – diagrama de blocos, descrição detalhada do funcionamento, etc.
- ◆ Informações sobre a manutenção – observações de segurança, equipamento de teste requerido, padrões de regulagens e ajustes do produto, localização de riscos potenciais (perigo), checagem de inspeção, lista de pontos de teste, desmontagem e montagem, etc.
- ◆ Informações sobre os componentes – lista de componentes, desenhos de montagem e submontagens com vista explodida. Estas informações podem fazer parte de um volume separado, p. ex. catálogo de peças.
- ◆ Outras informações – diagramas esquemáticos, índices, glossários, revisões, etc.

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Procedimentos de segurança Procedimentos de assistência técnica Esquema das publicações de assistência técnica Especificações técnicas Desenhos dos componentes Desenhos de montagem	Iniciar elaboração do manual de assistência técnica e do catálogo de peças	Redigir informações para a assistência técnica da MA Anexar o manual de assistência técnica e o catálogo de peças ao sistema de documentação do projeto	DP, QU, SE GP	Catálogo de peças Manual de assistência técnica Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento da qualidade Informações sobre segurança da MA Relatório de dependabilidade do protótipo Relatório de segurança do protótipo Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	Catálogo de peças Manual de assistência técnica

Figura 5.89 – Elaboração do manual de assistência técnica e do catálogo de peças.

A elaboração do projeto do produto e do plano de manufatura é concluída à medida que a revisão da documentação gerada (Figura 5.90) vai sendo realizada. Assim, esta é uma atividade que pode avançar para as próximas fases do processo.

A revisão da documentação inclui a aprovação dos desenhos dos componentes e dos desenhos do ferramental pelos engenheiros responsáveis, considerando os certificados de aprovação de amostras. A cada componente aprovado, o mesmo passa a ser gerenciado pelo controle das mudanças do projeto.

A partir do projeto do produto e do plano de manufatura é preparada a solicitação de investimento. O objetivo é, primeiramente, emitir os relatórios atualizados do custo da máquina agrícola, do custo do ferramental, do custo de lançamento e propaganda e do custo de desenvolvimento do produto, bem como, revisar detalhadamente o preço de venda da máquina em relação ao custo meta estabelecido (Figura 5.91a).

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Desenhos dos componentes Desenhos de montagem Especificações técnicas Plano de manufatura da MA Certificados de aprovação de amostras (CAA)	Revisar a documentação da MA (projeto do produto e plano de manufatura)	Revisar desenhos e documentos relativos ao projeto do produto	PP	Análise de especialista	Estrutura do produto Plano de gerenciamento da qualidade	Documentação da MA
		Revisar desenhos e documentos relativos ao plano de manufatura	PM			
		Revisar a estrutura do produto	PP, PM	Análise de especialista		
		Emitir a documentação da MA	PP	Documentação da MA	Plano de gerenciamento das comunicações	
		Anexar a documentação da MA ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.90 – Revisão do projeto do produto e do plano de manufatura.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Documentação da MA Análise de fluxo de caixa do projeto da MA Viabilidade	Preparar a solicitação de investimento da MA	Verificar custo da MA e emitir relatório	AF, PP	Análise de especialista Relatório de custo da MA	Custo meta da MA Plano de gerenciamento das comunicações	Relatório de custo da MA
		Verificar custo de ferramental para produção e emitir relatório	AF, PM	Análise de especialista Relatório de custo de ferramental	Plano de manufatura da MA Plano de gerenciamento das comunicações	Relatório de custo de ferramental
		Verificar custo de lançamento e propaganda e emitir relatório	AF, MK	Análise de especialista Relatório de custo de lançamento e propaganda	Orçamento preliminar de lançamento e propaganda Plano de gerenciamento das comunicações	Relatório de custo de lançamento e propaganda
		Verificar custo de desenvolvimento da MA e emitir relatório	AF, GP	Análise de especialista Relatório de custo de desenvolvimento	Orçamento de desenvolvimento da MA Plano de gerenciamento das comunicações	Relatório de custo de desenvolvimento da MA
		Refinar estimativa de preço de venda da MA	AF, MK	Análise de especialista	Custo meta da MA Preço de venda preliminar	Preço de venda detalhado

Figura 5.91a – Preparação da solicitação de investimento.

Num segundo momento, é atualizado o fluxo de caixa do projeto e elaborada a solicitação de investimento para a produção da máquina agrícola (Figura 5.91b).

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
		Atualizar análise de fluxo de caixa do projeto da MA	GP, AF	Fluxo de caixa Curva S	Orçamento de desenvolvimento da MA Recursos financeiros	Análise de fluxo de caixa do projeto da MA
		Elaborar a solicitação de investimento da MA	GP, AF	Solicitação de investimento da MA (SIMA)	Relatório de custo da MA Relatório de custo de ferramental Relatório de custo de lançamento e propaganda Relatório de custo de desenvolvimento da MA Preço de venda detalhado	Solicitação de investimento da MA (SIMA)
		Emitir a solicitação de investimento da MA	GP		Plano de gerenciamento das comunicações	
		Anexar os relatórios de custo, análise de fluxo de caixa do projeto da MA, solicitação de investimentos ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.91b – Preparação da solicitação de investimento.

Antes de submeter a solicitação de investimento à aprovação da diretoria, é avaliada em reunião da equipe de gerenciamento do projeto com a equipe de desenvolvimento do produto (Figura 5.92).

Nesta reunião realiza-se uma análise crítica do atendimento da solicitação de investimento ao plano estratégico de negócio da empresa, ou seja, verifica-se se o montante do investimento encontra-se dentro do orçado no plano do projeto da máquina.

No caso em que a solicitação de investimento esteja muita além dos valores planejados, analisam-se detalhadamente todos os relatórios de custo para verificar os pontos que determinaram o valor excedente. O mesmo acontece com a formação do preço de venda, que é comparado ao custo meta da máquina agrícola. Se for necessário, a reunião pode ser dividida em várias partes.

A partir da consideração de todas essas informações, passa-se à revisão da solicitação de investimento. Seja qual for a conclusão obtida, a equipe de gerenciamento do projeto deve elaborar e emitir um parecer justificando a solicitação de investimento, que a acompanha durante a aprovação na diretoria da organização.

Da mesma forma que na fase anterior, as melhores práticas relacionadas à realização das tarefas da fase são registradas como lições aprendidas.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Solicitação de investimento da MA (SIMA)	Avaliar a solicitação de investimento	Verificar se a solicitação de investimento da MA atende ao plano estratégico de negócio	GP, Todos	Análise de especialista	Plano estratégico de negócio	Avaliação da solicitação de investimento da MA
Relatório de custo da MA		Analisar os relatórios de custo da MA, de ferramental, de lançamento e propaganda e de desenvolvimento da MA	GP, Todos		Orçamento de desenvolvimento da MA	
Relatório de custo de ferramental		Comparar o preço de venda detalhado com o custo meta da MA	GP, Todos		Custo meta da MA	
Relatório de custo de lançamento e propaganda		Revisar a solicitação de investimento da MA	GP, Todos		Preço de venda preliminar	
Relatório de custo de desenvolvimento da MA		Emitir parecer sobre a solicitação de investimento	GP, Todos	Orçamento de desenvolvimento da MA		
Preço de venda detalhado		Anexar a avaliação da solicitação de investimento da MA ao sistema de documentação do projeto	GP	Avaliação da solicitação de investimento da MA	Plano de gerenciamento das comunicações	
				Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.92 – Avaliação da solicitação de investimento.

Para encerrar as atividades da fase de projeto detalhado, a solicitação de investimento é submetida à aprovação (Figura 5.93), sendo este o critério que autoriza o progresso para a fase seguinte.

Depois de aprovada, os recursos financeiros para preparação da produção e lançamento são liberados e é implementado o rastreamento de custo e capital.

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Solicitação de investimento da MA (SIMA) Avaliação da solicitação de investimento da MA	Submeter a solicitação de investimento da MA à aprovação	Aprovar a solicitação de investimento da MA	GE	Formulário de aprovação da solicitação de investimento da MA	Plano estratégico de produtos	Solicitação de investimento da MA (SIMA) aprovada
		Obter assinaturas para a solicitação de investimento da MA	GP			
		Liberar investimento da MA	GE	Solicitação de investimento da MA (SIMA)	Orçamento de desenvolvimento da MA	Recursos financeiros
		Implementar rastreamento de custo e capital	GP	Análise de especialista	Recursos financeiros	Rastreamento de custo e capital
		Anexar a SIMA aprovada ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	Solicitação de investimento da MA (SIMA) aprovada

Figura 5.93 – Aprovação da solicitação de investimeto.

Caso a solicitação de investimento não seja aprovada, a diretoria deve tomar as devidas decisões, seja para revisão do projeto do produto e do plano de manufatura ou arquivamento temporário ou definitivo do projeto.

Como descrito nas fases anteriores, durante a realização das atividades a equipe de gerenciamento de projeto deve manter um monitoramento permanente do progresso do projeto, mantendo os envolvidos atualizados com relação aos desvios de custo e cronograma (relatório de progresso do projeto).

Do mesmo modo, na medida em que o plano do projeto vai sendo realizado, o mesmo passa por um processo de atualização.

De acordo com o propósito da fase, a aprovação da solicitação de investimento é o critério que autoriza o progresso para a fase seguinte, preparação da produção. As saídas principais da fase são descritas na Figura 5.94.

Saídas
Solicitação de investimento da MA (SIMA)
Recursos financeiros
Documentação da MA
Ficha de aprovação de passagem de fase
Plano do projeto atualizado
Sistema de documentação do projeto

Figura 5.94 – Saídas da fase de projeto detalhado.

5.6. PREPARAÇÃO DA PRODUÇÃO

Esta fase destina-se à preparação da produção do lote piloto da máquina agrícola e à implementação do planejamento de marketing. As atividades da fase são conduzidas de acordo com o fluxograma da Figura 4.15, apresentado na página 124. Como nas fases anteriores, é comunicado o início das atividades aos envolvidos e, na primeira reunião a equipe de desenvolvimento é orientada a respeito das atualizações do plano do projeto e, principalmente em relação aos pontos críticos da fase de preparação da produção. Também é definido o capital necessário para realizar as atividades, de acordo com o previsto no orçamento de desenvolvimento do projeto.

Após a orientação da equipe, diversas atividades são realizadas simultaneamente à implementação do planejamento de marketing (Figura 5.95), com o objetivo de preparar a produção para a realização do teste de montagem da máquina agrícola, dentre elas, a elaboração da documentação de montagem da máquina, a implementação do plano de manufatura e o desenvolvimento do plano de produção.

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Planejamento de marketing	Implementar o planejamento de marketing	Revisar prazos (lote piloto, lote inicial, lançamento)	MK, PP, PM, SU, QU, PR	Análise de especialista	Cronograma de desenvolvimento	Cronograma de lote piloto, lote inicial e lançamento
		Confirmar plano para período de transição do estoque de campo	MK, QU, DP		Estratégia de assistência técnica	Plano para peças de reposição
		Implementar plano para peças de reposição	MK, QU, DP			
		Confirmar preço de venda da MA	MK, AF	Análise interna Análise de mercado	Preço MA disponíveis no mercado Preço de venda detalhado	Preço de venda da MA
		Confirmar volume de vendas	MK		Volume de vendas planejado	Volume de vendas
		Atualizar o custo de lançamento e propaganda	MK, AF	Metodologia de estimativa de custo	Orçamento preliminar de lançamento e propaganda	Custo de lançamento e propaganda
		Anexar informações da atividade ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.95 – Implementação do planejamento de marketing.

Para orientar a montagem da máquina na linha de produção alguns documentos devem ser elaborados baseando-se na estrutura do produto (Figura 5.96), incluindo por exemplo:

- ◆ Quadro de Montagem Base (QMB) – montagem básica referente ao modelo standard, sem itens alternativos e/ou adicionais.
- ◆ Quadro de Montagem de Variáveis (QMV) – referente à montagem de itens alternativos ao modelo standard.
- ◆ Quadro de Montagem de Acessórios (QMA) – referente à montagem de itens adicionais ao modelo standard.
- ◆ Quadro de Especificações Técnicas (QET) – são os diagramas, circuitos, leiautes, etc., dos diversos sistemas montados sobre o modelo standard.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Desenhos dos componentes Desenhos de montagem	Elaborar a documentação de montagem da MA	Elaborar o quadro de montagem base (QMB); quadro de montagem de variáveis (QMV); quadro de montagem de acessórios (QMA) e quadro de especificações técnicas (QET)	PP, PM, QU	QMB QMV QMA QET	Estrutura do produto Especificações técnicas	QMB QMV QMA QET
		Anexar documentação de montagem ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.96 – Elaboração da documentação de montagem da máquina.

A implementação do plano de manufatura (Figura 5.97) depende da liberação para construção de ferramental. Nos casos em que o prazo para a construção do ferramental comprometer o cronograma de lançamento da máquina no mercado, a liberação poderá ocorrer ainda na fase anterior (projeto detalhado), mesmo que a solicitação de investimento não esteja aprovada e desde que a diretoria se comprometa com esta decisão.

Em função disso, muita atenção deve ser dada ao cronograma de implementação do plano de manufatura, uma vez que esta atividade envolve muitos intervenientes, dentro e fora da organização, e deve estar sincronizado ao cronograma de produção do lote piloto.

As tarefas decorrentes da atividade envolvem tipicamente a compra, o recebimento, a instalação e teste, a preparação das máquinas-ferramenta e demais dispositivos e ferramentas necessários à implementação da linha de produção e montagem do lote piloto.

Normalmente esta atividade envolve muitas mudanças no chão de fábrica, o que exige uma boa cooperação e integração do pessoal das áreas de projeto do produto, manufatura, qualidade, suprimento e produção, sem comprometer a operação atual da organização.

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Plano de manufatura da MA	Implementar o plano de manufatura da MA	Emitir liberação para construção de ferramental	GP, PP, PM, SU	Liberação para construção de ferramental	Solicitação de investimento da MA (SIMA)	Liberação para construção de ferramental
		Comprar, receber, instalar, testar e preparar máquinas-ferramenta, dispositivos e ferramentas para a implementação da linha de produção/montagem do lote piloto	PP, PM, SU, QU, PR	Análise de especialista	Plano de manufatura da MA	Plano de manufatura implementado
		Anexar informações da atividade ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	Liberação para construção de ferramental Plano de manufatura implementado

Figura 5.97 – Implementação do plano de manufatura.

O desenvolvimento do plano de produção envolve basicamente o estabelecimento do cronograma de produção do lote piloto (que depende da implementação do plano de manufatura) e a definição da quantidade de máquinas a serem produzidas (Figura 5.98). A partir da implementação do plano de manufatura e do desenvolvimento do plano de produção, pode-se programar a produção do lote piloto para teste de montagem, atividade que envolve fundamentalmente as áreas de produção e suprimentos.

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Documentação da MA	Desenvolver plano de produção do lote piloto	Estabelecer o cronograma de produção do lote piloto	MK, PP, PM, SU, QU, PR	Cronograma de lote piloto, lote inicial e lançamento	Cronograma de desenvolvimento	Plano de produção do lote piloto
		Definir a quantidades de MA a serem produzidas	MK, PP, QU	Análise de especialista	Planejamento de marketing	
		Emitir o plano de produção do lote piloto	PR	Plano de produção	Plano de gerenciamento das comunicações	
		Anexar o plano de produção do lote piloto ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.98 – Desenvolvimento do plano de produção do lote piloto.

À medida que a programação da produção do lote piloto é implementada, faz-se a emissão do pedido de componentes (Figura 5.99). Durante a atividade, o pessoal da área de produção e suprimentos deve controlar os prazos de recebimento dos componentes e os certificados de aprovação de amostras, considerando que pode ocorrer a existência de componentes ainda não certificados. Nesta situação, o pessoal de projeto do

produto, manufatura, qualidade e suprimentos, deve fazer o acompanhamento destes componentes, avaliando se, mesmo com certificado de aprovação de amostras reprovado, poderão ser montados. No caso de consenso sobre a montagem, um relatório deverá ser emitido descrevendo as ações corretivas necessárias à aprovação definitiva dos componentes.

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Programação da produção do lote piloto	Providenciar componentes para produção do lote piloto	Emitir pedido de componentes para produção do lote piloto	PR, SU	Pedido de componentes	Estrutura do produto Plano de gerenciamento de suprimentos	Pedido de componentes
		Verificar os prazos de fornecimento dos componentes	PR, SU	Reunião com fornecedores	Plano de produção do lote piloto	Plano de produção do lote piloto
		Atualizar o custo dos componentes	PP, SU, AF	Metodologia custo meta	Desenhos dos componentes Estrutura do produto Estimativa de custo detalhado dos componentes	Custo dos componentes
		Continuar certificação dos componentes fabricados e comprados	QU, PP, SU	Metrologia Certificado de aprovação de amostra (CAA)	Estrutura do produto Plano de gerenciamento da qualidade	Certificados de aprovação de amostras (CAA)
		Avaliar se componentes com CAA reprovadas poderão ser montados	QU, PP, PM, SU	Avaliação das CAA reprovadas	Certificados de aprovação de amostras (CAA)	Avaliação das CAA reprovadas
		Obter consenso sobre montagem de componentes com CAA reprovadas	QU, PP, PM, SU			
		Emitir relatório de montagem de componentes com CAA reprovadas	QU, PP	Relatório de montagem de componentes com CAA reprovadas	Plano de gerenciamento das comunicações	Relatório de montagem de componentes com CAA reprovadas
		Executar ações corretivas para os componentes com CAA reprovadas	QU	Ações corretivas	Plano de gerenciamento da qualidade Controle das mudanças do projeto	Ações corretivas
Anexar informações da atividade ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade			

Figura 5.99 – Pedido de componentes para produção do lote piloto.

Durante a produção do lote piloto (Figura 5.100), os procedimentos de montagem são testados para verificação de não conformidades no processo e no produto, e também para treinar o pessoal responsável pela montagem.

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Programação da produção do lote piloto	Iniciar produção do lote piloto	Testar o processo de montagem	Todos	Reunião da equipe de desenvolvimento do produto	Plano de manufatura da MA Plano de gerenciamento da qualidade	Teste de montagem
		Verificar não conformidades do processo	PM, QU, PR	Análise de especialista Inspeção		
		Verificar a capacidade do processo	PM, QU, PR	Gráficos de controle Gráfico de Pareto	Capacidade de manufatura interna	
		Conduzir inspeções da montagem dos componentes no lote piloto	PP, QU, PR	Fluxogramas Análise de tendências	QMB, QMV, QMA, QET	
		Treinar pessoal da montagem	PM, PR, QU	Métodos de montagem	Plano de treinamento	
		Identificar as MA do lote piloto	PR	Código de identificação de lote piloto	Sistema de codificação de montagem	MA do lote piloto identificadas
		Concluir produção do lote piloto	PP, PM, QU, PR		Plano de produção do lote piloto	Lote piloto
		Realizar ajustes finais no projeto da MA e da manufatura	PP, PM	Documentação da MA	Controle das mudanças do projeto	Documentação da MA
		Verificar compatibilidade dos componentes e quantidades especificadas nos desenhos	QU	Análise de especialista	Documentação da MA	Relatório de teste de montagem
		Elaborar relatório de teste de montagem	PM, QU, PR	Relatório de testes de montagem	Plano de manufatura da MA	
		Emitir relatório de teste de montagem	PM		Plano de gerenciamento das comunicações	
		Anexar relatório de teste de montagem ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.100 – Produção do lote piloto – teste de montagem.

As máquinas produzidas no lote piloto passam por um processo de avaliação (Figura 5.101), e envolve a verificação de não conformidades em relação aos padrões estabelecidos no projeto. É verificado também, a necessidade de realização de novos testes com produtos do lote piloto, bem como, a produção de um

segundo lote de máquinas (antes da produção inicial que ocorre na próxima fase), para confirmar a implementação das ações corretivas.

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Lote piloto	Avaliar lote piloto	Analisar as MA produzidas	Todos	Reunião da equipe de desenvolvimento do produto	Plano de produção do lote piloto	Avaliação do lote piloto da MA Ações corretivas
		Revisar a estrutura do produto e a MA montada	PP, SU, QU, PR	Análise de especialista	Estrutura do produto	
		Verificar não conformidades quanto aos padrões especificados nos desenhos	PP, SU, QU		Documentação da MA Plano de gerenciamento da qualidade	
		Verificar necessidade de realização de novos testes, clínicos, teste de homologação e/ou ensaios de certificação de conformidade com os produtos do lote piloto (tipos de teste, cronograma, requisição de teste)	MK, PP, DP, QU	Reunião da equipe de desenvolvimento do produto	Plano de gerenciamento da qualidade Planejamento de marketing Metas de dependabilidade Normas de segurança Status do atendimento às normas para homologação Cronograma de desenvolvimento	
		Verificar necessidade de produção de novo lote piloto	Todos		Planejamento de marketing	
		Estabelecer ações corretivas das não conformidades ocorridas durante teste de montagem	PP, SU, QU, PR	Ações corretivas	Relatório de teste de montagem	
		Emitir parecer sobre lote piloto	PP, QU	Avaliação do lote piloto	Plano de gerenciamento das comunicações	
		Anexar avaliação do lote piloto e ações corretivas ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.101 – Avaliação do lote piloto.

Assim, caso necessário, novos testes de laboratório, de campo ou clínicos com produtos do lote piloto são realizados (Figura 5.102).

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Avaliação do lote piloto da MA Lote piloto	Realizar teste de laboratório, de campo ou clínica com produtos do lote piloto	Atualizar cronograma de teste	MK, PP, PM, SU, QU, SE, DP, PV	Cronograma de lote piloto, lote inicial e lançamento	Plano de teste de laboratório Plano de teste de campo	Relatório de teste de laboratório Relatório de teste de campo
		Preparar para os testes	PP, QU, DP, SE	Laboratório de teste Campo de teste Normas técnicas Dados experimentais e de laboratório Instrumentação de campo	Plano de clínica Cronograma de desenvolvimento	Relatório de clínica
		Avaliar a compatibilidade da MA com o trator/implementos/acessórios no laboratório/ambiente de teste	PP, QU, DP, SE	Avaliação de compatibilidade - laboratório Avaliação de compatibilidade - campo		
		Realizar os testes	PP, QU, DP, SE	Laboratório de teste Campo de teste Normas técnicas Dados experimentais e de laboratório Instrumentação de campo		
		Acompanhar os testes	PP, QU, DP, SE			
		Elaborar e emitir relatório de testes	DP	Relatório de teste de laboratório Relatório de teste de campo Relatório de clínica	Plano de gerenciamento das comunicações	
		Anexar relatório de teste de laboratório, de campo e de clínica ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.102 – Realização de teste de laboratório, de campo ou clínica com produtos do lote piloto.

Durante a realização dos testes, os produtos do lote piloto são avaliados quanto ao atendimento das metas de dependabilidade (Figura 5.103). Deve ser observado o status do aumento da confiabilidade e realizado a revisão final de manutenibilidade. As análises de falhas de componentes devem ser concluídas ainda nesta fase, bem como a implementação das ações corretivas no projeto.

Finalizando a atividade, é emitido o relatório de dependabilidade do lote piloto.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Lote piloto Relatório de dependabilidade do protótipo	Verificar status da confiabilidade e manutenibilidade dos produtos do lote piloto	Verificar o atendimento dos produtos do lote piloto às metas de dependabilidade durante os testes	DP, PP	Análise de especialista	Metas de dependabilidade	Relatório de dependabilidade do lote piloto
		Avaliar status do aumento da confiabilidade	DP, PP	Status da confiabilidade		
		Conduzir revisão final de manutenibilidade sobre os produtos do lote piloto	DP	Análise de especialista		
		Concluir análise de falhas do protótipo e/ou componentes	DP, PP	FMEA Análise da árvore de falhas Análise de fatores humanos Análise de risco		
		Elaborar e emitir relatório de dependabilidade do lote piloto com ações corretivas caso necessário	DP, PP	Relatório de dependabilidade do lote piloto	Plano de gerenciamento das comunicações	
Anexar o relatório de dependabilidade do protótipo ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade			

Figura 5.103 – Status da confiabilidade e manutenibilidade dos produtos do lote piloto.

Simultaneamente, é realizada a análise de segurança sobre os produtos do lote piloto, com o objetivo de verificar o atendimento às metas estabelecidas (Figura 5.104).

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Relatório de segurança do protótipo	Realizar análise de segurança sobre os produtos do lote piloto	Analisar os produtos do lote piloto	SE	Análise de especialista	Política de segurança da MA	Relatório de segurança do lote piloto
		Verificar o atendimento das MA do lote piloto às metas de segurança	SE	Análise de especialista		
		Elaborar e emitir relatório de segurança do lote piloto com ações corretivas caso necessário	SE	Relatório de segurança do lote piloto	Plano de gerenciamento das comunicações	
		Anexar o relatório de segurança do lote piloto ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.104 – Análise de segurança sobre os produtos do lote piloto.

Os problemas verificados durante o teste de montagem devem ser tratados através de um plano de ações corretivas, elaborado sobre um cronograma de implementação que atenda aos objetivos do cronograma de desenvolvimento (Figura 5.105).

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Avaliação do lote piloto da MA Ações corretivas Relatório de segurança do lote piloto	Implementar ações corretivas das não conformidades ocorridas durante teste de montagem	Definir o cronograma de implementação das ações corretivas	PP, PM	Cronograma de lote piloto, lote inicial e lançamento	Cronograma de desenvolvimento	Relatório de implementação das ações corretivas
		Implementar ações corretivas	PP, PM	Documentação da MA	Plano de gerenciamento da qualidade	
		Emitir relatório de implementação das ações corretivas	PP, PM	Relatório de implementação das ações corretivas	Plano de gerenciamento das comunicações	
		Anexar relatório de implementação das ações corretivas ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.105 – Implementação de ações corretivas.

A análise do relatório de implementação das ações corretivas e o conseqüente atendimento às especificações de projeto levam a diretoria a aprovar o lote piloto e o teste de montagem (Figura 5.106).

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Relatório de implementação das ações corretivas Avaliação do lote piloto da MA	Aprovar lote piloto e teste de montagem	Analisar relatório de implementação das ações corretivas	Todos	Reunião da equipe de desenvolvimento do produto	Especificações de projeto Status do atendimento às normas para homologação	Lote piloto aprovado
		Verificar atendimento às especificações de projeto	Todos			
		Aprovar a execução de teste de homologação e/ou ensaio de certificação de conformidade em instituto oficial	Todos			
		Aprovar o lote piloto e o teste de montagem	GE	Formulário de aprovação do lote piloto	Plano de gerenciamento das comunicações	
		Anexar a aprovação do lote piloto ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.106 – Aprovação do lote piloto e do teste de montagem.

Quando testes de homologação¹⁸⁵ e/ou ensaios de certificação¹⁸⁶ de conformidade são requeridos, produtos do lote piloto são enviados a centros de ensaios¹⁸⁷, para atender a este fim (Figura 5.107). O plano de manufatura é concluído e o custo correspondente atualizado (Figura 5.108).

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Lote piloto aprovado	Executar teste de homologação e/ou ensaio de certificação de conformidade com produtos do lote piloto	Enviar produto para homologação - acompanhar homologação	MK, PP, DP, QU, SE	Institutos de homologação	Normas para homologação	MA homologada
		Anexar homologação da MA ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	Homologação da MA

Figura 5.107 – Homologação e/ou ensaio de certificação de conformidade com produtos do lote piloto.

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Plano de manufatura da MA Liberação para construção de ferramental	Concluir plano de manufatura	Revisar os procedimentos de fabricação e montagem	PM, PR, QU	Análise de especialista	Plano de gerenciamento da qualidade	Plano de manufatura revisado
		Completar ferramental de auxílio à produção (gabaritos, dispositivos de fixação, placas, ferramentas, paquímetros, micrômetros, etc.)	PM, PR, QU		Plano de manufatura implementado	
		Atualizar o custo de manufatura (ferramental, lote piloto, início de produção)	PP, PM, AF	Metodologia de estimativa de custo	Estrutura do produto Relatório de teste de montagem Plano de manufatura implementado	
		Realizar ajustes na programação da produção	PR, SU	Sistema de programação da produção	Estrutura do produto	
		Anexar informações da atividade ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.108 – Conclusão do plano de manufatura.

¹⁸⁵ “Ato de verificar se um determinado produto, antes de ser colocado à venda ou antes de ser autorizada sua fabricação em série num determinado país, atende a certas exigências estabelecidas por uma autoridade competente”. (Waters, citado por Mialhe, 1996, p.135). Na homologação são observados itens cuja satisfação atende mais a questões gerais de segurança, proteção do operador, defesa do consumidor, etc.

¹⁸⁶ “Atestar que algo está conforme, que se trata do ato ou efeito de passar a certidão de que há conformidade com”. (Mialhe, 1996, p.137).

¹⁸⁷ Os principais centros de ensaios de máquinas agrícolas no mundo são descritos em Mialhe (1996).

No decorrer das atividades, partindo-se do relatório de teste de montagem, do plano de gerenciamento da qualidade e dos produtos do lote piloto, monitora-se a implementação do plano da qualidade (Figura 5.109), que prevê a análise da capacidade do processo e a avaliação da situação atual da qualidade dos produtos produzidos durante a produção piloto. Métodos de controle contínuo da produção são estabelecidos nesta atividade, assim como, é concluída a certificação dos componentes da estrutura do produto.

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Relatório de teste de montagem Plano de gerenciamento da qualidade Lote piloto	Monitorar a implementação do plano de gerenciamento da qualidade	Analisar estudos de capacidade do processo de manufatura (demanda, capacidade, estratégias, tomada de decisão) com relação aos objetivos de qualidade	QU, PR	Técnicas de previsão da demanda Técnicas de medição da capacidade Política de capacidade	Plano de manufatura da MA Capabilidade de manufatura interna Capabilidade de manufatura externa	Capabilidade do processo de manufatura
		Estabelecer os métodos de controle contínuo da produção	QU, PM, PR	Ciclo PDCA (planejar, fazer, checar, agir)	Plano de gerenciamento da qualidade	Controle contínuo da produção
		Avaliar a situação atual da qualidade dos produtos do lote piloto	QU	Análise de especialista		Status da qualidade dos produtos do lote piloto
		Concluir certificação dos componentes fabricados e comprados	QU, PP, SU	Metrologia Certificado de aprovação de amostra (CAA)	Estrutura do produto Plano de gerenciamento da qualidade	Certificados de aprovação de amostras (CAA)
		Anexar informações da atividade ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.109 – Monitoramento da implementação do plano de gerenciamento da qualidade.

Os certificados de aprovação de amostras (CAA) dos componentes dão a condição necessária para que a produção possa ser programada adequadamente, minimizando os riscos de problemas durante a fabricação e montagem dos componentes do produto. Para qualquer alteração que se faça nos componentes deve ser requerido um novo CAA.

A elaboração dos procedimentos de assistência técnica também é concluída nesta fase (Figura 5.110). Os procedimentos de segurança no transporte, operação e manutenção da máquina agrícola, são revisados e testados em produtos do lote piloto por pessoal das áreas de segurança, qualidade, pós-vendas e dependabilidade.

Estando de acordo com as especificações de cada modelo, o manual de instruções, o manual de assistência técnica e o catálogo de peças são emitidos e utilizados para executar o plano de treinamento das

áreas de vendas e pós-vendas, bem como, o pessoal das concessionárias, conforme determina o planejamento de marketing (Figura 5.111).

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Procedimentos de segurança Procedimentos de assistência técnica Esquema das publicações de assistência técnica	Concluir a elaboração dos procedimentos de assistência técnica da MA	Revisar os procedimentos de segurança no transporte, operação e manutenção da MA	DP, SE	Análise de especialista	Plano de gerenciamento da qualidade Informações sobre segurança da MA Relatório de dependabilidade do lote piloto	Procedimentos de segurança
		Revisar e testar os procedimentos de manutenção em produtos do lote piloto	DP, QU, SE, PV			Procedimentos de assistência técnica
		Concluir elaboração das publicações de assistência técnica	DP, QU, SE	Manual de instruções Catálogo de peças	Relatório de segurança do lote piloto	Manual de instruções Catálogo de peças
		Emitir publicações de assistência técnica	DP	Manual de assistência técnica	Plano de gerenciamento das comunicações	Manual de assistência técnica
		Anexar publicações de assistência técnica ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.110 – Conclusão da elaboração dos procedimentos de assistência técnica.

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Planejamento de marketing Lote piloto	Executar o plano de treinamento para a área de vendas, pós-vendas e concessionárias	Disponibilizar MA e componentes para uso em treinamento	MK	Solicitação de MA e componentes para uso em treinamento	Plano de treinamento	Treinamento realizado
		Treinar equipe de vendas	MK, DP, QU, PV	MA e componentes		
		Treinar equipe de pós-vendas	MK, DP, QU, PV	Manual de instruções Catálogo de peças		
		Desenvolver treinamento das concessionárias	MK, DP, QU, PV	Manual de assistência		
		Anexar informações da atividade ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.111 – Execução do plano de treinamento para a área de vendas, pós-vendas e concessionárias.

Depois de concluída a revisão da documentação da máquina (Figura 5.112), a mesma é emitida para que seja elaborada a liberação do produto para produção.

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Documentação da MA	Encerrar a revisão da documentação da MA (projeto do produto e plano de manufatura)	Concluir a revisão dos desenhos e documentos relativos ao projeto do produto	PP	Análise de especialista	Estrutura do produto Plano de gerenciamento da qualidade Controle das mudanças do projeto	Documentação da MA revisada
		Concluir a revisão dos desenhos e documentos relativos ao plano de manufatura	PM			
		Concluir a revisão da estrutura do produto	PP, PM			
		Emitir a documentação da MA	PP	Documentação da MA	Plano de gerenciamento das comunicações	
		Anexar informações da atividade ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.112 – Encerramento da revisão da documentação da máquina.

Como esta fase se realiza a partir da aprovação da solicitação de investimento, muitos recursos são gastos na implementação do projeto do produto e do plano de manufatura. Deste modo, durante as atividades, os custos e investimentos realizados no desenvolvimento da máquina agrícola são rastreados com o objetivo de atualizar o fluxo de caixa do projeto (Figura 5.113a e Figura 5.113b).

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Análise de fluxo de caixa do projeto da MA Solicitação de investimento da MA (SIMA)	Rastrear os custos e investimentos no desenvolvimento da MA	Rastrear o custo da MA	AF, PP	Análise de especialista	Custo meta da MA Relatório de custo da MA	Relatório de custo da MA
		Rastrear o custo de ferramental para produção	AF, PM		Plano de manufatura da MA Relatório de custo de ferramental	Relatório de custo de ferramental
		Rastrear o custo de lançamento e propaganda	AF, MK		Orçamento preliminar de lançamento e propaganda Relatório de custo de lançamento e propaganda	Relatório de custo de lançamento e propaganda

Figura 5.113a – Rastreamento dos custos e investimentos.

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínio	Mecanismos	Controles	Saídas
		Atualizar o custo de desenvolvimento da MA	AF, GP		Orçamento de desenvolvimento da MA Relatório de custo de desenvolvimento da MA	Relatório de custo de desenvolvimento da MA
		Atualizar o preço de venda	AF, MK	Análise de especialista	Custo meta da MA Preço de venda detalhado	Preço de venda da MA
		Rastrear investimentos (SIMA)	AF	Análise de especialista	Solicitação de investimento da MA (SIMA)	Análise de fluxo de caixa do projeto da MA
		Atualizar análise de fluxo de caixa do projeto da MA	GP, AF	Fluxo de caixa Curva S	Orçamento de desenvolvimento da MA Recursos financeiros	
		Anexar informações da atividade ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	Informações anexadas

Figura 5.113b – Rastreamento dos custos e investimentos.

A liberação do produto é um documento formal usado para descrever as características da máquina que está sendo liberada para a produção e lançamento ao mercado (Figura 5.114).

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínio	Mecanismos	Controles	Saídas
Documentação da MA	Elaborar a liberação do produto MA (LPMA)	Descrever as principais características do novo produto	PP	Liberação do produto MA (LPMA)	Declaração do escopo do projeto	Liberação do produto MA (LPMA)
		Indicar o código do projeto e os números dos relatórios de teste de laboratório, de campo, clínicas e de teste de montagem	PP		Relatório de teste de laboratório Relatório de teste de campo Relatório de clínica Relatório de teste de montagem	
		Anexar QMB, QMV, QMA, QET a LPMA	PP		QMB, QMV, QMA, QET	
		Emitir a liberação do produto MA (LPMA)	PP		Plano de gerenciamento das comunicações	

Figura 5.114 – Elaboração da liberação do produto.

Ao mesmo tempo em que a liberação do produto é avaliada, é feito o seu cadastramento junto ao FINAME¹⁸⁸ e no sistema administrativo-comercial da empresa (Figura 5.115). Após o cadastro a liberação do produto é assinada, passando a existir formalmente como um produto a ser comercializado pela organização.

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínio	Mecanismos	Controles	Saídas
Liberação do produto MA (LPMA)	Cadastrar o produto MA	Fazer o cadastro do produto no sistema administrativo da empresa e assinar a LPMA	AF	Sistema administrativo da empresa	Plano de gerenciamento das comunicações	MA cadastrada no sistema administrativo da empresa
		Fazer o cadastro do produto no FINAME	AF	http://www.bndes.gov.br/finame		MA cadastrada no FINAME
		Anexar cadastramento da MA ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	Cadastro da MA

Figura 5.115 – Cadastramento do produto.

A avaliação da liberação do produto (Figura 5.116) verifica o atendimento ao escopo do projeto. Um parecer do gerente do projeto acompanha a liberação do produto que é, então, submetida à aprovação da diretoria da organização (Figura 5.117).

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínio	Mecanismos	Controles	Saídas
Liberação do produto MA (LPMA)	Avaliar a liberação do produto MA	Verificar se a liberação do produto MA atende ao escopo do projeto	GP, QU	Análise de especialista	Declaração do escopo do projeto	Avaliação da liberação do produto MA
		Emitir parecer sobre a liberação do produto MA	GP	Avaliação da liberação do produto MA	Plano de gerenciamento das comunicações	
		Anexar avaliação da liberação do produto MA ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.116 – Avaliação da liberação do produto.

¹⁸⁸ O cadastro no FINAME deve ser realizado pois a grande maioria das máquinas agrícolas é adquirida pelos clientes (produtores rurais – pessoas físicas ou jurídicas – e suas cooperativas) através de financiamento.

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Avaliação da liberação do produto MA Liberação do produto MA (LPMA)	Submeter a liberação do produto MA à aprovação	Aprovar a liberação do produto MA (LPMA)	GE	Formulário de aprovação da liberação do produto MA	Plano estratégico de produtos	Liberação do produto MA (LPMA) aprovada
		Obter assinaturas para a liberação do produto MA (LPMA)	GP			
		Anexar LPMA ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.117 – Aprovação da liberação do produto.

Caso a liberação do produto não seja aprovada por algum impedimento, a diretoria deve tomar as devidas decisões e registrar o encaminhamento dado ao projeto.

Como descrito nas fases anteriores, durante a realização das atividades a equipe de gerenciamento de projeto deve manter um monitoramento permanente do progresso do projeto, mantendo os envolvidos atualizados com relação aos desvios de custo e cronograma (relatório de progresso do projeto).

Do mesmo modo, na medida em que o plano do projeto vai sendo realizado, o mesmo passa por um processo de atualização.

De acordo com o propósito da fase, a aprovação da liberação do produto é o critério que autoriza o progresso para a fase de lançamento da máquina no mercado. A Figura 5.118 apresenta as saídas principais da fase.

Saídas
Liberação do produto MA (LPMA) Ficha de aprovação de passagem de fase Documentação da MA Plano do projeto atualizado Sistema de documentação do projeto

Figura 5.118 – Saídas da fase de preparação da produção.

5.7. LANÇAMENTO

Esta fase destina-se ao lançamento da máquina agrícola no mercado. Sendo a segunda fase da implementação, é nela que é realizada a produção do lote inicial das máquinas.

As atividades da fase são conduzidas de acordo com o fluxograma da Figura 4.16, apresentado anteriormente na página 125. Como nas demais fases, é comunicado o início das atividades aos envolvidos e, na primeira reunião, a equipe de desenvolvimento é orientada a respeito das atualizações do plano do projeto e,

principalmente em relação aos pontos críticos da fase de lançamento. Também é definido o capital necessário para realizar as atividades, de acordo com o previsto no orçamento de desenvolvimento aprovado junto ao plano do projeto.

Após a orientação da equipe a respeito das atualizações do plano do projeto, segue a implementação do planejamento de marketing (Figura 5.119), com a emissão do material promocional da máquina e da literatura técnica para divulgação comercial do produto.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Planejamento de marketing Liberação do produto MA (LPMA)	Implementar o planejamento de marketing	Revisar prazos (lote inicial, lançamento)	MK, PP, PM, SU, QU, PR	Análise de especialista	Cronograma de desenvolvimento	Cronograma de lote inicial e lançamento
		Elaborar e emitir o boletim informacional de marketing e o material promocional	MK	Boletim informacional de marketing Material promocional	Estratégia de produto, mercado e tecnologia Plano de gerenciamento das comunicações	Boletim informacional de marketing Material promocional
		Elaborar e emitir literatura técnica para divulgação comercial do produto	MK, PP	Catálogo técnico da MA		Catálogo técnico da MA
		Monitorar o plano para peças de reposição	MK, QU, DP	Análise de especialista	Plano para peças de reposição	Plano para peças de reposição
		Emitir a lista de peças prioritárias de reposição	MK, QU, DP	Lista de peças prioritárias de reposição	Estratégia de assistência técnica Plano de gerenciamento das comunicações	Lista de peças prioritárias de reposição
		Emitir lista de preços (MA, peças de reposição, opcionais e acessórios)	MK, AF	Lista de preços da MA	Preço de venda da MA Plano de gerenciamento das comunicações	Lista de preços da MA
		Concluir treinamento das áreas de vendas, pós-vendas e concessionárias	MK, DP, QU, PV	MA e componentes Catálogo técnico da MA Manual de instruções Catálogo de peças Manual de assistência técnica	Plano de treinamento	Treinamento encerrado
		Anexar informações da atividade ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.119 – Implementação do planejamento de marketing.

A literatura para divulgação comercial do produto compreende os catálogos do produto, cujo conteúdo destaca as características técnicas da máquina, as inovações, os opcionais e acessórios, além de diversas ilustrações da máquina (fotografias, esquemas de funcionamento, etc.). É o material distribuído aos concessionários para divulgação do novo produto junto aos clientes.

A definição da data de início da produção e a revisão do volume de vendas, para a definição da quantidade de máquinas a serem produzidas, marcam o começo da preparação da produção do lote inicial (Figura 5.120).

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Liberação do produto MA (LPMA) Documentação da MA	Preparar para produção do lote inicial	Definir início da produção	MK, PP, PM, SU, QU, PR	Cronograma de lote inicial e lançamento	Cronograma de desenvolvimento	Programação da produção do lote inicial
		Revisar volume de vendas e definir quantidade de MA a serem produzidas no lote inicial	MK, PR	Análise de especialista	Volume de vendas	
		Revisar aprovação final dos componentes para produção seriada	PP, QU, PR	Análise de especialista	Certificados de aprovação de amostras (CAA)	
		Elaborar cronograma de implantação da fabricação dos componentes	PR, SU	Cronograma de implantação da fabricação	Cronograma de lote inicial e lançamento	
		Programar componentes para produção do lote inicial	PR, SU	Sistema de programação da produção	Estrutura do produto	
		Programar peças de reposição - peças importadas, conjuntos estratégicos (ex. motor), conjuntos didáticos (treinamento), lote de componentes para concessionários chave	PR, DP		Lista de peças prioritárias de reposição	
		Implementar logística de componentes e de montagem	PR, PM, QU		Plano de manufatura da MA	
		Revisar ferramental de auxílio à produção do lote inicial	PR, PM, QU	Análise de especialista		
		Finalizar programação da produção	PR, SU	Sistema de programação da produção	Estrutura do produto	
Anexar informações da atividade ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade			

Figura 5.120 – Preparação da produção do lote inicial.

A atividade segue com a revisão da aprovação final dos componentes (CAA) para produção seriada, com a elaboração do cronograma de implantação da fabricação dos itens, programação da produção do lote inicial e revisão do ferramental de auxílio à produção.

Uma vez iniciada a produção na fábrica e nos fornecedores (Figura 5.121), é feito o acompanhamento das máquinas produzidas para verificação de não conformidades (Figura 5.122).

Durante a produção são conduzidas auditorias de montagem, a fim de levantar os primeiros dados a respeito do comportamento do processo produtivo.

Com o seguimento da produção, as áreas de produção, qualidade e suprimentos iniciam o processo de estabilização da produção, interna e externa, com o propósito de atingir os padrões de produção planejados. À medida que o fornecimento de componentes vai se estabilizando, o processo de melhoria contínua com os fornecedores vai sendo revisado, contribuindo para o atendimento das metas de produção.

As máquinas agrícolas produzidas são avaliadas quanto a não conformidades, sendo emitido pela área da qualidade um relatório sobre a produção do lote inicial.

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Programação da produção do lote inicial	Iniciar a produção do lote inicial	Iniciar a produção na fábrica e nos fornecedores	PR, PM, SU, QU	Máquinas-ferramentas Dispositivos Ferramental	Documentação da MA	Lote inicial
		Conduzir auditorias de montagem do lote inicial	QU, PR	Análise de especialista Inspeção Gráficos de controle Gráfico de Pareto Fluxogramas Análise de tendências		
		Estabilizar processo de produção na fábrica e nos fornecedores	PR, SU, QU	Sistema de programação da produção Inspeção Gráficos de controle		
		Estabilizar programação de fornecimento	PR, SU, QU	Gráfico de Pareto Fluxogramas Análise de tendências		
		Revisar processo de melhoria contínua com fornecedores	PR, SU, QU	Plano de gerenciamento de suprimentos		

Figura 5.121 – Produção do lote inicial.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Programação da produção do lote inicial	Acompanhar a produção do lote inicial	Analisar as MA produzidas	MK, PP, PM, SU, QU, PR	Análise de especialista	Plano de gerenciamento da qualidade	Relatório da produção do lote inicial
		Verificar não conformidades	QU			
		Elaborar e emitir relatório da produção do lote inicial	QU	Relatório da produção do lote inicial	Plano de gerenciamento das comunicações	
		Anexar relatório da produção do lote inicial ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.122 – Acompanhamento da produção do lote inicial.

A produção do lote inicial é encerrada ao atingir o volume de máquinas agrícolas programadas. Estando dentro dos padrões de qualidade (relatório da produção do lote inicial), é elaborada, pelos responsáveis pelo projeto do produto, a liberação do lote inicial da máquina agrícola (Figura 5.123), a qual é avaliada quanto ao atendimento ao escopo do projeto (Figura 5.124).

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Relatório da produção do lote inicial	Elaborar a liberação do lote inicial da MA (LIMA)	Descrever sobre a liberação do lote inicial (LIMA)	PP	Liberação do lote inicial (LIMA)	Declaração do escopo do projeto	Liberação do lote inicial da MA (LIMA)
		Anexar a liberação do produto MA (LPMA)	PP		Liberação do produto MA (LPMA)	
		Anexar relatório da produção do lote inicial	PP		Plano de gerenciamento da qualidade	
		Emitir a liberação do lote inicial (LIMA)	PP		Plano de gerenciamento das comunicações	
		Anexar a liberação do lote inicial ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.123 – Elaboração da liberação do lote inicial.

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Liberação do lote inicial da MA (LIMA)	Avaliar a liberação do lote inicial da MA (LIMA)	Verificar se a liberação do lote inicial da MA atende ao escopo do projeto	GP, QU	Análise de especialista	Declaração do escopo do projeto	Avaliação da liberação do lote inicial da MA
		Emitir parecer sobre a liberação do lote inicial MA	GP	Avaliação da liberação do lote inicial da MA	Plano de gerenciamento das comunicações	
		Anexar a avaliação da liberação do lote inicial da MA ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.124 – Avaliação da liberação do lote inicial.

Para encerrar as atividades da fase de lançamento, a liberação do lote inicial da máquina agrícola é submetida à aprovação junto à diretoria (Figura 5.125), sendo este o critério que autoriza o progresso para a fase seguinte.

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Liberação do lote inicial da MA (LIMA) Avaliação da liberação do lote inicial da MA	Submeter a liberação do lote inicial à aprovação	Aprovar a liberação do lote inicial (LIMA)	GE	Formulário de aprovação da liberação do lote inicial	Plano estratégico do produto	Liberação do lote inicial da MA (LIMA) aprovada
		Obter assinaturas para a liberação do lote inicial (LIMA)	GP			
		Anexar LIMA ao sistema de documentação do projeto	GP			

Figura 5.125 – Aprovação da liberação do lote inicial.

Depois da aprovação da liberação do lote inicial da máquina agrícola é feita a comunicação aos envolvidos, conforme determina o plano de gerenciamento das comunicações.

O lançamento da máquina no mercado é realizado através da apresentação do produto aos clientes, concessionários, vendedores, imprensa, entre outros. É iniciada a comercialização do lote inicial, que passa a ser acompanhado pela área de pós-vendas (Figura 5.126).

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Lote inicial	Lançar a MA no mercado	Apresentar MA para concessionários e vendedores	MK, PV	Boletim informacional de marketing	Planejamento de marketing	Lançamento da MA no mercado
		Apresentar MA para a imprensa	MK	Material promocional		
		Comercializar lote inicial da MA	MK, PV	MA		
		Acompanhar lote inicial comercializado	PV			
		Anexar informações da atividade ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.126 – Lançamento da máquina agrícola no mercado.

A análise econômica e financeira do projeto é encerrada nesta fase (Figura 5.127), e o plano do projeto é atualizado para dirigir as atividades da última fase do processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas.

Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Preço de venda da MA Análise de fluxo de caixa do projeto da MA	Concluir análise econômica e financeira	Rastrear os custos e investimentos do desenvolvimento da MA	GP, AF	Análise de especialista	Relatório de custo da MA Relatório de custo de ferramental Relatório de custo de lançamento e propaganda Relatório de custo de desenvolvimento da MA Solicitação de investimento da MA (SIMA)	Análise econômica e financeira
		Concluir análise de fluxo de caixa do projeto da MA	GP, AF	Fluxo de caixa Curva S	Orçamento de desenvolvimento da MA	
		Desenvolver estratégia para melhoria contínua das metas financeiras	AF			
		Anexar análise econômica e financeira ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.127 – Conclusão da análise econômica e financeira.

O monitoramento do progresso do projeto prossegue simultaneamente às atividades da fase. As principais saídas da fase são apresentadas na Figura 5.128.

Saídas
Liberação do lote inicial da MA (LIMA)
Ficha de aprovação de passagem de fase
Documentação da MA
Plano do projeto atualizado
Sistema de documentação do projeto

Figura 5.128 – Saídas da fase de lançamento da máquina agrícola.

5.8. VALIDAÇÃO

Esta fase destina-se à validação da máquina agrícola junto aos clientes, e à auditoria e validação do projeto junto ao cliente direto do projeto, ou seja, aquele que contratou o projeto.

Sendo a última fase da implementação e do processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas, é nela que o projeto é encerrado. As atividades da fase são conduzidas de acordo com o fluxograma da Figura 4.17, apresentado anteriormente na página 126.

Como nas demais fases, é comunicado o início das atividades aos envolvidos e, na primeira reunião, a equipe de desenvolvimento é orientada a respeito das atualizações do plano do projeto e, principalmente em relação aos pontos críticos da fase de validação. Também é definido o capital necessário para realizar as atividades da fase, de acordo com o previsto no orçamento de desenvolvimento aprovado junto ao plano do projeto.

Após a orientação da equipe a respeito das atualizações do plano do projeto, são realizadas atividades relacionadas à comercialização das máquinas (Figura 5.129), que envolvem a implementação do plano para avaliação da satisfação dos clientes, monitoramento da performance das máquinas, monitoramento das informações sobre segurança na utilização/operação da máquina, monitoramento da ocorrência de acidentes, entre outras.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic.	Mecanismos	Controles	Saídas	
MA produzidas	Comercializar MA	Comparar vendas no varejo com as projeções de venda	MK	Análise de especialista	Volume de vendas	Volume de vendas	
		Implementar plano para avaliação da satisfação dos clientes e/ou usuários	MK, QU	Planejamento de marketing	Estratégia de produto, mercado e tecnologia	Satisfação dos clientes e/ou usuários da MA confirmada	
		Monitorar a performance da MA em relação às metas de confiabilidade	PP, DP	Análise de especialista	Metas de dependabilidade	Performance da MA confirmada	
		Monitorar informações dos clientes e/ou usuários sobre os aspectos de segurança na utilização/operação da MA	SE, PV, PP		Metas de segurança	Segurança monitorada	
		Monitorar ocorrência de acidentes	SE, PV, PP	Sistema de documentação do projeto	Controle das mudanças do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	Relatório de acidentes
		Iniciar e confirmar ações corretivas caso necessário	SE, PV, PP				Ações corretivas
		Anexar informações relacionadas a comercialização da MA ao sistema de documentação do projeto	GP				

Figura 5.129 – Acompanhamento da comercialização das máquinas produzidas.

Para validação da máquina agrícola, o pessoal responsável pelo projeto do produto define os itens a serem examinados nas máquinas comercializadas, bem como, os critérios de avaliação (Figura 5.130). Marketing define os clientes que farão parte do processo de validação da máquina agrícola, respectiva cultura, região do país e concessionário responsável pelo atendimento do cliente.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic.	Mecanismos	Controles	Saídas
MA comercializadas	Preparar a validação da MA	Definir itens da MA a serem validados	PP	Análise de especialista	Especificações técnicas da MA	Critérios de validação da MA
		Definir critérios de validação da MA	PP			
		Anexar critérios de validação da MA ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.130 – Preparação da validação da máquina.

São exemplos de itens e critérios a serem examinados no caso do projeto de um trator agrícola com cabine: repasse das informações técnicas na entrega do produto; performance do condicionador de ar;

conforto e ergonomia da cabine em função a ruído, vibração e vedação, assento, alavancas, pedais e controle hidráulico; manutenção periódica; etc. Aos itens avaliados podem ser atribuídos pesos que variam de zero (péssimo) a dez (excelente), ou outra escala que melhor defina a opinião dos clientes e/ou usuários.

A validação é feita sobre os produtos do lote inicial comercializado junto aos clientes (Figura 5.131). Durante a validação deve-se registrar por completo a opinião do cliente, e fará parte do relatório de validação da máquina.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Critérios de validação da MA Satisfação dos clientes e/ou usuários da MA confirmada Performance da MA confirmada Segurança monitorada Relatório de acidentes Ações corretivas	Validar MA junto aos clientes e/ou usuários	Submeter lote inicial comercializado aos critérios de validação	PV	Análise de especialista	Critérios de validação da MA	Relatório de validação da MA
		Verificar a ocorrência de problemas	PV			
		Emitir relatório de validação da MA	PV	Relatório de validação da MA	Plano de gerenciamento das comunicações	
		Anexar o relatório de validação da MA ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.131 – Validação da máquina agrícola junto aos clientes e/ou usuários.

Posteriormente, é realizada a avaliação final da validação da máquina (Figura 5.132). A avaliação consiste na análise do relatório de validação que apontará para cada item, o valor médio segundo a opinião dos clientes e/ou usuários. Da análise resulta a definição de ações corretivas para os problemas identificados, definição dos prazos para a implementação e, a implementação propriamente dita.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Relatório de validação da MA	Realizar a avaliação final da validação da MA	Analisar relatório de validação da MA	PP	Análise de especialista	Critérios de validação da MA	Avaliação final da validação da MA realizada
		Definir ações corretivas para os problemas identificados	PP			
		Definir prazos para a implementação das ações corretivas	PP			
		Implementar ações corretivas	PP			
		Emitir avaliação final da validação da MA	PP	Avaliação final da validação da MA	Plano de gerenciamento das comunicações	

Figura 5.132 – Avaliação final da máquina agrícola.

Na seqüência é iniciado o planejamento para o alcance das metas de melhoria contínua (Figura 5.133), tais como, redução do custo da máquina, melhoria das características do produto, aumento da performance, entre outras.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Plano de gerenciamento da qualidade Satisfação dos clientes e/ou usuários da MA confirmada Performance da MA confirmada	Iniciar planejamento para alcançar as metas de melhoria contínua	Planejar redução do custo da MA	MK, PP, AF	Análise de especialista	Estratégia de produto, mercado e tecnologia Controle das mudanças do projeto	Plano de gerenciamento da qualidade
		Planejar melhoria das características da MA	MK, PP, QU			
		Planejar aumento da performance da MA	PP, DP			
		Anexar informações da atividade ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.133 – Planejamento para alcançar as metas de melhoria contínua.

Com as atividades para a validação da máquina junto aos clientes concluídas, o monitoramento do progresso do projeto é encerrado. A equipe de gerenciamento do projeto emite o relatório final de progresso do projeto.

A equipe de desenvolvimento do produto e de gerenciamento do projeto pode então, discutir as falhas do projeto e registrar as lições aprendidas para aplicação nos próximos projetos.

Os resultados do projeto (relatório de validação da máquina e o relatório de progresso do projeto) são submetidos à auditoria¹⁸⁹ e validação junto ao cliente direto ou patrocinador do projeto (Figura 5.134). Realizada a auditoria do projeto, é assinado o documento de aceite formal do resultado do projeto e é emitida a validação do projeto da máquina.

¹⁸⁹ Exemplo de questões a serem realizadas na auditoria do projeto: O projeto atendeu aos objetivos? Caso não tenha atingido seus objetivos, quais fatores contribuíram para os resultados negativos? O que foi realizado de forma adequada? O que poderia ter sido feito melhor? quais as recomendações para futuros projetos? O que poderia ter sido realizado de forma diferente? Que aprendizado pode-se retirar do projeto? (Vargas, 2000).

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Relatório de progresso do projeto Relatório de validação da MA	Submeter o resultado do projeto a auditoria e validar o projeto da MA junto ao cliente direto ou patrocinador	Realizar auditoria do projeto	GP, Todos	Formulário para auditoria do projeto	Plano de projeto da MA	Validação do projeto da MA (VPMA)
		Assinar documento de aceite formal do resultado do projeto	GE	Validação do projeto da MA	Envolvidos no desenvolvimento da MA	
		Emitir validação do projeto da MA	GP		Plano de gerenciamento das comunicações	
		Anexar validação do projeto da MA ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento das comunicações Plano de gerenciamento da qualidade	

Figura 5.134 – Auditoria e validação do projeto da máquina agrícola.

Neste momento, os contratos pendentes são liquidados, é realizada a prestação de contas do projeto, a equipe de desenvolvimento é desmobilizada, assim como, a estrutura do projeto (Figura 5.135).

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Validação do projeto da MA (VPMA)	Desmobilizar a equipe e a estrutura do projeto	Devolver material e liberar espaços ocupados	GP	Reunião da equipe de desenvolvimento do produto	Planejamento organizacional	Desmobilização da equipe e da estrutura do projeto
		Acordar com a equipe de desenvolvimento do produto o encerramento do projeto	GP			
		Liberar o pessoal	GP			

Figura 5.135 – Desmobilização da equipe e da estrutura do projeto.

O sistema de documentação do projeto é finalizado (Figura 5.136), e arquivado.

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
Validação do projeto da MA (VPMA)	Finalizar o sistema de documentação do projeto	Obter a assinatura dos envolvidos	GP, Todos	Sistema de documentação do projeto	Plano de projeto da MA	Sistema de documentação do projeto arquivado
		Arquivar o sistema de documentação do projeto	GP			

Figura 5.136 – Finalização do sistema de documentação do projeto.

Finalmente, o projeto da máquina agrícola é encerrado formalmente através da comunicação aos envolvidos (Figura 5.137).

Entradas	Atividades	Tarefas	Dominic	Mecanismos	Controles	Saídas
	Encerrar o projeto da MA	Comunicar o encerramento do projeto	GP	Correio eletrônico	Plano de gerenciamento das comunicações	Comunicação de encerramento do projeto
Saídas						
Sistema de documentação do projeto						
Validação do projeto da MA (VPMA)						
Comunicação de encerramento do projeto						

Figura 5.137 – Encerramento do projeto da máquina agrícola.

5.9. COMENTÁRIOS FINAIS DO CAPÍTULO

Foram apresentadas neste capítulo, as oito fases que compõem o modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas. As atividades foram mostradas através de figuras que ilustram exatamente como as mesmas são descritas e organizadas na planilha eletrônica, ou seja, de acordo com a estrutura desenvolvida para a representação do modelo.

O capítulo seguinte apresenta a análise comparativa entre o modelo de referência e os modelos dos estudos de caso, bem como, a avaliação do modelo de referência para o PDMA feita pelas empresas participantes do projeto e por pesquisadores da área.

Capítulo 6

AVALIAÇÃO DO MODELO DE REFERÊNCIA PARA O PDMA

Depois da elaboração do modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas, o mesmo foi submetido a uma análise comparativa com os modelos obtidos nos estudos de caso, segundo os critérios estabelecidos para o processo de desenvolvimento de produtos e para o processo de gerenciamento de projetos, com o objetivo de evidenciar as diferenças de cada um.

Depois desta análise, o modelo de referência foi submetido às empresas participantes dos estudos de caso e a um grupo de pesquisadores – envolvidos com trabalhos na área de desenvolvimento de produtos, assim como, com o desenvolvimento de protótipos de máquinas agrícolas –, para avaliação quanto a sua adequação em promover a construção de uma visão integrada dos múltiplos conhecimentos envolvidos na realização do processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas.

É com esse propósito que se apresenta este capítulo.

6.1. ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O MODELO DE REFERÊNCIA E OS MODELOS DOS ESTUDOS DE CASO

A análise comparativa entre o modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas (PDMA) e os modelos dos estudos de caso – EC1, EC2 e EC3 (NeDIP/UFSC); EC4 (Empresa 1); e, EC5 (Empresa 2) –, envolveu, primeiramente, a definição dos elementos a serem verificados e de seus critérios, os quais se classificam em dois grupos:

♦ Grupo 1 – sobre o processo de desenvolvimento de produtos.

- Elementos:
 - Formalização do PDP.
 - Fases do PDP.
 - Planejamento do projeto.
 - Definição das especificações de projeto.

- Desenvolvimento da concepção do produto.
- Definição do leiaute do produto.
- Detalhamento do projeto.
- Preparação da produção.
- Lançamento do produto no mercado.
- Validação do produto.

◆ **Grupo 2 – sobre o processo de gerenciamento de projetos.**

- Elementos:
 - Iniciação.
 - Planejamento.
 - Execução.
 - Controle.
 - Encerramento.

A definição destes elementos e respectivos critérios foi baseada na teoria de fundamento e na teoria de foco da tese, bem como na teoria de dados, apresentadas, respectivamente, no Capítulo 2 e no Capítulo 3.

Uma vez arranjados os critérios em uma planilha, cada modelo foi analisado para verificar o atendimento aos mesmos. Os passos seguidos são descritos abaixo:

- ◆ Para cada elemento analisado, foi verificada a ocorrência dos critérios correspondentes. Quando o critério estava contemplado (explicitado na forma de atividades) no modelo analisado, marcava-se na planilha a letra “S”, de “sim”¹⁹⁰. Caso contrário marcava-se a letra “N”, de “não”.
- ◆ Após o preenchimento das planilhas, os resultados foram contabilizados.
- ◆ Foi gerado para cada modelo analisado dois gráficos tipo radar – um para cada grupo de elementos –, que ilustram o quanto os modelos avaliados atendem aos critérios estabelecidos (diagnóstico).
- ◆ A partir das planilhas e dos gráficos, os modelos foram analisados comparativamente.

Os resultados encontrados para cada modelo com relação aos elementos e critérios do processo de desenvolvimento de produtos estão descritos no Quadro 6.1.

¹⁹⁰ Determinou-se a ocorrência de um critério pelo registro de atividades que o contemplasse no modelo considerado.

Quadro 6.1 – Análise dos modelos em relação ao grupo 1 – processo de desenvolvimento de produtos.

Elemento analisado / critérios	PDMA	EC1, EC2, EC3	EC4	EC5
Formalização do PDP				
1. Processo de desenvolvimento de produtos formalizado em documento (manual, normas, etc.)	S	N	S	S
2. Subdivisão do processo de desenvolvimento de produtos em fases	S	S	S	S
3. Definição dos pontos de avaliações (decisão passa/não passa) para cada fase	S	S	S	S
4. Definição dos responsáveis pelas tomadas de decisão a cada avaliação	S	N	S	S
5. Definição das saídas desejadas de cada fase	S	S	S	S
6. Definição da lista de atividades recomendadas para cada fase	S	S	S	S
7. Definição dos responsáveis pelas atividades (áreas ou domínios de conhecimento), entradas, saídas, mecanismos e controles	S	N	N	N
8. Promoção de melhorias no processo de desenvolvimento de produtos (registro das lições aprendidas nas diferentes fases)	S	N	N	S
Fases do PDP				
9. Planejamento do projeto	S	S	S	S
10. Definição das especificações de projeto (projeto informacional)	S	S	S	S
11. Desenvolvimento da concepção do produto (projeto conceitual)	S	S	S	S
12. Definição do leiaute do produto (projeto preliminar)	S	S	S	S
13. Detalhamento do projeto (projeto detalhado)	S	S	S	S
14. Preparação da produção	S	N	S	S
15. Lançamento do produto no mercado	S	N	S	S
16. Validação do produto	S	N	S	S
Planejamento do projeto				
17. Elaboração do planejamento de marketing	S	N	S	S
18. Aprovação do planejamento de marketing	S	N	S	S
19. Estabelecimento da política de segurança para o produto	S	N	S	S
20. Aprovação do plano do projeto	S	S	S	S
Definição das especificações de projeto				
21. Estabelecimento do ciclo de vida do produto	S	S	N	S
22. Definição dos clientes ao longo do ciclo de vida do produto	S	S	N	S
23. Levantamento de informações relacionadas à operação agrícola	S	S	N	N
24. Identificação das necessidades, desejos e preferências dos clientes do produto	S	S	S	S
25. Transformação das necessidades em requisitos dos clientes do produto	S	S	N	N
26. Conversão dos requisitos dos clientes em requisitos de projeto	S	S	N	N
27. Realização de análise comparativa com produtos disponíveis no mercado	S	S	S	S
28. Estabelecimento das especificações de projeto	S	S	S	S
29. Definição dos fatores de influência no plano da manufatura	S	N	N	S
30. Desenvolvimento da estratégia para o envolvimento de fornecedores	S	N	N	S
31. Levantamento de informações relacionadas à segurança no ciclo de vida do produto	S	N	S	S
32. Estabelecimento das metas de confiabilidade e manutenibilidade	S	N	N	S
33. Definição do custo meta do produto	S	N	S	S
34. Aprovação das especificações de projeto	S	S	S	S
Desenvolvimento da concepção do produto				
35. Definição da função global/subfunções do produto (estrutura funcional)	S	S	N	S
36. Estabelecimento de estruturas funcionais alternativas	S	S	N	N
37. Seleção da estrutura funcional	S	S	N	N
38. Desenvolvimento de concepções alternativas para o produto	S	S	N	S
39. Seleção da concepção do produto	S	S	S	S
40. Identificação dos processos de fabricação	S	N	N	S

Continuação do Quadro 6.1.

Elemento analisado / critérios	PDMA	EC1, EC2, EC3	EC4	EC5
41. Estabelecimento de contrato com o fornecedor de componentes	S	N	N	S
42. Realização de estudo inicial de segurança sobre a concepção do produto	S	N	N	S
43. Aprovação da concepção do produto	S	S	N	S
Definição do leiaute do produto				
44. Monitoramento das variações de mercado que possam influenciar a definição do leiaute do produto	S	N	N	S
45. Desenvolvimento e estabelecimento do leiaute do produto	S	S	S	S
46. Avaliação do leiaute do produto junto a clientes através de clínicas com mock-ups do produto	S	N	S	S
47. Desenvolvimento do plano de fabricação e teste do protótipo	S	N	S	S
48. Elaboração da estrutura preliminar do protótipo do produto	S	N	S	S
49. Avaliação preliminar da manufatura do protótipo (máquinas, dispositivos e ferramentas)	S	N	S	S
50. Avaliação da capacidade de manufatura interna e/ou externa dos componentes (capacidade, recursos, prazos, local de manufatura, armazenamento e montagem, avaliação fabricar ou comprar)	S	N	S	S
51. Realização de análise de segurança sobre o leiaute do produto	S	N	N	S
52. Determinação da viabilidade econômica do produto	S	N	S	S
53. Aprovação da viabilidade econômica do produto	S	N	S	S
Detalhamento do projeto				
54. Monitoramento das variações de mercado que possam influenciar o projeto final do produto	S	N	N	S
55. Construção do protótipo do produto	S	S	S	S
56. Avaliação da montagem do protótipo (relatório de montagem)	S	N	S	S
57. Avaliação do protótipo (atendimento as especificações de projeto e as normas para homologação)	S	N	S	S
58. Realização de testes de laboratório, testes de campo e/ou clínicas com o protótipo	S	S	S	S
59. Plano de ação corretiva/implementação	S	N	S	S
60. Aprovação do protótipo do produto	S	S	S	S
61. Finalização do detalhamento dos componentes	S	N	S	S
62. Elaboração da estrutura do produto	S	N	S	S
63. Detalhamento do plano de manufatura do produto	S	N	S	S
64. Certificação de componentes	S	N	S	S
65. Elaboração dos procedimentos de assistência técnica do produto (manual de instruções do produto, catálogo de peças de reposição, manual de assistência técnica)	S	N	S	S
66. Revisão do projeto do produto e do plano de manufatura (documentação do produto)	S	N	S	S
67. Implementação do controle das mudanças do projeto	S	N	S	S
68. Elaboração da solicitação de investimento para implementação da produção	S	N	S	S
69. Aprovação da solicitação de investimento	S	N	S	S
70. Liberação da documentação do produto para a preparação da produção	S	N	S	S
Preparação da produção				
71. Implementação do planejamento de marketing	S	N	S	S
72. Elaboração da documentação para montagem do produto	S	N	S	S
73. Implementação do plano de manufatura (liberação para construção de ferramental)	S	N	S	S
74. Desenvolvimento do plano de produção do lote piloto	S	N	S	S
75. Programação da produção do lote piloto	S	N	S	S
76. Produção do lote piloto e emissão de relatório de teste de montagem	S	N	S	S
77. Avaliação do lote piloto (verificação das não conformidades/ planejamento das ações corretivas)	S	N	S	S
78. Realização de testes de laboratório, testes de campo e/ou clínicas com produtos do lote piloto	S	N	S	S
79. Implementação das ações corretivas	S	N	S	S
80. Aprovação do lote piloto e teste de montagem	S	N	S	S

Continuação do Quadro 6.1.

Elemento analisado / critérios	PDMA	EC1, EC2, EC3	EC4	EC5
81. Realização de teste de homologação e/ou ensaio de certificação de conformidade com produtos do lote piloto	S	N	S	S
82. Revisão do plano de manufatura	S	N	S	S
83. Implementação do plano de gerenciamento da qualidade (métodos de controle da produção, certificação dos componentes, etc.)	S	N	S	S
84. Revisão dos procedimentos de assistência técnica	S	N	S	S
85. Treinamento das áreas de vendas, pós-vendas e concessionárias	S	N	S	S
86. Finalização da revisão da documentação do produto (desenhos, estrutura do produto, etc.)	S	N	S	S
87. Rastreamento das despesas e investimentos (custo do produto, do ferramental, de lançamento e propaganda, etc.)	S	N	N	S
88. Liberação do produto (identificação do produto/projeto, documentação para montagem do produto, etc.)	S	N	S	S
89. Cadastramento do produto no sistema administrativo da empresa	S	N	S	S
90. Aprovação da liberação do produto	S	N	S	S
Lançamento do produto no mercado				
91. Preparação da produção do lote inicial	S	N	S	S
92. Produção do lote inicial	S	N	S	S
93. Acompanhamento da produção do lote inicial	S	N	S	S
94. Liberação do lote inicial	S	N	S	S
95. Aprovação da liberação do lote inicial	S	N	S	S
Validação do produto				
96. Acompanhamento dos produtos comercializados (primeiras unidades)	S	N	S	S
97. Preparação da validação do produto	S	N	S	S
98. Validação do produto junto aos clientes	S	N	S	S
99. Implementação de melhoria contínua do produto	S	N	S	S

O número de respostas “S” representa o quanto cada modelo avaliado explicita atividades que atendem aos critérios estabelecidos para o processo de desenvolvimento de produtos em relação ao modelo de referência para o PDMA. Os resultados obtidos foram os seguintes:

- ◆ O modelo utilizado no NeDIP/UFSC (EC1, EC2 e EC3) – 29,3 %.
- ◆ O modelo utilizado na Empresa 1 (EC4) – 77,8 %.
- ◆ O modelo utilizado na Empresa 2 (EC5) – 93,9 %.

Como o modelo de referência para o PDMA possui atividades explícitas que contemplam os critérios formulados para o processo de desenvolvimento de produtos (Figura 6.1), e considerando os resultados obtidos na avaliação dos modelos NeDIP/UFSC, Empresa 1 e Empresa 2, pode-se inferir que os mesmos são comparativamente menos completos, detalhados e abrangentes que o modelo apresentado nesta tese. Assim, depreende-se que o modelo proposto pode servir como referência para a implementação de melhorias nos modelos citados, no que se refere ao processo de desenvolvimento de produtos.

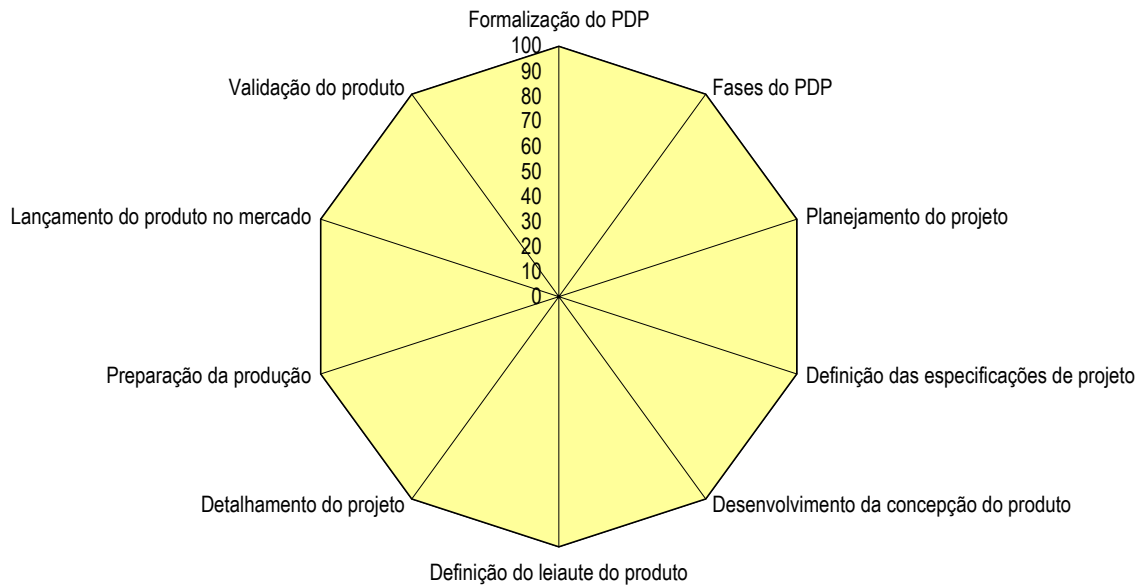


Figura 6.1 – Processo de desenvolvimento de produtos: modelo de referência para o PDMA.

Em virtude da abrangência do modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas, o modelo adotado no NeDIP/UFSC teve um baixo percentual de atendimento aos critérios formulados (29,3%), já que está voltado, principalmente, para as fases iniciais do processo de projeto, como pode ser observado na Figura 6.2.

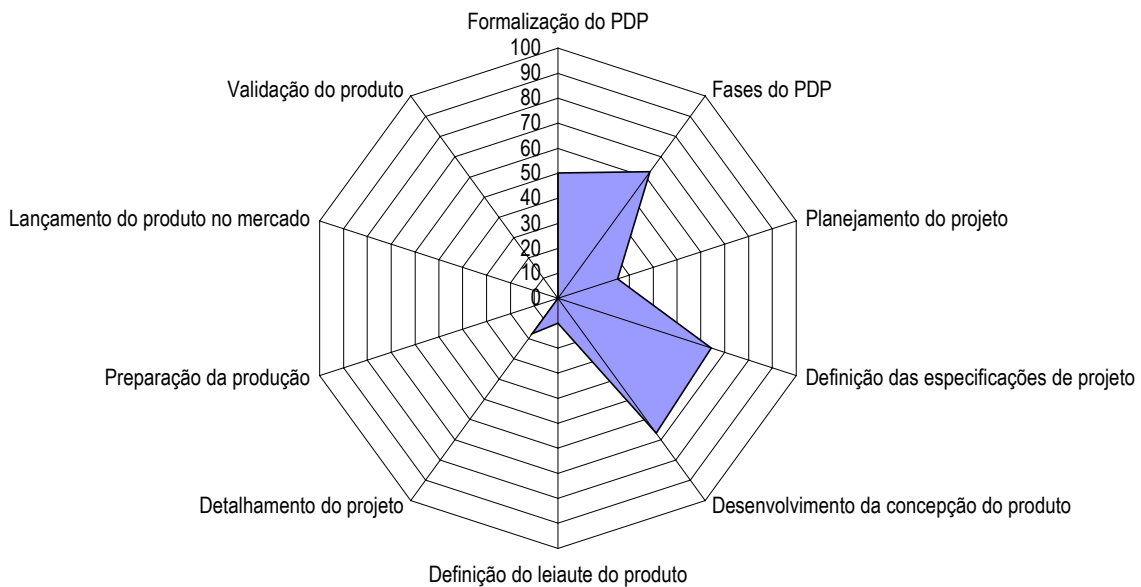


Figura 6.2 – Processo de desenvolvimento de produtos: modelo NeDIP/UFSC (EC1, EC2, EC3).

Assim, o modelo analisado apresenta um bom nível de detalhamento nas fases de definição das especificações de projeto e desenvolvimento da concepção do produto, porém, apresenta-se muito pouco detalhado no que se refere à definição do leiaute do produto e detalhamento do projeto. Um aspecto que contribui para o baixo percentual de atendimento aos critérios é o fato dos projetos desenvolvidos no NeDIP/UFSC não abrangerem a elaboração do plano de manufatura.

Com relação à formalização do PDP, o modelo do NeDIP/UFSC só não obteve melhores resultados devido à ausência, até o momento, de uma descrição formal e específica do processo a ser adotado no desenvolvimento de protótipos de máquinas agrícolas. O processo está formalizado apenas de modo genérico em apostila de disciplina, e em dissertações e teses desenvolvidas na área. Se existisse um manual ou um guia específico para o desenvolvimento desses tipos de projeto, certamente melhores resultados, dos que os já obtidos, teriam sido alcançados, principalmente no que se refere à gestão do conhecimento para uso futuro.

O planejamento dos projetos pode ser melhorado através de um maior detalhamento, contemplando além dos aspectos de gerenciamento de projetos, os de planejamento de marketing. Isso pode gerar boas oportunidades de desenvolvimento conjunto com empresas fabricantes de máquinas agrícolas.

No que se refere ao modelo utilizado pela Empresa 1 (EC4), observa-se que o atendimento a 77,8 % dos critérios formulados se deve, quase que exclusivamente, aos tipos de produtos desenvolvidos, os quais não requerem o desenvolvimento de novas concepções, sendo variadas, portanto, apenas as especificações de projeto das máquinas existentes, com o propósito de atender a demandas específicas.

No entanto, caso a empresa deseje desenvolver novas concepções de produtos deverá implementar atividades que melhor definam as especificações de projeto, e que possibilitem a geração dos novos conceitos, como indica a Figura 6.3.

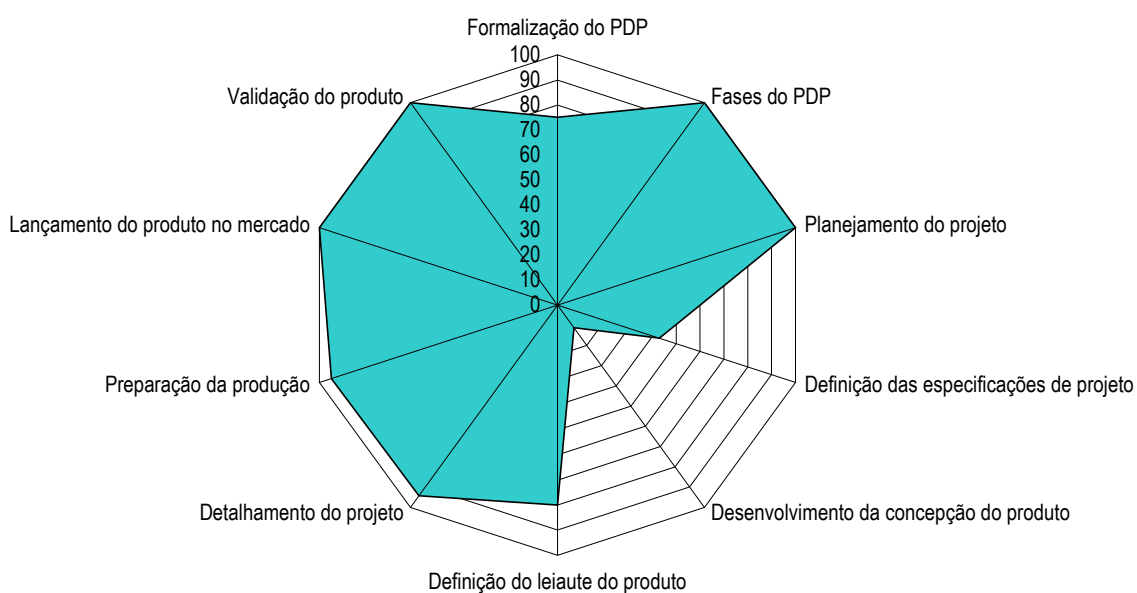


Figura 6.3 – Processo de desenvolvimento de produtos: modelo Empresa 1 (EC4).

Com relação à formalização do PDP, verifica-se que a Empresa 1 pode melhorar o processo com a definição das atividades de acordo com as áreas ou domínios de conhecimento envolvidos (facilitando a designação das pessoas), e determinando as entradas e saídas desejadas para cada atividade. Além disso, poderia implementar um processo de melhoria contínua, através do registro das lições aprendidas nos projetos desenvolvidos.

Quanto ao modelo utilizado pela empresa 2 (EC5), observa-se que o atendimento a 93,9 % dos critérios formulados indica o grande nível de detalhamento em todas as fases do processo de desenvolvimento de produtos.

Como pode ser observado na Figura 6.4, as oportunidades de melhoria que se identificam são relativas: à modelagem das informações de entrada e saída das atividades (maior formalização do PDP); à transformação das necessidades dos clientes (informações originais) em requisitos dos clientes (itens exigidos pelos clientes e expressos em termos técnicos) e estes, em requisitos de projeto (itens que atendem os requisitos dos clientes) para definição das especificações de projeto; ao estabelecimento e seleção das estruturas funcionais para o desenvolvimento da concepção do produto.

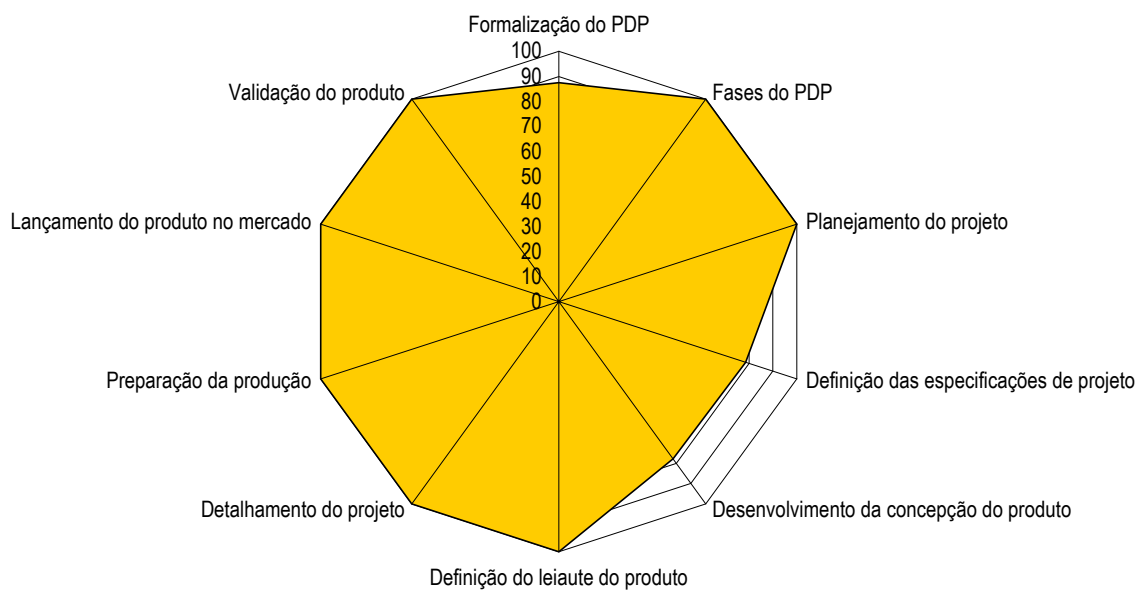


Figura 6.4 – Processo de desenvolvimento de produtos: modelo Empresa 2 (EC5).

Já os resultados encontrados para cada modelo com relação aos elementos e critérios do processo de gerenciamento dos projetos estão descritos no Quadro 6.2.

Quadro 6.2 – Análise dos modelos em relação ao grupo 2 – processo de gerenciamento de projetos.

Elemento analisado / critérios	PDMA	EC1, EC2, EC3	EC4	EC5
Iniciação				
1. Alinhamento dos projetos com os objetivos e estratégias da empresa	S	N	S	S
2. Resumo das condições que definem o projeto	S	N	S	S
3. Descrição do produto a ser desenvolvido pelo projeto com base em estudo de mercado	S	S	S	S
4. Designação do gerente de projeto, atribuições e responsabilidades	S	N	S	S
5. Elaboração de cronograma macro de projeto	S	S	S	S
6. Definição das necessidades iniciais de recursos	S	N	S	S
7. Definição das estimativas iniciais de custo	S	N	S	S
8. Criação do sistema de documentação do projeto	S	N	S	S
Planejamento				
9. Identificação das partes envolvidas no projeto	S	S	S	S
10. Determinação da necessidade de informações de cada indivíduo no projeto	S	N	N	N
11. Definição de um modelo de cada documento a ser gerado	S	N	S	S
12. Definição do sistema de distribuição de informações do projeto (quem envia, quem recebe, procedimentos de controle e segurança dos documentos)	S	N	N	N
13. Definição do cronograma das reuniões de rotina do projeto	S	N	S	S
14. Definição das alternativas de condução do projeto	S	N	N	S
15. Declaração do escopo do projeto (trabalho a ser realizado)	S	S	S	S
16. Justificativa do projeto	S	S	S	S
17. Descrição das saídas (entregas) do projeto	S	S	S	S
18. Definição dos objetivos do projeto	S	S	S	S
19. Definição de como o escopo será gerenciado (reavaliação/controle de mudanças)	S	N	N	N
20. Aprovação da declaração do escopo	S	N	N	N
21. Elaboração da estrutura de decomposição do projeto	S	N	N	N
22. Avaliação e classificação do risco do projeto para as áreas da empresa	S	N	S	S
23. Definição da equipe de gerenciamento de projeto	S	N	S	S
24. Definição das atividades do projeto e principais eventos (marcos)	S	S	S	S
25. Seqüenciamento das atividades do projeto	S	S	S	S
26. Definição dos recursos necessários (pessoal, equipamentos, material de consumo, bibliografia técnica, normas, etc.)	S	S	S	S
27. Definição do organograma do projeto, identificação das funções necessárias para o projeto (planejamento organizacional)	S	N	N	S
28. Definição dos membros da equipe de desenvolvimento, definição de suas funções e tempo de participação (integral, parcial e variável)	S	N	S	S
29. Definição de como os recursos humanos serão gerenciados (revisão da equipe)	S	N	N	S
30. Alocação dos recursos e estimativa de duração das atividades do projeto	S	N	S	S
31. Determinação das datas de início e término do projeto	S	S	S	S
32. Elaboração do cronograma de desenvolvimento	S	S	S	S
33. Definição de como o cronograma será gerenciado (reavaliação/controle de mudanças)	S	N	N	N
34. Determinação do custo estimado dos recursos físicos	S	N	S	S
35. Alocação do custo estimado dos recursos a cada atividade do projeto (orçamento do projeto)	S	N	S	S
36. Determinação do fluxo de caixa do projeto	S	N	S	S
37. Definição de como o orçamento do projeto será gerenciado (reavaliação/controle de mudanças)	S	N	N	N
38. Definição das metas de qualidade (objetivo + valor + prazo)	S	N	S	S
39. Elaboração do plano do projeto	S	S	S	S
Execução				
40. Comunicação do início das fases	S	N	S	S

Continuação do Quadro 6.2.

Elemento analisado / critérios	PDMA	EC1, EC2, EC3	EC4	EC5
41. Definição e atualização de recursos financeiros para a execução das fases	S	N	S	S
42. Reunião da equipe de desenvolvimento de produto e da equipe de gerenciamento de projeto para apresentação do plano do projeto	S	S	S	S
43. Reunião de orientação da equipe	S	S	S	S
44. Obtenção de cotações e propostas de potenciais fornecedores	S	N	S	S
45. Verificação da capacidade do processo de manufatura, não conformidades, inspeção da montagem dos componentes, entre outros	S	N	S	S
46. Atualização do plano do projeto	S	N	S	S
47. Arquivamento do plano do projeto no sistema de documentação do projeto	S	N	S	S
48. Avaliação dos resultados obtidos em cada fase do processo	S	S	S	S
49. Reavaliação dos riscos do projeto	S	N	N	N
Controle				
50. Monitoramento das atividades e da utilização dos recursos no projeto	S	N	S	S
51. Monitoramento da variância de custo do projeto	S	N	S	S
52. Monitoramento da variância do cronograma do projeto	S	N	S	S
53. Determinação do índice de desempenho do custo	S	N	S	S
54. Monitoramento dos riscos do projeto	S	N	N	N
55. Avaliação dos resultados da equipe de desenvolvimento	S	N	N	N
56. Comunicação do progresso do projeto (disseminação das informações relativas ao desempenho do projeto)	S	N	S	S
Encerramento				
57. Avaliação da validação do produto	S	N	S	S
58. Avaliação dos resultados obtidos (auditoria do projeto)	S	S	S	S
59. Aceite formal do resultado do projeto (junto ao cliente direto ou patrocinador)	S	S	S	S
60. Liquidação dos contratos pendentes e prestação de contas	S	N	S	S
61. Desmobilização da equipe e da estrutura de projeto	S	S	S	S
62. Formalização do fechamento junto aos envolvidos	S	S	S	S
63. Arquivamento do sistema de documentação do projeto	S	N	S	S
64. Arquivamento das informações do projeto para uso futuro	S	S	S	S

O número de respostas “S” representa o quanto cada modelo avaliado explicita atividades que atendem aos critérios estabelecidos para o processo de gerenciamento de projetos em relação ao modelo de referência para o PDMA. Os resultados obtidos foram os seguintes:

- ◆ O modelo utilizado no NeDIP/UFSC (EC1, EC2 e EC3) – 32,8 %.
- ◆ O modelo da Empresa 1 (EC4) – 79,7 %.
- ◆ O modelo da Empresa 2 (EC5) – 84,4 %.

Como o modelo de referência para o PDMA possui atividades explícitas que contemplam os critérios formulados para o processo de gerenciamento de projetos (Figura 6.5), observando os resultados alcançados na avaliação dos modelos NeDIP/UFSC, Empresa 1 e Empresa 2, pode-se inferir que os mesmos são comparativamente menos completos, detalhados e abrangentes que o modelo apresentado nesta tese.

Assim, conclui-se que o modelo proposto pode servir como referência para a implementação de melhorias nos modelos citados, no que se refere ao processo de gerenciamento de projetos.

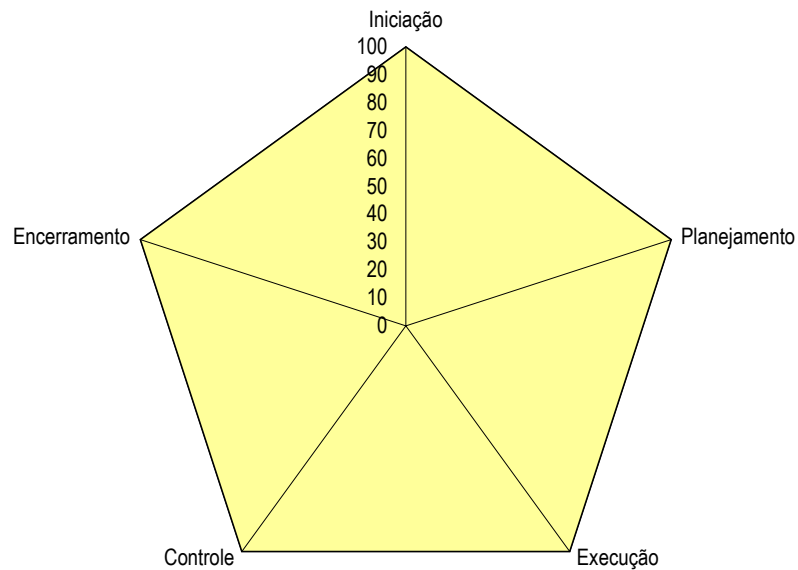


Figura 6.5 – Processo de gerenciamento de projetos: modelo de referência para o PDMA.

Analisando o resultado obtido pelo modelo utilizado no NeDIP/UFSC, conforme ilustra a Figura 6.6, pode-se afirmar que o mesmo é deficiente em relação ao processo de gerenciamento de projetos (32,8 %).

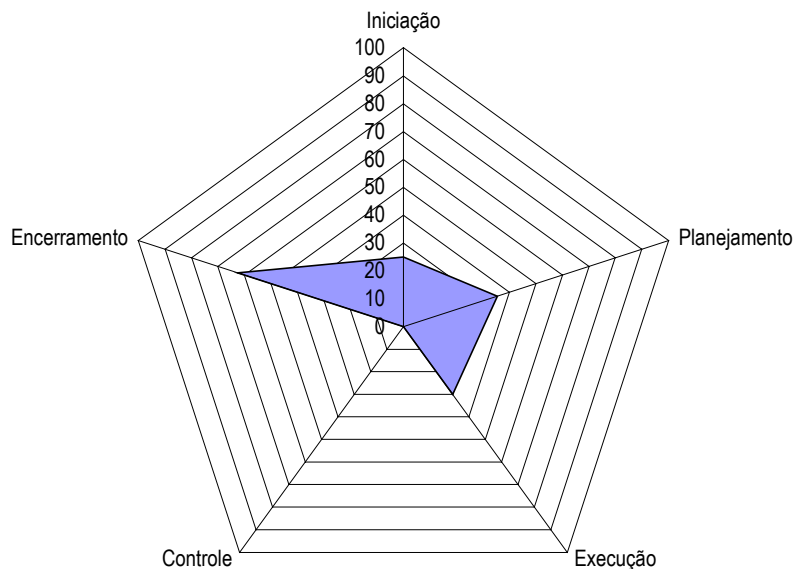


Figura 6.6 – Processo de gerenciamento de projetos: modelo NeDIP/UFSC (EC1, EC2, EC3).

Neste caso, muitas oportunidades de melhorias são identificadas, sendo a principal relacionada ao planejamento dos projetos. Com um planejamento de projeto mais detalhado, produz-se um impacto sobre os processos de execução e controle, que passam a ser realizados, também, de forma melhorada. O processo de encerramento é bem conduzido, e se refere à conclusão da pesquisa, cuja máquina agrícola é objeto.

Já os resultados obtidos, tanto pela avaliação do modelo da Empresa 1 (79,7 %) quanto pelo modelo da Empresa 2 (84,4 %), demonstram um bom nível do processo de gerenciamento de projetos. A análise da Figura 6.7 e Figura 6.8 indica que melhorias podem ser implementadas nos processos de planejamento e controle, mais precisamente no gerenciamento do escopo e dos riscos do projeto.

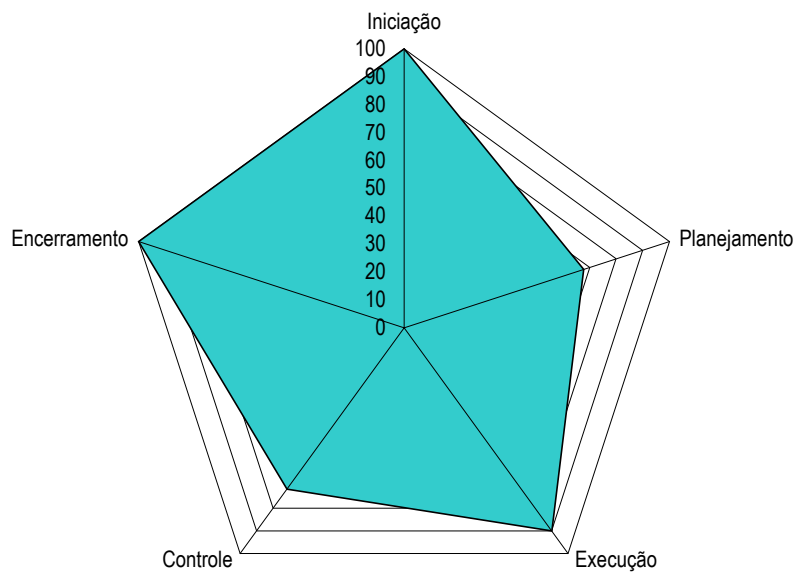


Figura 6.7 – Processo de gerenciamento de projetos: modelo Empresa 1 (EC4).

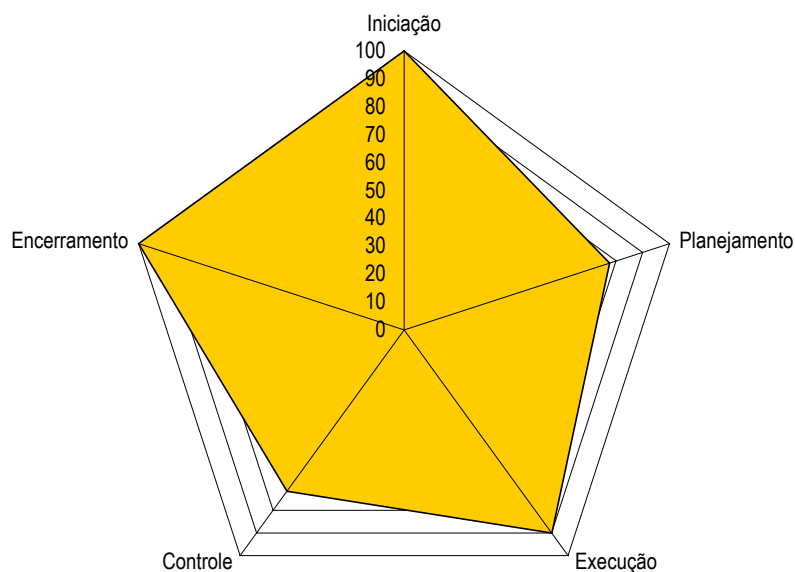


Figura 6.8 – Processo de gerenciamento de projetos: modelo Empresa 2 (EC5).

6.2. AVALIAÇÃO DO MODELO DE REFERÊNCIA JUNTO ÀS EMPRESAS E PESQUISADORES

Um modelo, uma vez desenvolvido, deve ser avaliado segundo critérios que permitam verificar o atendimento do seu propósito. Assim, esta seção apresenta os resultados obtidos na avaliação do modelo de referência junto às empresas participantes dos estudos de caso e a um grupo de pesquisadores.

O objetivo da avaliação foi de verificar a adequação do modelo de referência em promover a construção de uma visão integrada dos múltiplos conhecimentos envolvidos na realização do processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas (questão da pesquisa).

Para isso foram elaboradas onze questões baseadas nos critérios de avaliação de modelos de referência, propostos por Fox, citado por Vernadat (1996), os quais são descritos abaixo:

- ◆ Escopo – relacionado com a área de domínio do processo abrangido pelo modelo.
- ◆ Exatidão – complementar ao escopo e profundidade, dependente do modo como a realidade modelada é entendida, ou seja, define o grau de detalhes do modelo em termos da capacidade de representação.
- ◆ Profundidade – referido ao escopo sob o ponto de vista do nível de detalhamento e decomposição do modelo.
- ◆ Competência – relacionado às áreas do conhecimento abrangidas, isto é, verifica se o modelo é relevante somente para uma disciplina ou se pode ser usado para solucionar problemas de várias disciplinas.
- ◆ Clareza – capacidade do modelo de ser facilmente entendido.
- ◆ Generalidade – um modelo não pode ter um foco muito específico e deve suportar uma grande amplitude de aplicações, de modo a permitir uma avaliação da extensão de utilização do modelo.
- ◆ Capacidade – em suportar eficientemente a resolução do problema sem a necessidade de qualquer transformação.
- ◆ Transformação – capacidade do modelo ser alterado de sua representação atual para outra, mais adequada para outras aplicações.
- ◆ Consistência – capacidade do modelo expressar-se de forma unívoca.
- ◆ Extensibilidade – capacidade do modelo ser expandido.
- ◆ Completeza – relacionado à capacidade do modelo conter toda a informação necessária para resolver o problema proposto.

Baseados nestes critérios as questões formuladas estão descritas no Quadro 6.3.

Quadro 6.3 – Questões relacionadas aos critérios de avaliação do modelo de referência para o PDMA.

Critério	Questões – Q
Escopo	Q1. O modelo de referência abrange o campo de conhecimento do processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas (PDMA) ?
Exatidão	Q2. A estrutura do modelo de referência (gráfica e planilha) é adequada para a representação do PDMA?
Profundidade	Q3. O nível de detalhamento do modelo de referência (fases, atividades e tarefas) é adequado para descrever o PDMA?
Competência	Q4. O modelo de referência abrange os domínios de conhecimento necessários para o desenvolvimento de máquinas agrícolas (marketing, projeto de produto, segurança, etc.) ?
Clareza	Q5. O modelo de referência para o PDMA é facilmente entendido, ou seja, a seqüência das suas fases e atividades?
Generalidade	Q6. O modelo de referência suporta o desenvolvimento de diferentes tipos de máquinas agrícolas, tais como tratores, colhedoras, máquinas para semeadura, entre outras?
Capacidade	Q7. O modelo de referência permite orientar o desenvolvimento de novas concepções para os produtos (produtos inovadores), ou seja, a introdução de novos princípios de solução para a máquina agrícola?
Transformação	Q8. O modelo de referência pode ter a sua estrutura alterada para outra, mais adequada à orientação do desenvolvimento de outros tipos de projetos, como por exemplo, redesenho de produtos existentes?
Consistência	Q9. O modelo de referência apresenta consistência de informação, ou seja, concordância aproximada entre os resultados (saídas) obtidos em cada fase, atividade ou tarefa do processo ?
Extensibilidade	Q10. O modelo de referência permite a sua expansão, ou seja, a definição de novas atividades e tarefas não previstas anteriormente para o desenvolvimento de máquinas agrícolas?
Completeza	Q11. O modelo de referência contém toda a informação necessária para o lançamento de uma máquina agrícola no mercado ?

Para cada questão foi estabelecido um conjunto de cinco respostas possíveis, as quais foram atribuídos os seguintes pesos:

- ◆ 0 (zero): sem resposta (peso mínimo).
- ◆ 1 (um): não atende ao critério.
- ◆ 2 (dois): atende em poucos aspectos ao critério.
- ◆ 3 (três): atende parcialmente ao critério.
- ◆ 4 (quatro): atende em muitos aspectos ao critério.
- ◆ 5 (cinco): atende totalmente ao critério (peso máximo).

As questões acima, juntamente com o modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas, foram enviadas, através de correio eletrônico, a vinte-e-quatro avaliadores¹⁹¹.

¹⁹¹ Entre os respondentes incluem-se: o diretor da área de desenvolvimento de produtos da Empresa 1, multinacional de grande porte, participante do estudo de caso; o diretor de manufatura e o gerente de desenvolvimento de produtos da Empresa 2, multinacional de grande porte, também participante do estudo de caso; um engenheiro de produtos de uma empresa nacional de médio porte, fabricante de máquinas agrícolas; um engenheiro de produtos de uma empresa multinacional de grande porte, fabricante de produtos da linha branca; dois pesquisadores doutores da UFSC e um do SENAI-CIMATEC (Ba), atuantes na área de desenvolvimento de produtos industriais; dois pesquisadores doutores, da UFSCar e da UFSC, coordenadores do projeto PROCAD/CAPES; dois doutorandos e dois mestrands em Engenharia Mecânica da UFSC, pesquisadores na área de desenvolvimento de máquinas agrícolas; e um analista de projetos do Ministério da Ciência e Tecnologia, mestre em engenharia na área de projetos de máquinas agrícolas.

Foram recebidas quinze respostas, que corresponde a um índice total de respondentes igual a 62,5 %. As respostas da avaliação do modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas são apresentadas no Quadro 6.4.

Quadro 6.4 – Respostas da avaliação do modelo de referência para o PDMA.

Avaliadores	Questões											Média por avaliador
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	
A	4	4	3	5	5	5	5	4	5	4	5	4,91
B	5	4	4	5	5	5	4	4	5	5	5	4,64
C	4	5	4	5	5	4	5	5	5	4	5	4,64
D	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4,91
E	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5,00
F	4	4	4	4	4	4	3	4	4	5	4	4,00
G	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4,91
H	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	2	4,73
I	5	3	4	5	4	5	5	5	4	5	4	4,45
J	5	4	4	5	5	5	5	5	5	4	5	4,73
L	5	4	5	4	4	5	5	5	4	5	4	4,55
M	5	4	4	5	4	5	5	4	5	5	4	4,55
N	5	4	5	4	5	5	5	4	5	5	5	4,73
O	4	5	5	4	4	4	5	5	5	5	4	4,55
P	5	3	4	5	5	5	5	5	5	4	1	4,27
Média por questão	4,73	4,20	4,33	4,73	4,67	4,80	4,87	4,93	4,80	4,73	4,20	

Considerando as médias obtidas por questão, os resultados demonstram que o modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas atende satisfatoriamente aos critérios da avaliação, sendo a média geral, resultante dos pesos atribuídos pelos avaliadores, igual a 4,64.

Juntamente com as respostas das avaliações, os avaliadores fizeram questionamentos que serão comentados na próxima seção. Alguns comentários gerais sobre o modelo de referência são transcritos abaixo.

O processo está adequado para a atual situação tecnológica. Pode-se e deve-se modificá-lo constantemente para mantê-lo sempre na direção da maior velocidade, confiabilidade e qualidade do desenvolvimento. (Avaliador C).

Com certeza o modelo é adequado para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas. O modelo está bem estruturado e com bom nível de detalhamento, naturalmente na prática haverá necessidade de se considerar pontos além do que o modelo aborda diretamente. O modelo é um bom guia para as empresas de pequeno e médio porte que não possuem um processo formal de desenvolvimento de máquinas agrícolas. (Avaliador D).

O modelo de referência me pareceu muito bom e completo, o que o torna fácil de ser seguido e certamente muito útil na revisão de todas as fases de um projeto. (Avaliador E).

De modo geral achei muito bom o modelo em si, a divisão em fases/tarefas, etc., a representação visual (muito clara, didática e bonita). Dei notas 4 pois desconheço as especificidades desta indústria/produto e não me sinto a vontade para dar uma nota 5 (considerando que não há nenhum problema). Pelo que percebi o modelo expressa bem a experiência sua e do NeDIP (as fases e a linguagem é própria do NeDIP, etc.) em desenvolvimento de produto e com esta indústria. O texto que você escreveu apresentando o modelo está bem claro e didático. (Avaliador F).

Trata-se de um modelo bastante completo, de fácil entendimento. (Avaliador G).

É um modelo montado em uma plataforma simples de trabalhar (fácil) e aberto, onde, caso seja necessário, pode-se inserir ou retirar o que não for apropriado. Está muito bom. (Avaliador H).

Tendo em vista as conhecidas restrições de estrutura das indústrias de máquinas nacionais, pode-se dizer que o modelo excede as expectativas. O modelo está muito bom. Acredito que oferece uma contribuição muito grande ao processo de desenvolvimento de produtos na área de máquinas agrícolas. Da parte que tenho experiência prévia, destaco a fase de projeto preliminar, que parece oferecer, principalmente para os neófitos, uma orientação muito mais segura e coerente para desenvolver a concepção de projeto do que as propostas até então conhecidas, mesmo fora do âmbito da empresa - na academia. (Avaliador I).

Gostei muito do modelo. Acho que ele faz avançar o conhecimento não só no processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas, mas também no desenvolvimento de produtos de forma geral. A definição de domínios responsáveis por cada tarefa é uma idéia muito boa. O modelo é bastante amplo, é largo e profundo. Largo porque abrange todos os domínios envolvidos e profundo porque detalha todo o processo com mecanismos, controles, entradas e saídas, etc. É bastante didático, auto-explicativo e claro. As várias formas de representação dentro de um único arquivo facilitam bastante o entendimento. O modelo pode ser usado como base para treinamento de pessoas com ou sem conhecimento em desenvolvimento de produtos. Acho que o modelo conseguiu unir campos de conhecimento, que são estudados de forma segmentada, em um corpo único. Fica bastante claro que metodologia de projeto e gerenciamento de projeto não podem ser desassociados. (Avaliador J).

Acredito que o modelo poderá ser plenamente utilizado no ensino acadêmico e no desenvolvimento de produtos em empresas do ramo agrícola, o que lhe confere o propósito de modelo. (Avaliador L).

Considerando a utilização de uma planilha do Excel para representar o modelo graficamente, o trabalho ultrapassou as expectativas, principalmente com relação ao conhecimento implementado, apresentando de forma clara e coesa todos os aspectos envolvidos. O trabalho está muito bom. (Avaliador M).

Depreende-se que o modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas promove a construção de uma visão integrada dos múltiplos conhecimentos envolvidos na realização do processo.

6.3. COMENTÁRIOS FINAIS DO CAPÍTULO

A primeira parte dos comentários do capítulo é referente à análise comparativa do modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas e dos modelos dos estudos de caso. A segunda, é referente a alguns questionamentos realizados pelos avaliadores com relação ao conteúdo do modelo.

Da análise comparativa dos modelos, os resultados obtidos vêm ao encontro daqueles discutidos quando da apresentação dos estudos de caso realizados na academia e na indústria.

Sob o contexto do processo de desenvolvimento de produtos, os estudos de caso realizados no NeDIP/UFSC contribuíram para o modelo de referência com conhecimentos relacionados ao projeto do produto propriamente dito, mais especificamente, às fases de estabelecimento das especificações de projeto (projeto informacional) e elaboração das concepções para o produto (projeto conceitual).

Já os estudos de caso realizados nas empresas contribuíram tanto com conhecimentos relacionados ao projeto do produto – principalmente nas fases de desenvolvimento da configuração do produto (projeto preliminar) e detalhamento dos componentes (projeto detalhado) – e à preparação da produção e lançamento do produto no mercado; quanto ao gerenciamento de projeto – nas fases de execução, controle e encerramento.

Logo, os estudos de caso contribuíram sobremaneira para a elaboração do modelo de referência, bem como as teorias de fundamento e de foco apresentadas nos capítulos iniciais da tese. Por essa razão o modelo de referência apresentou-se mais completo que os modelos estudados.

Com relação às questões levantadas pelos avaliadores do modelo, algumas se referiam a uma menor ênfase do modelo de referência sobre o projeto do processo de manufatura, melhoria do processo/produto e retirada do produto do mercado. Sem dúvida, acredita-se que esses temas não foram esgotados nesta tese, e trabalhos futuros poderão fazer um detalhamento maior sobre o projeto do processo, assim como sobre atividades que envolvam outros domínios, como por exemplo, marketing, segurança, administrativo-financeiro, etc. Com relação à melhoria do produto e retirada do mercado, estas não foram

contempladas no modelo de referência por fazerem parte da macrofase de pós-desenvolvimento, a qual está fora do escopo desta pesquisa.

Outra questão estava relacionada à validação do projeto ocorrer somente ao final da fase de implementação, e não antes do lançamento do produto no mercado. No entanto, como pode ser observado no modelo, antes do lançamento da máquina no mercado existem duas "validações do produto". A primeira é a que se denominou de "liberação do produto" e que ocorre após a aprovação do lote piloto, na fase de preparação da produção.

A segunda ocorre na fase de lançamento, pela "liberação do lote inicial". Assim, a validação do projeto propriamente dita ocorre somente depois da máquina estar no mercado. Dependendo do tipo de máquina agrícola, por exemplo, uma colhedora de grãos, as empresas geralmente acompanham as primeiras "x" máquinas produzidas no campo durante as primeiras "x" horas de trabalho. Durante este período é feita a validação final do produto, seguido da auditoria, validação e encerramento do projeto. Neste momento inicia a macrofase de pós-desenvolvimento, envolvendo as atividades de melhoria do produto, retirada, etc.

Uma questão sobre a representação gráfica do modelo foi levantada, por passar a idéia de que as fases são seqüenciais. Todavia, sob o ponto de vista do aprendizado do processo, as fases são seqüenciais. Sob o ponto de vista da aplicação prática, o que pode ocorrer, dependendo do caso, é que algumas atividades específicas e de fases diferentes aconteçam simultaneamente. Por exemplo, durante a fase de projeto detalhado, simultaneamente ao projeto do processo pode ser que seja autorizada a construção do ferramental (atividade que pertence à fase de preparação da produção) em função dos prazos da ferramentaria comprometer o lançamento do produto. Nesta condição, uma solução seria não aguardar a aprovação da solicitação de investimento (fase de projeto detalhado) e portanto, realizar a atividade da fase seguinte. Nesta situação, a representação gráfica adotada (Figura 4.9) ilustrando os domínios de conhecimento envolvidos representa a simultaneidade de atividades.

Com relação à denominação do domínio de conhecimento da dependabilidade foi perguntado se as dimensões envolvidas (confiabilidade e manutenibilidade) não seriam ligadas ao domínio de qualidade, não sendo, portanto, necessário destacá-las à parte. Por certo confiabilidade e manutenibilidade são dimensões da qualidade. Elas foram destacadas para dar ênfase às atividades de teste, ensaio e assistência técnica da máquina, críticas numa máquina agrícola. Deste modo, as atividades relativas ao domínio qualidade ficaram ligadas ao gerenciamento do projeto e ao sistema de garantia da qualidade, para verificação do atendimento do projeto aos seus objetivos e metas.

Ao final deste capítulo, considera-se que o resultado das avaliações foi altamente positivo, indicando que o modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas atingiu o seu propósito de explicitar o conhecimento sobre o processo de desenvolvimento de produtos do setor, de modo a auxiliar no entendimento e na prática do processo. Logo, considera-se que a questão da pesquisa foi plenamente respondida. No próximo capítulo são apresentadas as considerações finais da tese.

Capítulo 7

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho envolve uma experiência com modelagem do processo de desenvolvimento de produtos do setor industrial de máquinas agrícolas, sendo o resultado obtido baseado em um amplo conjunto de informações advindo de pesquisa em várias áreas do conhecimento. Assim, marcado pela multidisciplinaridade, o modelo de referência apresentado constitui um resultado em si, que vai ao encontro de argumentos que confirmam a validade e a importância da integração da engenharia simultânea e do gerenciamento de projetos. Através dos preceitos do gerenciamento de projetos se obtém um planejamento estruturado que fornece o apoio necessário ao desenvolvimento do produto, e da engenharia simultânea, a forma de realizar o trabalho entre as múltiplas disciplinas.

A utilização da modelagem como meio para a melhoria do processo de desenvolvimento de produtos – cuja complexidade e conteúdo não eram (e ainda não são) completamente conhecidos –, permitiu chegar a um resultado satisfatório no que se refere à identificação e explicitação dos insumos que fazem parte deste cenário, bem como ao entendimento dos inter-relacionamentos, precedências, contextos, etc.

Neste sentido, a forma desenvolvida para a representação do modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas (PDMA), atendendo aos princípios definidos por Vernadat (1996) – separação de conceitos, decomposição funcional, modularidade, generalização, reusabilidade, separação entre procedimentos e funcionalidade, separação entre processos e recursos, conformidade, visualização, simplicidade *versus* adequação, gerenciamento da complexidade, rigor da representação, separação entre dados e controles –, contribuiu decisivamente para o grau de estruturação necessário, e funcionou como instrumento eficaz para a organização dos conhecimentos envolvidos, estabelecendo uma visão detalhada e integrada do mesmo.

Além da fácil e rápida atualização do seu conteúdo, através das diversas possibilidades de arranjos de visualização, geradas a partir da filtragem de informações de seus elementos – domínios de conhecimento, entradas, saídas, mecanismos e controles –, o modelo de referência para o PDMA promove uma infinidade de recursos a serem utilizados, seja pela própria compreensão do processo, seja pela elaboração de modelos particulares, fluxogramas, procedimentos, manuais, apresentações, etc., voltados ao planejamento, à comunicação, ao treinamento, à simulação, à análise, à síntese, à tomada de decisão e ao controle dos projetos.

No que se refere aos princípios da engenharia simultânea, a estrutura para representação de modelos de referência para o processo de desenvolvimento de produtos permite utilizar um processo simultâneo visível, através da seleção de atividades que possam ser realizadas paralelamente, como por exemplo, o projeto do produto e o plano de manufatura, entre outras, facilitando a obtenção de um bom projeto para a manufaturabilidade e apoio logístico.

Sob o contexto do processo de desenvolvimento de produtos, os estudos de caso realizados no NeDIP/UFSC contribuíram para o modelo de referência com conhecimentos relacionados ao projeto do produto propriamente dito, mais especificamente, às fases de estabelecimento das especificações de projeto (projeto informacional) e elaboração das concepções para o produto (projeto conceitual).

Já os estudos de caso realizados nas empresas contribuíram tanto com conhecimentos relacionados ao projeto do produto – principalmente nas fases de desenvolvimento da configuração do produto (projeto preliminar) e detalhamento dos componentes (projeto detalhado) – e à preparação da produção e lançamento do produto no mercado; quanto ao gerenciamento de projeto – nas fases de execução, controle e encerramento.

Tendo em vista que o levantamento bibliográfico realizado sobre o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas revela a escassez de trabalhos que o detalhem, e considerando os bons resultados obtidos na avaliação do modelo de referência, demonstra-se o seu significativo potencial de contribuição para o esclarecimento, ensino e aprendizado deste processo.

Logo, a principal vantagem do modelo de referência para o PDMA é, certamente, a sua utilização nas empresas do setor, especialmente nas de pequeno e médio porte, como recurso indispensável ao estabelecimento de um caminho de migração entre o processo atualmente praticado e um processo melhorado, mais formal e sistemático, integrado aos demais processos empresariais, com os participantes da cadeia de fornecimento e com os clientes finais. Isso significa dizer que, como modelo de referência – genérico –, o mesmo não foi desenvolvido para ser implantado diretamente como modelo particular ou específico, os quais possuem, normalmente, particularidades inerentes à própria empresa – pessoal, cultura organizacional, recursos disponíveis, infra-estrutura, porte, tipos de produtos, mercados atuantes, entre outros.

Assim, entre outras motivações para que as empresas utilizem o modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas para melhorarem seus processos particulares, destacam-se: o nivelamento do entendimento do processo, melhorando a interação e a comunicação entre os envolvidos; uma maior eficiência na identificação das habilidades necessárias, seleção, treinamento e adaptação do pessoal ao trabalho; e, o compartilhamento, pelos membros da equipe, de objetivos comuns definidos pelas saídas desejadas.

Todavia, tão importante quanto, é a possibilidade de utilização do modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas na formação profissional em cursos de graduação e pós-graduação em engenharia mecânica e agrícola, a partir da aplicação dos conhecimentos explicitados em disciplinas teórico-práticas de desenvolvimento de máquinas agrícolas.

Cada uma das diversas áreas de conhecimento relacionadas ao tema da pesquisa, recebeu um tratamento na profundidade necessária e condizente com o propósito de elaborar o modelo de referência para o processo desenvolvimento de máquinas agrícolas, objeto da tese, considerando de modo integrado os preceitos do gerenciamento de projetos e da engenharia simultânea, bem como as melhores práticas adotadas pelas empresas pesquisadas. Contudo, o aprofundamento dos estudos nessas áreas pode permitir a expansão de suas abordagens, com oportunidade de detalhamento crescente, que sugestionam novas pesquisas para otimização, e portanto, a melhoria contínua do processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas.

A partir do modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas – e considerando que inicialmente o propósito da tese abordava a integração dos conhecimentos relativos ao gerenciamento de projeto integrado à metodologia de projeto de produtos industriais, o que se constatou não ser adequado em função da inexistência de trabalhos que descrevessem o processo de forma completa e da interdependência com outros domínios ainda não descritos, sendo necessário, portanto, antes, a sua sistematização, mesmo que de forma incipiente –, algumas recomendações para trabalhos futuros nesta linha de pesquisa são:

- a) Pesquisas que possam explorar mais detalhadamente os domínios de conhecimento de gestão empresarial, marketing, projeto da manufatura, suprimentos, qualidade, segurança¹⁹², dependabilidade, administrativo-financeiro, produção e pós-vendas; a fim de complementar a descrição dos mesmos no modelo proposto, estendendo-se às fases de pré-desenvolvimento da máquina agrícola – considerando temas relacionados às estratégias de tecnologia, produto e mercado –, e de pós-desenvolvimento – envolvendo questões relativas ao ciclo de vida do produto a partir da sua introdução no mercado.
- b) Simulação do desenvolvimento de projetos de produtos inovadores, aperfeiçoados e adaptativos, utilizando o modelo de referência como base para a definição das atividades a serem realizadas, de tal forma que possam ser estabelecidas e analisadas as relações de precedência entre as tarefas, bem como as suas durações relativas, de modo que a variável “tempo” seja adequadamente considerada, revelando as possibilidades de simultaneidade do trabalho envolvido.
- c) Desenvolvimento de uma metodologia para o processo de avaliação de final de fase, que discuta os possíveis resultados a serem atingidos e os critérios correspondentes a serem considerados para aprovação e passagem de fase.
- d) Desenvolvimento de uma metodologia para a organização do sistema de documentação do projeto, tanto sob o aspecto técnico quanto gerencial, que inclua a elaboração de documentos padrões para os mecanismos definidos no modelo de referência, os quais possam ser empregados como diretrizes ou modelos na execução das atividades e tarefas do processo.

¹⁹² Tema tratado detalhadamente em uma tese em desenvolvimento no NeDIP/UFSC, vide Alonço (2001).

- e) Desenvolvimento de uma metodologia de modelagem do processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas para ser aplicado, sobretudo, em empresas que não possuem o mesmo formalizado, incluindo as formas de levantamento de informações e o seu respectivo tratamento, de modo a se obter um diagnóstico do processo praticado, revelando os pontos fracos a serem melhorados.
- f) A partir da análise do modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas, a realização de pesquisa envolvendo a explicitação dos conteúdos relativos às diversas disciplinas da grade curricular dos cursos de graduação em engenharia agrícola e mecânica, a fim de verificar possibilidades de melhorias nas mesmas, de modo a promover a construção integrada dos conhecimentos necessários ao desenvolvimento deste tipo de produto – materiais, hidráulica, pneumática, mecanismos, motores, eletrônica, etc. –, bem como a conscientização da importância do trabalho em conjunto entre diferentes cursos – engenharia mecânica, agronomia, engenharia agrícola, desenho industrial, engenharia de produção, etc.

Para finalizar, considerando os resultados e as conclusões da presente tese, acredita-se ter contribuído não só para o entendimento, ensino e aprendizagem do processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas, como também, para a melhoria da prática do mesmo, permitindo a sua condução de maneira mais efetiva, possibilitando o avanço em todos os campos de conhecimentos envolvidos, o que se faz necessário para a obtenção de produtos melhores e mais competitivos e que produzam benefícios no campo, aumento da produção agrícola nacional, e conseqüentemente satisfação do cliente e da empresa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, J. R.; BARNDT, S. E. *Behavioral Implications of the Project Life Cycle*. In: KING, W. R.; CLELAND, D. **Project Management Handbook**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1988. 2 ed. p. 206-230.

ALONÇO, A. S. **Metodologia de Projeto para Segurança em Máquinas Agrícolas**. Florianópolis, 2001. Proposta de Tese para Exame de Qualificação (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.

AMARAL, D. C. **Arquitetura para Gerenciamento de Conhecimentos Explícitos sobre o Processo de Desenvolvimento de Produto**. São Carlos, 2001. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia, da Universidade de São Paulo.

AMARAL, D. C.; ROZENFELD, H. **Índices de Capabilidade do Processo (Cp, CpK)**. Disponível em <http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos_port/pag_conhec/capabilidadev4.html>. Acesso em: 19 maio 2003.

ANDREASSEN, M. M.; HEIN, L. **Integrated Product Development**. UK: IFS (Publications) Ltd / Springer Verlag, 1987.

ANFAVEA. **Anuário Estatístico da Indústria Automobilística Brasileira 2002**. São Paulo: ANFAVEA, 2002.

ARAÚJO, C. S. Correio eletrônico, 03 dez. 1999. As Ferramentas do DIP. Embraer.

_____. **Desenvolvimento de tecnologias adaptáveis a mecanização da colheita do alho**. Florianópolis, 1993. 114p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.

ARAÚJO, C. S.; MENDES, L. A. G.; TOLEDO, L. B. Modelagem do desenvolvimento de produtos: caso EMBRAER – experiência e lições aprendidas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 3, 2001, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: NeDIP-CTC/UFSC, 2001. CD-ROM: il.

ARCHER, L. B. *Design and Conflicts of Interest*. In: ARCHER, L. B. **Design Awareness and Planned Creativity in Industry**. London/Otawa: The Design Council / Office of Design, Department of Industry, Trade and Commerce, 1974. p.39-50.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 10006**: Gestão da qualidade – diretrizes para a qualidade no gerenciamento de projetos. Rio de Janeiro, dez. 2000, 18p.

BACK, N. **Metodologia de Projeto de Produtos Industriais**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983.

BACK, N.; LEAL, L.C.M. **Uma metodologia de planejamento de teste de produtos industriais**. Produção, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p.61-69, out. 1991.

BACK, N.; OGLIARI, A. **Desenvolvimento do Produto: Aspectos Gerais**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2000. 24p. Apostila.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **FINAME Agrícola**. BNDES. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/produtos/automaticos/finameag.asp>>. Acesso em: 26 maio 2003.

BARROSO NETO, E. **Desenho Industrial: Desenvolvimento de Produtos – Oferta Brasileira de Entidades de Projeto e Consultoria**. Brasília: CNPq/Coordenação Editorial, 1982.

BAUMGÄRTNER, C.; BLESSING, L. *A Comparison of Project Planning in an Italian and a German Company*. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING DESIGN, 1999, Munich. **Proceedings...** Munich, 1999. p. 959-964.

BAXTER, M. **Projeto de Produto: Guia Prático para o Desenvolvimento de Novos Produtos**. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

BERNSTEIN, P. L. **Desafio aos Deuses: a Fascinante História do Risco**. Trad. Ivo Korytowski. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

BERTAPELLI, M. V. **Desenvolvimento do Protótipo da Semeadora por Covas para Plantio Direto**. Florianópolis, 1995. 98p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.

BOMFIM, G. A.; NAGEL, K. D.; ROSSI, L. M. **Fundamentos de uma Metodologia para Desenvolvimento de Produtos**. Rio de Janeiro: COPPE / UFRJ, 1977.

BONSIEPE, G. **Design de Máquinas Especiais**. Brasília: CNPq, Coordenação Editorial, 1986, 56p.

_____. **Metodologia Experimental: Desenho Industrial**. Brasília: CNPq, Coordenação Editorial, 1984, 86p.

BOUJUT, L. F.; JEANTET, A. *Involving suppliers in early product development: a challenge for the purchasing and engineering functions*. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING DESIGN, 12, 1999, Munich. **Proceedings...** Munich, 1999. v. 2, p. 1001-1006.

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**. Florianópolis, 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Safra de grãos 2002/03 é de 120,2 milhões de toneladas, anuncia Roberto Rodrigues**. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/pls/pubacs_cons/ap_detalhe_noticia_cons?p_id_publicacao=4231>. Acesso em: 12 jul. 2003.

_____. Ministério da Indústria e do Comércio. Secretaria de Tecnologia Industrial. **Avaliação Tecnológica da Indústria de Mecânica Agrícola no Estado do Rio Grande do Sul**. Série Documentos, 14, v.1. Brasília, STI/CIT, 1984a.

_____. Ministério da Indústria e do Comércio. Secretaria de Tecnologia Industrial. **Avaliação Tecnológica da Indústria de Mecânica Agrícola nos Estados São Paulo, Goiás e Minas Gerais**. Série Documentos, 14, v.2. Brasília, STI/CIT, 1984b.

BUCKINGHAM, F. *Who's Doing the Operator Manuals? Implement & Tractor*, USA, p.24-26, jun. 1985.

CAIN, W. D. **Engineering Product Design**. London: Business Books Limited, 1969.

CAMPOS, V. F. **Gerenciamento pelas Diretrizes**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1996.

CARRAFA, W. M. **Desenvolvimento de uma Máquina Transplantadora para Pequenas Propriedades Rurais Utilizando uma Abordagem de Projeto de Sistemas Modulares**. Florianópolis, 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.

CENTENO, A. Correio eletrônico, 17 jul. 2000. Re: Informações... [mensagem pessoal].

CHAPMAN, J. **Top 10 Reasons NOT to Use Project Management**. Disponível em: <http://www.hyperhot.com/proj_2.htm>. Acesso em: 13 maio 1999.

CHIUSOLI, R. F. Z.; TOLEDO, J. C. Engenharia Simultânea: Estudo de Casos na Indústria Brasileira de Autopeças. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 2, 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. CD-ROM: il. p.10-19.

CHRISTIANSON, L. L.; ROHRBACH, R. P. **Design in Agricultural Engineering**. St. Joseph: ASAE, 1986.

CLARK, K. B.; FUJIMOTO, T. **Product Development Performance: Strategy, Organization and Management in the World Auto Industry**. Boston: Harvard Business School Press, 1991.

CLARKE, E. *How to Write Better Instruction Manuals*. **Machine Design**, USA, p. 34-38, dec. 1971.

CLAUSING, D. **Total Quality Development: a step-by-step guide to world-class Concurrent Engineering**. New York: ASME, 1995.

COWIE, A. P. **Oxford Advanced Learner's Dictionary**. Oxford: Oxford University Press, 1989.

DAHAB, S. Competitividade da indústria de máquinas agrícolas - Nota Técnica Setorial do Complexo Metal-Mecânico. In: COUTINHO, L. G.; FERRAZ, J. C. **Estudo da Competitividade da Indústria Brasileira**. Campinas, SP: Papirus. 1993.

DALL'AGNOL, R. **Desenvolvimento de Novos Produtos Através do Gerenciamento Simultâneo de Projetos (GSP): Um Estudo de Caso na Indústria de Máquinas Agrícolas**. Porto Alegre, 2001. Dissertação (Mestrado em Administração) – Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

DARÉ, G. **Proposta de um Modelo de Referência para o Desenvolvimento Integrado de Componentes de Plásticos Injetados**. Florianópolis, 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.

DEAN, B. V. **Project Management: Methods and Studies**. Netherlands: Elsevier Science Publishers B.V., 1985.

DINSMORE, P. C. **Gerência de Programas e Projetos**. São Paulo: Pini, 1992.

_____. **Transformando estratégias empresariais através da gerência por projetos**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999.

ESTORILIO, C.; SZNELWAR, L. I. Melhorando o desempenho do desenvolvimento do produto através da análise do processo: um estudo de caso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 3, 2001, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: NeDIP-CTC/UFSC, 2001. CD-ROM: il.

FERREIRA, A. B. H. **Dicionário Aurélio Eletrônico – Século XXI**. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira/Lexicon Informática, versão 3.0, 1999. CD-ROM.

FERREIRA, C. V.; FORCELLINI, F. A. **Custos no Processo de Projeto de Produtos**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2000. 38p. Apostila.

FERREIRA, F. W. **Planejamento sim e não: um modo de agir num mundo em permanente mudança**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979.

FONSECA, A. J. H. **Sistematização do Processo de Obtenção das Especificações de Projeto de Produtos Industriais e sua Implementação Computacional**. Florianópolis, 2000. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.

FORCELLINI, F. A. Relato das Atividades de Pesquisa e Desenvolvimento Realizadas no Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC. In: WORKSHOP SOBRE MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA NA REGIÃO DE CLIMA TEMPERADO, 1, 1994, Pelotas. **Documentos...** Pelotas: EMBRAPA – CPACT, 1996. 135p. p. 103-106.

FRAGOSO, H. R. O Ciclo de Desenvolvimento do Produto da Volkswagen Caminhões e Ônibus. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 1, 1999, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 1999. CD-ROM: il. p.25-28.

GOMES, L. V. N. **Criatividade: Projeto, Desenho, Produto**. Santa Maria: sCHDs, 2001.

GOMES, L. V. N. *et alii*. *The state of art in product planning*. In: PRODUCTION AND OPERATION MANAGEMENT SOCIETY CAPE TOWN CONFERENCE, 1998. **Proceedings...** University of Cape Town, South Africa, 1998, p. 119-127.

GROTE, K. H.; ENGELMANN, F. *Product Planning in Small and Medium-sized Enterprises*. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING DESIGN, 1999, Munich. **Proceedings...** Munich, 1999. p. 453-456.

HARTLEY, J. R. **Engenharia Simultânea: um método para reduzir prazos, melhorar a qualidade e reduzir custos**. Trad. Francisco José Soares Horbe. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

HENDRICKS, D.; de WILDE, H. *Project Management for New Product Development Projects: an Empirical Study*. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING DESIGN, 1999, Munich. **Proceedings...** Munich, 1999. p. 555-558.

HUBKA, V.; EDER, E. W. **Design Science: Introduction to Needs, Scope and Organization of Engineering Design Knowledge**. Great Britain: Springer Verlag, 1996.

JO, H. H.; PARSAEI, H. R.; SULLIVAN, W. G. *Principles of Concurrent Engineering*. In: PARSAEI, H. R.; SULLIVAN, W. G. **Concurrent Engineering: contemporary issues and modern design tools**. London: Chapman & Hall, 1993. p. 3-23.

JOHANSSON, J. **Improvement of the Early Product Planning Process**. Research Project Plan, Royal Institute of Technology Sweden, 1999. Disponível em: <<http://www.damek.kth.se/~joachim/>>. Acesso em: 2000.

KATZFEY, P. A. *Product Discontinuation*. In: ROSENAU Jr., M. D. *et alii*. **The PDMA Handbook of New Product Development**. New York: John Wiley & Sons, 1996. p.413-426.

KEPNER, R. A.; BAINER, R. BARGER, E. L. **Principles of Farm Machinery**. Connecticut: The Avi Publishing Company, 1972.

KERZNER, H. **Gestão de Projetos: As Melhores Práticas**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

_____. **Project Management: a systems approach to planning, scheduling and controlling**. John Wiley & Sons, Inc. 1998.

KING, W. R.; CLELAND, D. I. *Life-Cycle Management*. In: KING, W. R.; CLELAND, D. **Project Management Handbook**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1988. 2 ed. p. 191-205.

LIMA, E. P. **Uma modelagem organizacional suportada por elementos de natureza comportamental**. Florianópolis, 2001. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.

LUCIANO, M. A. **Desenvolvimento de uma Semeadora Aduadora por Covas Acoplável a Tratores de Rabiças**. Florianópolis, 1998. 100p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.

MAGRAB, E. **Integrated Product and Process Design and Development: The Product Realization Process**. CRC Press LLC, 1997.

MARIBONDO, J. F. **Desenvolvimento de uma metodologia de projeto de sistemas modulares, aplicada a unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares**. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MÁRQUEZ, L. **Ergonomia e Segurança no Projeto e Utilização de Máquinas Agrícolas**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1997. Apostila.

MATTAR, F. N.; SANTOS, D. G. **Gerência de Produtos: como tornar seu produto um sucesso**. São Paulo: Atlas, 1999.

MAZETTO, G. M. **Desenvolvimento de um Sistema Modular para Mecanização Agrícola Conservacionista em Pequenas Propriedades**. Florianópolis, 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.

MEREDITH, J. R.; MANTEL Jr., S. J. **Project Management: a managerial approach**. John Wiley & Sons, 1995.

MIALHE, L. G. **Manual de Mecanização Agrícola**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1974, 301p.

_____. **Máquinas agrícolas: ensaios & certificação**. Piracicaba, SP: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996.

MILLER, L. C. G. **Concurrent Engineering Design: Integrating the Best Practices for Process Improvement**. Dearborn, Michigan. Society of Manufacturing Engineers. 1993.

MOLLOY, E.; BROWNE, J. *A knowledge-based to design for manufacture using features*. In: PARSAEI, H. R.; SULLIVAN, W. G. **Concurrent Engineering: contemporary issues and modern design tools**. London: Chapman & Hall, 1993. p.386-401.

MORAES, M. L. B.; REIS, A. V.; TOESCHER, C. F. MACHADO, A. L. T. **Máquinas para Colheita e Processamento dos Grãos**. Pelotas: Universitária, UFPel, 1996.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY – NIST. **Standard for Integration Definition for Function Modeling (IDEF0)**. Draft Federal Information Processing Standards Publication – FIPS 183. Gaithersburg, MD, 1993.

NOBLE, J. S. *Economic design in Concurrent Engineering*. In: PARSAEI, H. R.; SULLIVAN, W. G. **Concurrent Engineering: contemporary issues and modern design tools**. London: Chapman & Hall, 1993. p.352-371.

NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. **Criação de Conhecimento na Empresa**. Trad. Ana Beatriz Rodrigues, Priscilla Martins Celeste. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

OGLIARI, A. **Estudo e Desenvolvimento de Mecanismos Dosadores de Precisão de Máquinas Semeadoras**. Florianópolis, 1990. 121p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.

OLIVEIRA, V. F. A importância do projeto no processo de ensino/aprendizagem. In: Ricardo Manfredi Naveiro e Vanderlí Fava de Oliveira (Org.). **O projeto de engenharia, arquitetura e desenho industrial: conceitos, reflexões, aplicações e formação profissional**. Juiz de Fora: Ed. UFJF, 2001. p.145-184.

OLSON, D. W. *Postlaunch Evaluation for Consumer Goods*. In: ROSENAU Jr., M. D. *et alii. The PDMA Handbook of New Product Development*. New York: John Wiley & Sons, 1996. p.395-412.

OTTUM, B. D. *Launching a New Consumer Product*. In: ROSENAU Jr., M. D. *et alii. The PDMA Handbook of New Product Development*. New York: John Wiley & Sons, 1996. p.381-394.

OWEN, C. L. *Design, Advanced Planning and Product Development*. In: P&D Design, 3, 1998, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Associação de Ensino de Design do Brasil, 1998.

PAHL, G.; BEITZ, W. **Engineering Design: a Systematic Approach**. Ed. Springer Verlag, 1996.

PASSOS, M. C.; CALANDRO, M. L.. **Impactos Sociais e Territoriais da Reestruturação Econômica no Rio Grande do Sul: Transformações nas Estratégias de Produção da Indústria de Máquinas e Implementos Agrícolas do Rio Grande do Sul**. Secretaria da Coordenação e Planejamento. Fundação de Economia e Estatística Siegfried Emanuel Heuser. Documentos FEE, 14, Porto Alegre, 1999.

PERES, J. E. G. **Reprojeto de uma Semeadora de Arroz Pré-Germinado**. Florianópolis, 1997. 123p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.

PINHEIRO, J. R. **Capacitação Tecnológica na Indústria de Máquinas Agrícolas no Rio Grande do Sul**. Florianópolis, 1999. Dissertação (Mestrado em Economia) – Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade Federal de Santa Catarina.

PRASAD, B.; WANG, F.; DENG, J. *A Concurrent Workflow Management Process for Integrated Product Development*. **Journal of Engineering Design**. v.9, n.2, p. 121-135. 1998.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um Guia do Conjunto de Conhecimentos do Gerenciamento de Projetos** (PMBOK® *Guide*). Pennsylvania: Project Management Institute, 2000.

PUGH, S. **Total Design**. Great Britain: Addison-Wesley Publishing Company, 1991.

REIS, A. V. **Desenvolvimento de Concepções para a Dosagem e Deposição de Precisão para Sementes Miúdas**. Florianópolis, 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina. Trabalho não publicado.

REIS, A. V.; ANDRADE, L. F. S.; FORCELLINI, F. A. Sistematização da Tarefa de Valoração dos Requisitos dos Clientes para uso no QFD. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA, 2, João Pessoa, **Anais...** Associação Brasileira de Ciências Mecânicas, 2002. 10p. CD-ROM: il.

ROMANO, F. V. **Um Modelo para o Gerenciamento do Processo de Projeto Integrado de Edificações**. Florianópolis, 2001. Proposta de Tese para Exame de Qualificação (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.

ROMANO, L. N. **Gerenciamento do Processo de Projeto de Produtos Industriais**. Florianópolis, 1999. 116p. Monografia (Disciplina de Tópicos Especiais em Projetos de Sistemas Mecânicos) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.

_____. **Princípios para a implementação da Engenharia Simultânea na Indústria de Máquinas e Implementos Agrícolas**. Florianópolis, 2000a, 65p. Monografia (Disciplina de Tópicos Especiais em Projetos de Sistemas Mecânicos) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Santa Catarina.

_____. **Uma proposta de modelo de referência para o gerenciamento do processo de desenvolvimento do produto: aplicações na Indústria Brasileira de Máquinas Agrícolas**. Florianópolis, 2000b. Proposta de Tese para Exame de Qualificação (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.

ROMANO, L. N.; BACK, N.; OGLIARI, A. Indústria Brasileira de Máquinas Agrícolas: Estudos Preliminares do Processo de Desenvolvimento de Produto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 3, 2001, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 2001a. CD-ROM: il.

_____. Estudos Sobre o Processo de Desenvolvimento de Produto da Indústria de Máquinas Agrícolas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, 2001, Foz de Iguaçu. **Anais...** Foz de Iguaçu: UNIOESTE, 2001b. CD-ROM: il.

ROZENFELD, H. Modelo de Referência para o Desenvolvimento Integrado de Produtos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 17, 1997, Gramado, RS. **Anais...** Gramado: UFRGS, 1997. CD-ROM: il.

ROZENFELD, H.; AMARAL, D. C. Requisitos para a Criação de Modelos de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Produto Considerando a Participação de Fornecedores. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECÂNICA, 15, 1999, Águas de Lindóia, SP. **Anais...** Águas de Lindóia, SP, 1999. CD-ROM: il.

ROZENFELD, H.; AMARAL, D. C.; TOLEDO, J. C.; CARVALHO, J. **O processo de desenvolvimento de produtos**. In: *Fábrica do Futuro*, 1. ed. São Paulo: Editora Banas, 2000. cap. 6, p. 55-64.

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**. Florianópolis, 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.

SANTOS, G. J. **Desenvolvimento do Protótipo de uma Plantadora de Mudanças de Cebola**. Florianópolis, 1987. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.

SCHULMANN, D. **O Desenho Industrial**. Campinas, SP: Papyrus, 1994.

SCHÜTZER, K.; SOUZA, N. L. Implantação do “Digital Mockup” na Indústria Automobilística: Conquistando Vantagens Competitivas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 1, 1999, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 1999. CD-ROM: il. p.305-314.

SILVA, E. **Uma Introdução ao Projeto Arquitetônico**. Porto Alegre: Ed. da Universidade/UFRGS, 1998.

SILVA, M. M.; ALLIPRANDINI, D. H. Análise do Processo de Desenvolvimento do Produto: Estudo de Caso em Empresas Manufatureiras baseado em um Modelo Referencial para Caracterização e Diagnóstico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 2, 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. CD-ROM: il. p.171-180.

SIMERS. **Máquinas e Implementos Agrícolas, a Indústria de Bens de Capital do Rio Grande do Sul para a Agricultura**. Apresentação. Disponível em: <<http://www.simers.com.br/apres.html>>. Acesso em: 16 jun. 2003.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1996.

SMITH, P. G.; REINERTSEN, D. G. **Desenvolvendo Produtos na Metade do Tempo: a agilidade como fator decisivo diante da globalização do mercado**. São Paulo: Futura, 1997.

STEMMER, C. E. **Projeto e Construção de Máquinas: Regras Gerais de Projeto, Elementos de Máquinas**. Porto Alegre: Globo, 1974.

STRYKER, J. D. *Launching a New Business-to-Business Product*. In: ROSENAU Jr., M. D. *et alii*. **The PDMA Handbook of New Product Development**. New York: John Wiley & Sons, 1996. p. 363-380.

ULLMAN, D. G. **The Mechanical Design Process**. Singapore: McGraw-Hill, 1992.

ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D. **Product Design and Development**. New York: McGraw-Hill, 1995.

UPTON, N.; YATES, I. *Putting Design Research to Work*. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING DESIGN**, 2001, Glasgow. **Proceedings...** Glasgow: ICED'01, 2001. v.4. CD-ROM.

VALERI, S. G. **Estudo do Processo de Revisão de Fases no Processo de Desenvolvimento de Produtos em uma Indústria Automotiva**. São Carlos, 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo.

VALERI, S. G.; ALLIPRANDINI, D. H.; ROZENFELD, H. Análise do Processo de Desenvolvimento de Produtos de uma Indústria do Setor Automobilístico. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO**, 2, 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. CD-ROM: il.

VALERIANO, D. L. **Gerência em Projetos: pesquisa, desenvolvimento e engenharia**. São Paulo: Makron Books, 1998.

VALLE, J. A. S.; NAVEIRO, R. M. Ambiente colaborativo para o desenvolvimento e gerenciamento de projetos. In: **ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, 19, 1999, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ, 1999.

VARGAS, R. V. **Gerenciamento de Projetos - Estabelecendo Diferenciais Competitivos**. Rio de Janeiro: Brasport, 2000.

VERNADAT, F.B. **Enterprise Modeling and Integration: Principles and Applications**. London: Chapman & Hall, 1996.

VERZUH, E. **MBA Compacto: Gestão de Projetos**. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

WALLACE, K. M.; CLEGG, C.; KEANE, A. *Visions for Engineering Design: A Multi-Disciplinary Perspective*. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING DESIGN**, 2001, Glasgow. **Proceedings...** Glasgow: ICED'01, 2001. v.4. CD-ROM.

WERNECK, D. **Para que as Empresas Brasileiras sejam mais Competitivas**. Disponível em: <<http://www.ietec.com.br/techoje/administracao/ad9504-2.htm>>. Acesso em 19 jul. 2000.

WHEELWRIGHT, S. C.; CLARK, K. B. **Revolutionizing Product Development: Quantum Leaps in Speed, Efficiency, and Quality**. New York: Free Press, 1992.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D.; CARPENTER, D. **A Máquina que Mudou o Mundo**. Trad. Ivo Korytovski. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

WORKSHOP SOBRE MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA NA REGIÃO DE CLIMA TEMPERADO, 1, 1994, Pelotas. **Documentos...** Pelotas: EMBRAPA – CPACT, 1996. 135p.

ZUKIN, M. *Flexible planning: methodology of product development*. **Estudos em Design**, Rio de Janeiro, v. 7, n.1, p. 41-54, abr. 1999.

APÊNDICES

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO NO LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES

Data: / / n°:

O objetivo deste questionário é explicitar, preliminarmente, a visão dos profissionais da indústria de máquinas e implementos agrícolas instaladas no Brasil, a respeito do seu processo de desenvolvimento de produtos. Busca-se, através dele, avaliar os processos de desenvolvimento de máquinas e implementos agrícolas empregados pelo setor; conhecer como este processo está inserido na estrutura organizacional das empresas; identificar as metodologias e ferramentas de projeto empregadas; e conhecer como os projetos são gerenciados e suas interfaces com as demais áreas da organização. Para isso, espera-se uma contribuição mútua entre universidade e indústria, tendo ambas condições de trocar informações que venham a ser produtivas para o desenvolvimento e melhoramento desta importante área do conhecimento.

DADOS GERAIS DA EMPRESA

1. Empresa
2. Localização
3. Número de funcionários
4. Linha de produtos
5. Mercado de atuação
 Nacional
 Exportação
 Regional
6. Certificação ISO 9001 Sim Não

CARACTERIZAÇÃO DO SETOR DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

7. Nome do setor
8. Como é organizado?
 Estrutura funcional
 Estrutura matricial
 Estrutura por projetos
9. Definida uma matriz Tarefa x Responsabilidade ?
 Sim Não

CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

10. Que tipo de projeto é desenvolvido?
 Novo produto
 Produto derivado projeto anterior
 Produto atual com pequenas alterações
11. Qual a complexidade dos produtos desenvolvidos?
 Alta (acima de 5000 componentes)
 Média (entre 500 e 5000 componentes)
 Baixa (menos de 500 componentes)
12. Qual a complexidade do processo de manufatura?
 Alta (muitos processos)
 Média (vários processos)
 Baixa (poucos processos)
13. Qual o tempo de vida dos projetos?
 Alta (acima de 18 meses)
 Média (entre 6 e 18 meses)
 Baixa (menos de 6 meses)
14. O fornecedor participa do desenvolvimento do produto?
 Sim Não

em que momento (fase) ?

15. É realizado o processo de planejamento de produtos?
 Sim Não
 16. É realizado o processo de planejamento do projeto do produto?
 Sim Não
 17. O processo desenvolvimento de produto obedece a:
 um sistema formal de desenvolvimento; ou
 são conduzidos conforme a experiência dos profissionais.
 18. O processo de desenvolvimento de produto é:
 seqüencial (tradicional)
 utiliza conceitos de engenharia simultânea.
 19. Os procedimentos adotados podem ser ou são representados através de um modelo esquemático contendo as principais fases, etapas ou tarefas?
 Sim Não
 20. Os procedimentos adotados são padronizados e documentados?
 Sim Não
 21. Os procedimentos adotados se baseiam em algum modelo disponível na literatura? Qual?
 Sim Não
 22. Que ferramentas são utilizadas no desenvolvimento de produtos – gestão e projeto do produto?
- ### CARACTERIZAÇÃO DA EQUIPE DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO
23. Qual a formação acadêmica dos profissionais? Instituição?
 24. O curso realizado enfocava disciplinas da área de projeto?
 Sim Não
 25. Esse enfoque atende as necessidades da atividade de projeto?
 Sim Não
 26. A equipe conhece "metodologias de projeto"? Quais?
 Sim Não
 27. A equipe conhece modelos de gerenciamento de projeto e/ou modelos de referência? Quais?
 Sim Não

APÊNDICE B – FORMULÁRIO PARA A DESCRIÇÃO DO PROCESSO

Empresa		Data	
NeDIP		11/07/2002	
1 Título do Processo		Código	
Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas		-	
2 Responsável pela descrição da Fase e sua área		Telefone (ramal)	
Estudo de Caso 3 (EC3)			
3 Descrição do Processo (O que é? Qual a finalidade? Características principais? Quando ocorre? Se existir algum sistema específico, fazer uma breve descrição. Colocar os significados das siglas caso haja.)			
<p>O Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas é decomposto em 4 fases, denominadas: projeto informacional; projeto conceitual; projeto preliminar; e projeto detalhado. O fluxo de informação entre as fases, o resultado obtido em cada uma e os principais momentos de tomada de decisão (pontos de verificação da adequação dos resultados) são mostradas da Figura 1 (Vide 15).</p> <p>O Projeto Informacional possui como objetivo principal estabelecer as especificações de projeto do produto. A fase inicia com a pesquisa de informações sobre o tema de projeto, que inclui o estabelecimento do ciclo de vida do produto. Segue com a identificação das necessidades dos clientes do projeto e o estabelecimento dos seus requisitos. A partir dos requisitos dos clientes são estabelecidos os requisitos do projeto, os quais são hierarquizados, permitindo a identificação dos requisitos do produto que melhor atendem aos requisitos dos clientes. A fase é encerrada com o estabelecimento das especificações de projeto do produto, que formalizam as características do produto a ser desenvolvido.</p> <p>O Projeto Conceitual possui como objetivo principal desenvolver a concepção de projeto do sistema técnico. A fase inicia com a verificação do escopo do problema, que inclui a análise das especificações de projeto e a identificação das restrições. Segue com o estabelecimento da estrutura funcional e a pesquisa por princípios de solução. Após é feita a seleção de combinações de princípios de solução de determinam as concepções de projeto alternativas. A fase é encerrada com o detalhamento inicial das concepções alternativas.</p> <p>O Projeto Preliminar possui como objetivo obter o detalhamento inicial das concepções de projeto. Nesta fase as principais atividades desenvolvidas incluem a elaboração dos leiautes preliminares e detalhados e os desenhos de formas. A fase é encerrada com a verificação dos documentos gerados. O resultado da fase de projeto preliminar é o leiaute definitivo da concepção do produto.</p> <p>O Projeto Detalhado possui como objetivo fixar a disposição, a forma, as dimensões e as tolerâncias de todos os componentes do produto. A especificação dos materiais e a viabilidade técnica e econômica são reavaliadas. Nessa fase são empregados normas e procedimentos padronizados, conforme as necessidades dos meios de fabricação. O resultado da fase é expressa pela documentação completa necessária à produção do produto projetado. A partir do detalhamento do projeto é feita a construção e a montagem do protótipo. O Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas é encerrado com a avaliação do protótipo.</p>			
4 Cargos e/ou áreas responsáveis pela execução do Processo			
Não descrito			
5 Evento que marca o início do Processo (ação ou acontecimento)			
Pesquisa de informações sobre o tema de projeto			
6 Evento que marca o fim do Processo (ação ou acontecimento)			
Execução dos testes de campo			
7 Entradas (informações, formato e meio)		8 Fornecedores	
Necessidade de desenvolvimento de um novo produto			
9 Saídas (informações, formato e meio)		10 Quem usa as saídas	
Protótipo avaliado		Não descrito	
11 Fases executadas (Iniciar a descrição com o verbo		12 Principais ferramentas e documentos utilizados	

no infinitivo)	
1. Projeto Informacional 2. Projeto Conceitual 3. Projeto Preliminar 4. Projeto Detalhado 5. Construção do Protótipo 6. Avaliação do Protótipo	Não descrito

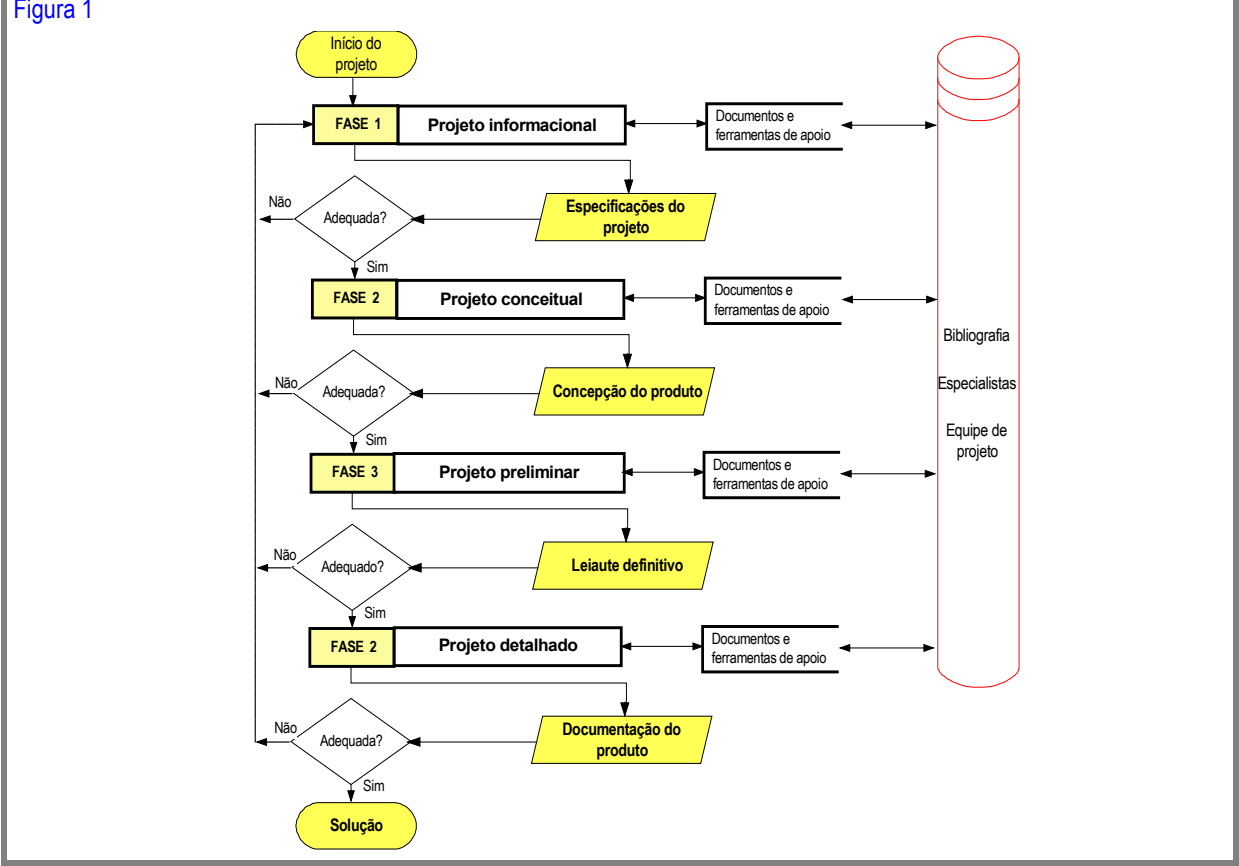
13 Infra-estrutura necessária (equipamentos?, mesas?, etc.)

Não descrito

14 Novas tecnologias e ferramentas de suporte a serem investigadas (Se aplicável, identificar ferramentas novas no mercado ou a ser desenvolvida na empresa, bem como novas tecnologias)

Não descrito

15 Observações (Restrições para a execução do processo, bem como condições de contorno, considerações importantes, para a execução do processo)



APÊNDICE C – FORMULÁRIO PARA A DESCRIÇÃO DA FASE

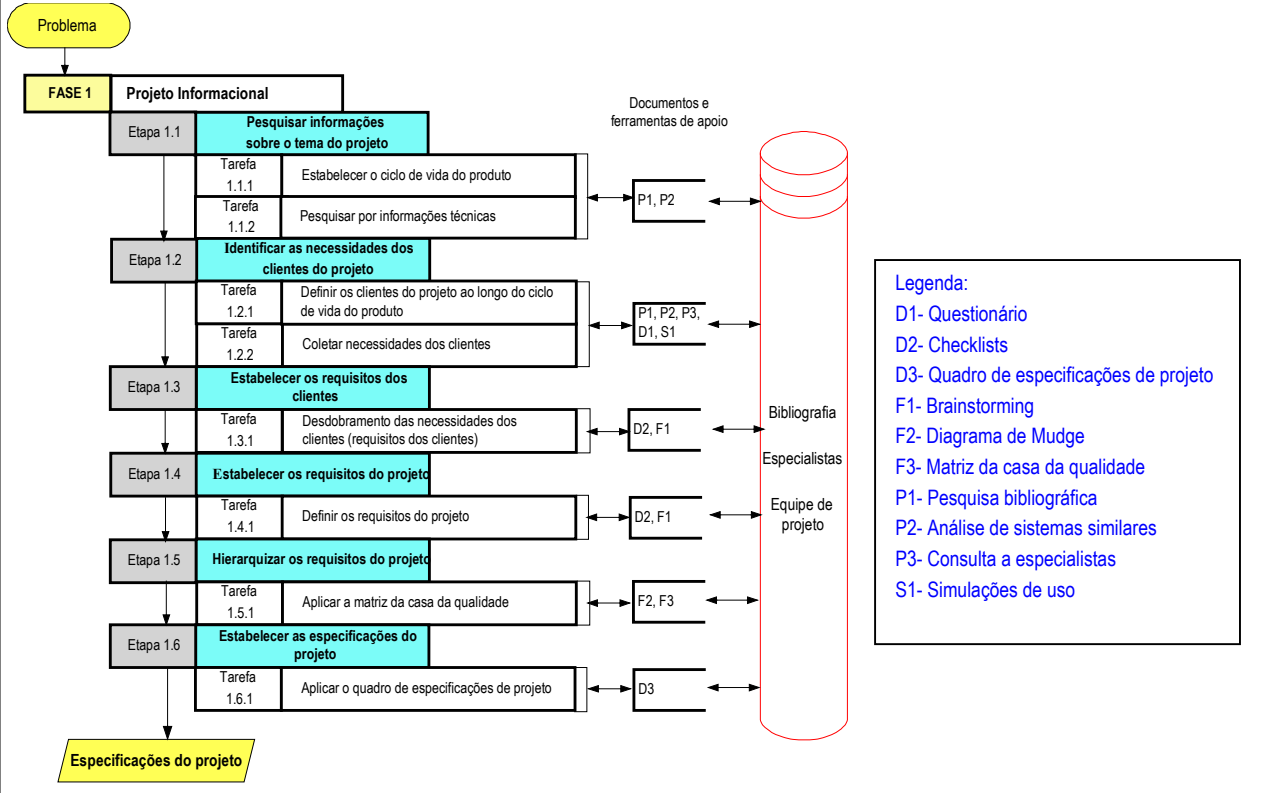
Empresa		Data
NEDIP		11/07/2002
1 Título da Fase		Código
PROJETO INFORMACIONAL		1
2 Responsável pela descrição da Fase e sua área		Telefone (ramal)
Estudo de Caso 3 (EC3)		
3 Descrição da Fase(O que é? Qual a finalidade? Características principais? Quando ocorre? Se existir algum sistema específico, fazer uma breve descrição. Colocar os significados das siglas caso hajam.)		
<p>O Projeto Informacional possui como objetivo principal estabelecer as especificações de projeto do produto.</p> <p>A fase inicia com a pesquisa de informações sobre o tema de projeto, que inclui o estabelecimento do ciclo de vida do produto. Segue com a identificação das necessidades dos clientes do projeto e o estabelecimento dos seus requisitos. A partir dos requisitos dos clientes são estabelecidos os requisitos do projeto, os quais são hierarquizados, permitindo a identificação dos requisitos do produto que melhor atendem aos requisitos dos clientes.</p> <p>A última atividade da fase é o estabelecimento das especificações de projeto do produto, que formalizam as características do produto a ser desenvolvido.</p> <p>A fase é encerrada com a verificação das especificações de projeto. A análise conjunta das respostas suscitadas por essa verificação, deve permitir a tomada de decisão quanto à adequação das especificações do projeto e o início da próxima fase de projeto.</p> <p>As atividades e tarefas, e o conjunto de ferramentas utilizadas nesta fase são mostradas no fluxograma da Figura 1 (Vide 15).</p>		
4 Cargos e/ou áreas responsáveis pela execução da Fase		
Não descrito		
5 Evento que marca o início da Fase (ação ou acontecimento)		
Definição do problema que deu origem a necessidade de desenvolvimento de um novo produto.		
6 Evento que marca o fim da Fase (ação ou acontecimento)		
Verificação das especificações de projeto		
7 Entradas (informações, formato e meio)	8 Fornecedores	
Necessidade de desenvolvimento de um novo produto	Não descrito	
9 Saídas (informações, formato e meio)	10 Quem usa as saídas	
Quadro de Especificações de Projeto	Não descrito	
11 Atividades executadas (Iniciar a descrição com o verbo no infinitivo)	12 Principais ferramentas e documentos utilizados	
1.1 Pesquisar informações sobre o tema de projeto 1.2 Identificar as necessidades dos clientes do projeto 1.3 Estabelecer os requisitos dos clientes 1.4 Estabelecer os requisitos do projeto 1.5 Hierarquizar os requisitos de projeto 1.6 Estabelecer as especificações de projeto	Pesquisa bibliográfica (1.1) e (1.2) Análise de sistemas similares (1.1) e (1.2) Consulta a especialistas (1.2) Questionário estruturado (1.2) Simulações de uso (1.2) Checklists (1.3) e (1.4) Brainstorming (1.3) e (1.4) Diagrama de Mudge (1.5) Matriz da casa da qualidade (1.5) Quadro de especificações de projeto (1.6)	
13 Infra-estrutura necessária (equipamentos?, mesas?, etc.)		
Não descrito		

14 Novas tecnologias e ferramentas de suporte a serem investigadas (Se aplicável, identificar ferramentas novas no mercado ou a ser desenvolvida na empresa, bem como novas tecnologias)

Não descrito

15 Observações (Restrições para a execução do processo, bem como condições de contorno, considerações importantes, para a execução do processo)

Figura 1:



APÊNDICE D – FORMULÁRIO PARA A DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE

Empresa		Data
NEDIP		11/07/2002
1 Título da atividade (Iniciar com um verbo no Infinitivo)		Código
Pesquisar informações sobre o tema de projeto		1.1
2 Responsável pela descrição da atividade e sua área		Telefone (ramal)
Estudo de Caso 3 (EC3)		
3 Descrição da atividade (O que é? Qual a finalidade? Características principais? Quando ocorre? Se existir algum sistema específico, fazer uma breve descrição. Colocar os significados das siglas caso haja.)		
<p>Esta atividade compreende a realização de duas tarefas: (i) estabelecer o ciclo de vida do produto; e, (ii) pesquisar por informações técnicas.</p> <p>O propósito do estabelecimento do ciclo de vida do produto é auxiliar a identificação dos clientes do projeto. O ciclo de vida do produto em desenvolvimento (sistema técnico caracterizado pelo emprego de subsistemas e componentes mecânicos) foi estabelecido através da analogia com o ciclo de vida de outros produtos semelhantes. Assim, o ciclo de vida do produto é constituído pelo: projeto (em suas quatro fases), teste do protótipo, produção (compras, fabricação, montagem), comercialização (marketing, armazenagem, distribuição, vendas), uso (operação, manutenção), descarte (desmontagem, reciclagem, desativação).</p> <p>A pesquisa por informações técnicas acerca do problema de projeto (Vide 18) é feita sobre a bibliografia disponível. Estas informações são importantes em várias etapas do projeto, desde a identificação de necessidades, passando pela confecção do questionário aos clientes, até o estabelecimento final das especificações do projeto, quando é feita a fixação de metas quantitativas e a forma de avaliação destas.</p> <p>A atividade é encerrada com a documentação do ciclo de vida do produto e das informações técnicas acerca do problema de projeto.</p>		
4 Conhecimentos tecnológicos envolvidos (estratégicos e diferenciais)		
Não descrito		
5 Cargos necessários à execução da atividade (alguma habilidade específica?)		
Não descrito		
6 Evento que marca o início da atividade (ação ou acontecimento)		
Estabelecimento do ciclo de vida do produto		
7 Evento que marca o fim da atividade (ação ou acontecimento)		
Documentação da pesquisa de informações técnicas		
8 Entradas (informações, formato e meio)	9 Fornecedores	
Necessidade de desenvolvimento de um novo produto	Não descrito	
10 Saídas (informações, formato e meio)	11 Quem usa as saídas	
Ciclo de vida do produto Informações técnicas	Não descrito	
12 Tarefas executadas pela atividade (Iniciar a descrição com o verbo no infinitivo)	13 Ferramentas computacionais, métodos aplicáveis (consagrados ou informais) e documentos (normas)	
1.1.1 Estabelecer o ciclo de vida do produto 1.1.2 Pesquisar por informações técnicas	Pesquisa bibliográfica Análise de sistemas similares	
14 Infra-estrutura necessária (equipamentos?, mesas?, etc.)		
Não descrito		
15 Problemas com essa atividade (Especificar claramente o problema, tipos: de interfaces, de informações, de hardware, de software, de recursos, etc.)		
Não descrito		

16 Sugestões de melhoria dessa atividade. (Sugerir melhorias para os problemas citados, também sugestões de melhoria para a otimização da execução da atividade)

Não descrito

17 Novas tecnologias e ferramentas de suporte a serem investigadas (Se aplicável, identificar ferramentas novas no mercado ou a ser desenvolvida na empresa, bem como novas tecnologias)

Não descrito

18 Observações (Restrições para a execução do processo, bem como condições de contorno, considerações importantes, para a execução do processo)

- Informações técnicas acerca do problema de projeto: limitações ao emprego da técnica de semeadura de precisão, fatores que influenciam a precisão da máquina, avaliação do desempenho das semeadoras de precisão, tipos de mecanismos dosadores, desempenho comparado, semeadura de arroz, análise funcional das semeadoras atuais.

APÊNDICE E – EXEMPLO DE PLANILHA ELETRÔNICA UTILIZADA PARA INTEGRAR TODO O PROCESSO

Estudo de Caso 3 - EC3			
Objetivo: modelagem do PDMA			
n. Fases	Entrada	Saída	Métodos / Ferramentas / Documentos
n.n Atividades			
n.n.n Tarefas			
Verificação resultado da fase			
1. Projeto Informacional	Necessidade de desenvolvimento de um novo produto	Quadro de Especificações de Projeto	
1.1 Pesquisar informações sobre o tema de projeto	Necessidade de desenvolvimento de um novo produto	Ciclo de vida do produto Informações técnicas	Pesquisa bibliográfica Análise de sistemas similares
1.1.1 Estabelecer o ciclo de vida do produto 1.1.2 Pesquisar por informações técnicas			
1.2 Identificar as necessidades dos clientes do projeto	Ciclo de vida do produto	Necessidades dos clientes	Pesquisa bibliográfica Análise de sistemas similares Consulta a especialistas Questionário estruturado Simulações de uso
1.2.1 Definir os clientes do projeto ao longo do ciclo de vida do produto 1.2.2 Coletar necessidades dos clientes			
1.3 Estabelecer os requisitos dos clientes	Necessidades dos clientes	Requisitos dos clientes	Checklists Brainstorming
1.3.1 Desdobrar as necessidades dos clientes em requisitos dos clientes			
1.4 Estabelecer os requisitos de projeto	Requisitos dos clientes	Requisitos de projeto	Checklists Brainstorming
1.4.1 Definir os requisitos do projeto			
1.5 Hierarquizar os requisitos de projeto	Requisitos dos clientes Requisitos de projeto	Requisitos de projeto hierarquizados	Diagrama de Mudge Matriz da casa da qualidade
1.5.1 Aplicar a matriz da casa da qualidade			
1.6 Estabelecer as especificações de projeto	Requisitos de projeto hierarquizados	Quadro de especificações de projeto	Quadro de especificações de projeto
1.6.1 Aplicar o quadro de especificações de projeto			
Verificação das especificações de projeto	Quadro de especificações de projeto	Especificações de projeto aprovadas	
2. Projeto Conceitual	Quadro de Especificações de Projeto	Concepções alternativas do produto aprovadas	
2.1 Verificar o escopo do problema	Quadro de Especificações de Projeto	Reformulação do problema de projeto	Abstração orientada Quadro de especificações de projeto
2.1.1 Analisar as especificações 2.1.2 Identificar restrições			
2.2 Estabelecer a estrutura funcional	Requisitos dos clientes Requisitos de projeto Reformulação do problema de projeto	Estrutura funcional	Abstração orientada Diretrizes de desenvolvimento da estrutura funcional Matriz de decisão para seleção da estrutura funcional
2.2.1 Estabelecer a função global 2.2.2 Estabelecer estruturas funcionais alternativas 2.2.3 Selecionar a estrutura funcional			
2.3 Pesquisar por princípios de solução	Estrutura funcional	Matriz morfológica	Brainstorming Analogia simbólica e direta TRIZ Pesquisa bibliográfica Matriz morfológica
2.3.1 Aplicar métodos de busca discursivos 2.3.2 Aplicar métodos de busca intuitivos 2.3.3 Aplicar métodos de busca convencionais			
2.4 Combinar princípios de soluções	Matriz morfológica	Princípios de soluções combinados	Matriz morfológica Critérios de combinação
2.4.1 Otimizar a combinação dos princípios de solução			
2.5 Selecionar combinações	Princípios de soluções combinados	Concepções alternativas selecionadas	Julgamento de viabilidade Disponibilidade de tecnologia Exame passalhão passa Matriz de avaliação
2.5.1 Aplicar métodos de seleção			
2.6 Evolver em variantes de concepção	Concepções alternativas selecionadas	Concepções alternativas definitivas	Pesquisa bibliográfica Desenhos de layout em escala Construção de modelos Simulações em computador
2.6.1 Detalhar as concepções selecionadas			
2.7 Avaliar concepções	Concepções alternativas definitivas	Concepções alternativas definitivas	Matriz de avaliação
2.7.1 Aplicar a matriz de avaliação			
Verificação das concepções alternativas	Concepções alternativas definitivas	Concepções alternativas do produto aprovadas	

APÊNDICE F – MODELO DE REFERÊNCIA PARA O PDMA

APÊNDICE G – SISTEMA DE DOCUMENTAÇÃO DO PROJETO

SISTEMA DE DOCUMENTAÇÃO DO PROJETO	
CONTEÚDO GERENCIAL	CONTEÚDO TÉCNICO
Fase 1 - Planejamento do Projeto da MA	
Carta de projeto	Planejamento de marketing (Tamanho e fatia de mercado por região; Oportunidades de crescimento; 1ª avaliação das MA disponíveis no mercado; Normas para homologação; Preço de venda preliminar; Características de mercado da MA; Volume de vendas planejado; Orçamento preliminar de lançamento e propaganda; Ciclo de vida da MA)
Envolvidos no desenvolvimento da MA	Lições aprendidas
Plano de gerenciamento das comunicações	
Alternativa de condução do projeto	
Declaração do escopo do projeto	
Estrutura de decomposição do projeto	
Classificação do risco do projeto	
Equipe de gerenciamento do projeto	
Lista das atividades do projeto	
Lista dos recursos físicos	
Planejamento organizacional	
Cronograma de desenvolvimento	
Custo estimado dos recursos físicos	
Orçamento de desenvolvimento da MA	
Plano de gerenciamento de suprimentos	
Plano de gerenciamento da qualidade	
Política de segurança da MA	
Prioridade do projeto	
Plano do projeto	
Lições aprendidas	
Ficha de aprovação de passagem de fase	
Fase 2 - Projeto Informacional da MA	
Código do projeto	Fatores de influência no projeto da MA
Análise de fluxo de caixa do projeto da MA	Planejamento de marketing
Avaliação das especificações de projeto	Necessidades dos clientes/usuários
Especificações de projeto da MA (EPMA) aprovadas	Requisitos dos clientes/usuários
Relatório de progresso do projeto	Requisitos de projeto
Plano do projeto	2ª avaliação das MA disponíveis no mercado
Lições aprendidas	Especificações de projeto
Ficha de aprovação de passagem de fase	Fatores de influência no plano de manufatura
	Estratégia para o envolvimento de fornecedores
	Informações sobre segurança da MA
	Metas de dependabilidade
	Custo meta da MA
	Lições aprendidas
Fase 3 - Projeto Conceitual da MA	
Contrato de desenvolvimento com fornecedor	Planejamento de marketing
Análise de fluxo de caixa do projeto da MA	Estrutura funcional
Avaliação da concepção da MA	Fornecedores envolvidos

Concepção da MA (CPMA) aprovada	Princípios de solução
Relatório de progresso do projeto	Concepções alternativas
Plano do projeto	Modelos das concepções alternativas
Lições aprendidas	Estimativa de custo das concepções alternativas
Ficha de aprovação de passagem de fase	Relatório de avaliação das concepções alternativas
	Concepção da MA
	Conceito da MA
	Fatores de influência no plano de manufatura
	Informações sobre segurança da MA
	Lições aprendidas
Fase 4 - Projeto Preliminar da MA	
Análise de fluxo de caixa do projeto da MA	
Viabilidade econômica da MA (VEMA)	Leiaute inicial
Avaliação da viabilidade econômica da MA	Leiautes preliminares
Viabilidade econômica da MA (VEMA) aprovada	Leiaute dimensional
Relatório de progresso do projeto	Lista de componentes preliminar
Plano do projeto	Responsáveis pelo detalhamento dos componentes
Lições aprendidas	Desenhos dos componentes
Ficha de aprovação de passagem de fase	Lista de componentes comprados
	Leiaute final
	Desenhos do leiaute final
	Lista de componentes
	Custo preliminar dos componentes / módulos
	Especificações técnicas
	Relatório de pedido de patente
	Plano de fabricação e de teste do protótipo
	Requisição de protótipo
	Estrutura preliminar do protótipo
	Custo preliminar do protótipo
	Requisitos preliminares de manufatura
	Custo preliminar de manufatura do protótipo
	Solicitação de investimento para construção do protótipo
	Capabilidade de manufatura interna
	Capabilidade de manufatura externa
	Informações sobre segurança da MA
	Lições aprendidas
Fase 5 - Projeto Detalhado da MA	
Relatório de custo de desenvolvimento da MA	Planejamento de marketing
Análise de fluxo de caixa do projeto da MA	Divergências de montagem do protótipo
Solicitação de investimento da MA (SIMA)	Relatório de montagem do protótipo
Avaliação da solicitação de investimento da MA	Relatório de protótipo montado
Solicitação de investimento da MA (SIMA) aprovada	Relatório de teste de campo
Relatório de progresso do projeto	Plano de clínica
Plano do projeto	Relatório de clínica
Lições aprendidas	Relatório de segurança do protótipo
Ficha de aprovação de passagem de fase	Relatório de dependabilidade do protótipo
	Plano de ação corretiva do protótipo
	Relatório de implementação das ações corretivas
	Protótipo aprovado
	Cronograma de liberação da documentação

	Obsolescência dos componentes
	Componentes otimizados
	Status do atendimento às normas para homologação
	Desenhos dos componentes
	Desenhos de montagem
	Estimativa de custo detalhado dos componentes
	Solicitação de amostras dos componentes
	Estrutura do produto
	Especificações técnicas
	Plano de manufatura da MA
	Certificados de aprovação de amostras (CAA)
	Procedimentos de segurança
	Procedimentos de assistência técnica
	Esquema das publicações de assistência técnica
	Manual de instruções
	Manual de assistência técnica
	Catálogo de peças
	Documentação da MA
	Relatório de custo da MA
	Relatório de custo de ferramental
	Relatório de custo de lançamento e propaganda
	Preço de venda detalhado
	Lições aprendidas
Fase 6 - Preparação da Produção da MA	
Cronograma de lote piloto, lote inicial e lançamento	Plano para peças de reposição
Liberação para construção de ferramental	Preço de venda da MA
Lote piloto aprovado	Volume de vendas
Relatório de custo de desenvolvimento da MA	Custo de lançamento e propaganda
Análise de fluxo de caixa do projeto da MA	Documentação de montagem da MA (QMB, QMV, QMA, QET)
Cadastro da MA	Plano de manufatura implementado
Avaliação da liberação do produto MA	Plano de produção do lote piloto
Liberação do produto MA (LPMA) aprovada	Pedido de componentes
Relatório de progresso do projeto	Custo dos componentes
Plano do projeto	Certificados de aprovação de amostras (CAA)
Lições aprendidas	Avaliação das CAA reprovadas
Ficha de aprovação de passagem de fase	Relatório de montagem de componentes com CAA reprovadas
	Ações corretivas
	Relatório de teste de montagem
	Avaliação do lote piloto da MA
	Ações corretivas
	Relatório de teste de laboratório
	Relatório de teste de campo
	Relatório de clínica
	Relatório de dependabilidade do lote piloto
	Relatório de segurança do lote piloto
	Relatório de implementação das ações corretivas
	Homologação da MA
	Plano de manufatura revisado
	Capabilidade do processo de manufatura
	Controle contínuo da produção
	Status da qualidade dos produtos do lote piloto

	Certificados de aprovação de amostras (CAA)
	Manual de instruções
	Catálogo de peças
	Manual de assistência técnica
	Treinamento realizado
	Documentação da MA revisada
	Relatório de custo da MA
	Relatório de custo de ferramental
	Relatório de custo de lançamento e propaganda
	Preço de venda da MA
	Liberação do produto MA (LPMA)
	Lições aprendidas
Fase 7 - Lançamento da MA	
Cronograma de lote inicial e lançamento	Boletim informativo de marketing
Avaliação da liberação do lote inicial da MA	Material promocional
Liberação do lote inicial da MA (LIMA) aprovada	Catálogo técnico da MA
Análise econômica e financeira	Plano para peças de reposição
Relatório de progresso do projeto	Lista de peças prioritárias de reposição
Plano do projeto	Lista de preços da MA
Lições aprendidas	Programação da produção do lote inicial
Ficha de aprovação de passagem de fase	Relatório da produção do lote inicial
	Liberação do lote inicial da MA (LIMA)
	Lançamento da MA no mercado
	Lições aprendidas
Fase 8 - Validação do Projeto da MA	
Relatório de progresso do projeto	Volume de vendas
Lições aprendidas	Satisfação dos clientes e/ou usuários da MA confirmada
Validação do projeto da MA (VPMA)	Performance da MA confirmada
Desmobilização da equipe e da estrutura do projeto	Segurança monitorada
Comunicação de encerramento do projeto	Relatório de acidentes
	Ações corretivas
	Critérios de validação da MA
	Relatório de validação da MA
	Avaliação final da validação da MA realizada
	Plano de gerenciamento da qualidade
	Lições aprendidas

ANEXO

CD-ROM do Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas.