

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**PROPOSTAS DE MELHORIA PARA O PDP DE UMA EMPRESA DE**  
**MÁQUINAS AGRÍCOLAS COM BASE NO MODELO DE PDP DA TOYOTA**

**FÁBIO CHENCCI CORRÊA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**PROPOSTAS DE MELHORIA PARA O PDP DE UMA EMPRESA DE  
MÁQUINAS AGRÍCOLAS COM BASE NO MODELO DE PDP DA TOYOTA**

Fábio Chencchi Corrêa

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

**Orientador:** Prof. Dr. Dário Henrique Alliprandini

**SÃO CARLOS**

**2007**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

C824pm

Corrêa, Fábio Chencchi.  
Propostas de melhoria para o PDP de uma empresa de  
máquinas agrícolas com base no modelo de PDP da Toyota  
/ Fábio Chencchi Corrêa. -- São Carlos : UFSCar, 2008.  
201 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São  
Carlos, 2007.

1. Processo de desenvolvimento de produtos. 2. Melhoria  
contínua. 3. Sistema Toyota de desenvolvimento de produto.  
4. Máquinas agrícolas. I. Título.

CDD: 658.575 (20ª)



FOLHA DE APROVAÇÃO

Aluno(a): Fábio Chencchi Corrêa

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DEFENDIDA E APROVADA EM 28/09/2007 PELA  
COMISSÃO JULGADORA:

Prof. Dr. Dário Henrique Alliprandini  
Orientador(a) PPGEP/UFSCar

Prof. Dr. José Carlos de Toledo  
PPGEP/UFSCar

Prof. Dr. Daniel Capaldo Amaral  
EESC/USP

Prof. Dr. Luis Gonzaga Trabasso  
IEMP/ITA

Prof. Dr. Mário Otávio Batalha  
Coordenador do PPGEP

## **DEDICATÓRIA**

“Sê humilde quando quiseres adquirir sabedoria.  
Sê mais humilde ainda quando a tiver adquirido.”

(autor desconhecido)

Aos meus pais José e Elsa minha eterna gratidão,  
à minha esposa Patrícia meu amor incondicional e  
aos meus filhos Caroline e Eduardo todo o meu esforço.

## **AGRADECIMENTOS**

A DEUS, criador e fonte de inspiração, pelo privilégio a mim concedido de poder chegar até aqui e conquistar mais esta importante vitória.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Dário Henrique Alliprandini, pela oportunidade e por ter acreditado neste projeto, e cuja paciência, competência e prontidão na discussão e esclarecimento das dúvidas e correção dos textos foram fundamentais para que o objetivo proposto pudesse se alcançado.

Ao Prof. Dr. José Carlos de Toledo, pelo apoio, contribuição e constante interesse pelo projeto.

Ao Prof. Dr. Daniel Capaldo Amaral, pelo profissionalismo e os valiosos ensinamentos transmitidos no período em que assessorou o projeto de transformação do PDP da empresa, além da inestimável contribuição apresentada durante toda a realização do trabalho.

Aos demais professores do Departamento de Engenharia de Produção da UFSCar, com os quais tive a oportunidade de conviver e aprender, seja nas disciplinas cursadas ou em bate-papos informais.

Aos colegas de sala das várias disciplinas cursadas, pelas trocas de idéias, ajuda na obtenção de material bibliográfico e até mesmo pelo compartilhamento de dúvidas, expectativas e ansiedades no decorrer do curso.

Aos amigos e companheiros de trabalho com os quais tive a oportunidade de discutir as propostas contidas nesta dissertação, cujas opiniões e sugestões muito contribuíram para ampliar os horizontes e delinear o caminho a ser seguido.

Aos meus pais José e Elsa, que sempre me conduziram pelo caminho da virtude, apoiando-me e dando-me as bases para vencer este e vindouros desafios.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1	Objetivos .....	12
1.2	Justificativas .....	13
1.3	Contribuições do Trabalho .....	15
1.4	Estrutura .....	16
<b>2</b>	<b>O PDP NA TOYOTA.....</b>	<b>17</b>
2.1	Introdução ao Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) .....	17
2.1.1	Definição e Importância do PDP .....	17
2.1.2	Evolução das Abordagens para Gestão do PDP .....	18
2.1.3	O PDP Como um Processo de Criação de Informações.....	21
2.1.4	Melhoria Contínua.....	24
2.2	O PDP na Toyota.....	27
2.2.1	Desenvolvimento de Produto na Toyota: Décadas de 1930 a 1980 .....	28
2.2.2	Reorganização: Década de 1990.....	30
2.2.3	Elementos Básicos do PDP da Toyota .....	30
2.2.4	Modelo de Referência para Apresentação do PDP da Toyota.....	37
2.2.5	Nível de Processo: O Processo de Desenvolvimento de Produto.....	39
2.2.5.1	Planejamento e Controle do Programa .....	40
2.2.5.2	Conceito: Papel Fundamental do Engenheiro Chefe .....	44
2.2.5.3	Projeto do Sistema: Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos .....	48
2.2.5.3.1	Princípio 1: Mapear o espaço de projeto.....	51
2.2.5.3.2	Princípio 2: Integrar pelas intersecções.....	54
2.2.5.3.3	Princípio 3: Assegurar exequibilidade antes da implementação.....	56
2.2.5.4	Projeto Detalhado: Padrões de Projeto .....	62
2.2.5.5	Protótipo e Ferramental: Produção Enxuta.....	64
2.2.5.5.1	Preparação para Produção .....	66
2.2.5.6	Síntese do Nível de Processo .....	69
2.2.6	Nível Organizacional: Centros de Desenvolvimento .....	71
2.2.6.1	Situação Pré-Reorganização .....	72
2.2.6.2	Situação Pós-Reorganização.....	75

2.2.7	Nível Operacional: Desenvolvimento de Produto para a Produção Enxuta...	79
2.2.7.1	Carreiras Técnicas.....	83
2.2.7.2	Comunicação Puxada.....	85
2.2.7.3	Melhoria Contínua .....	87
2.2.7.4	Integração com Fornecedores .....	89
2.2.8	Nível Cultural: PDP Baseado no Conhecimento.....	94
2.2.9	Outros Aspectos Relevantes do PDP Toyota .....	97
2.2.9.1	Mecanismos de Integração do PDP .....	97
2.2.9.2	Relatório A3.....	100
2.2.9.3	Gestão do Custo-Alvo.....	102
2.2.9.4	O Papel da Tecnologia.....	106
2.2.10	Síntese do Capítulo .....	107
<b>3</b>	<b>DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA .....</b>	<b>109</b>
3.1	Fundamentos de Metodologia Científica .....	109
3.2	Visão Geral da Pesquisa.....	110
3.3	Método de Pesquisa.....	111
3.4	Desenvolvimento da Pesquisa.....	112
3.5	Contextualização do Objeto de Estudo .....	117
3.6	Retrospecto do PDP .....	119
3.6.1	Situação até 2003.....	119
3.6.2	2004: Segmentação.....	120
3.6.3	2005: Programa PDP <i>Lean</i> .....	122
3.7	Relato da Situação Atual .....	125
3.7.1	Planejamento Estratégico de Produtos .....	126
3.7.2	Conceituação do Produto.....	128
3.7.3	Projeto do Produto e do Processo .....	129
3.7.4	Homologação do Produto .....	130
3.7.5	Homologação do Processo.....	131
3.7.6	Gestão de Projetos .....	134
3.8	Apresentação dos Problemas.....	135

<b>4</b>	<b>PROPOSTA DE AÇÕES PARA MELHORIA DO PDP .....</b>	<b>145</b>
4.1	Estruturação Para a Mudança .....	145
4.2	Apresentação e Discussão das Propostas .....	146
4.2.1	Formalizar o PDP e Consolidar a Estrutura Matricial.....	149
4.2.2	Aumentar a Taxa de Conclusão de Projetos.....	151
4.2.3	Estruturar as Atividades de Planejamento e Controle de Projeto .....	154
4.2.4	Ampliar a Reutilização de Projetos .....	157
4.2.5	Implantar a Sala de Comando.....	159
4.2.6	Separar os Estágios de Criação e Execução .....	160
4.2.7	Adotar a Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos (ESBC).....	162
4.2.8	Reforçar o Papel da Engenharia de Processo .....	164
4.2.9	Empregar uma Visão de Projeto para Manufatura .....	167
4.2.10	Melhorar a Integração Intra e Interprojetos.....	169
4.2.11	Padronizar Produtos, Processos e Competências .....	171
4.2.12	Expandir o Conceito de Engenharia na Fonte ( <i>Genchi Genbutsu</i> ).....	174
4.2.13	Ampliar a Participação de Fornecedores no PDP.....	176
4.2.14	Melhorar o Processo de Testes .....	178
4.2.15	Enfatizar a Gestão do Conhecimento .....	180
4.3	Melhoria Contínua.....	183
4.4	Plano para Implementação .....	183
4.5	Resultados Esperados .....	187
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>189</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>194</b>

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 2.1 – Evolução das abordagens para gestão do PDP.....	21
QUADRO 2.2 – Elementos do PDP da Toyota segundo vários autores.....	35
QUADRO 2.3 – Princípios comuns entre os vários autores. ....	37
QUADRO 2.4 – Principais metas e <i>trade-offs</i> estabelecidos para o Lexus. ....	47
QUADRO 2.5 – Princípios da Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos.....	50
QUADRO 2.6 – Principais problemas do PDP da Toyota antes da reorganização. ....	74
QUADRO 2.7 – Fatores de compatibilização do PDP com a produção enxuta. ....	81
QUADRO 2.8 – Papel do fornecedor no desenvolvimento do produto.....	90
QUADRO 2.9 – Mecanismos organizacionais de integração do PDP. ....	99
QUADRO 3.1 – Passos da Pesquisa-Ação .....	113
QUADRO 3.2 – Entradas, saídas e ferramentas do PDP atual.....	133
QUADRO 3.3 – Principais problemas do PDP atual.....	143
QUADRO 4.1 – Síntese das propostas agrupadas por categoria. ....	147
QUADRO 4.2 – Seqüência de implantação proposta.....	186

**LISTA DE TABELAS**

TABELA 2.1 – Matriz para comunicação de múltiplas alternativas. ....	54
--	----

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 – Objetivos da pesquisa.....	12
FIGURA 2.1 – Definição de processo de negócio.....	22
FIGURA 2.2 – O desenvolvimento de produto como um sistema de informações.....	23
FIGURA 2.3 – Visão geral do processo de melhoria do PDP.....	24
FIGURA 2.4 – Evolução da organização do PDP na Toyota – 1937 a 1963.....	28
FIGURA 2.5 – Evolução da organização do PDP na Toyota – 1965 a 1978.....	29
FIGURA 2.6 – Representação sistemática do PDP da Toyota.....	38
FIGURA 2.7 – Fases e estágios do PDP da Toyota.....	39
FIGURA 2.8 – Exemplo de plano de projeto utilizado pela Toyota.....	41
FIGURA 2.9 – Diferenças entre as formas de planejamento.....	43
FIGURA 2.10 – Engenharia simultânea ponto-a-ponto.....	49
FIGURA 2.11 – Engenharia simultânea baseada em conjuntos.....	50
FIGURA 2.12 – Curva de compensação obtida a partir de vários protótipos.....	52
FIGURA 2.13 – Interseção entre as alternativas ajuda a definir as especificações.....	55
FIGURA 2.14 – Processo 3P simultâneo ao Processo ESBC.....	67
FIGURA 2.15 – Representação melhorada do nível de processo.....	71
FIGURA 2.16 – Organização do PDP da Toyota até 1991.....	72
FIGURA 2.17 – Organização do PDP a partir de 1992.....	76
FIGURA 2.18 – Criação de valor através da geração de informação.....	85
FIGURA 2.19 – Modelo de melhoria contínua da Toyota (LAMDA).....	88
FIGURA 2.20 – Estrutura para o desenvolvimento de fornecedores na Toyota.....	93
FIGURA 2.21 – Pilares do PDP baseado no conhecimento.....	94
FIGURA 2.22 – Mecanismos de integração do PDP.....	100
FIGURA 2.23 – Exemplo de relatório A3 para solução de problemas.....	102
FIGURA 2.24 – Processo de decisão baseado no custo-alvo.....	103
FIGURA 3.1 – Visão geral da pesquisa.....	116
FIGURA 3.2 – Ciclo típico do processo de produção de grãos.....	118
FIGURA 3.3 – Estrutura funcional até 2003 (simplificada).....	120
FIGURA 3.4 – Estrutura matricial a partir de 2004.....	121
FIGURA 3.5 – Fluxograma da situação atual.....	125

FIGURA 4.1 – Taxa de utilização versus número de projetos simultâneos. ....	152
FIGURA 4.2 – Margem de lucro versus curva do ciclo de vida.....	173

## LISTA DE SIGLAS, SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

- AE – Análise Estratégica
- AF – Análise Financeira
- AM – Análise Mercadológica
- AT – Análise Técnica
- 3P – Processo de Preparação para a Produção
- CAD – Computer Aided Design (Projeto Assistido por Computador)
- CAE – Computer Aided Engineering (Engenharia Assistida por Computador)
- CAT – Central de Atendimento Técnico
- CDT – Centro de Desenvolvimento Tecnológico
- EC – Engenheiro-chefe
- ERP – Enterprise Resources Planning
- ESBC – Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos
- GP – Gerente de Projeto
- GF – Gerente Funcional
- IT – Instrução de Trabalho
- MRPII – Manufacturing Resources Planning
- PDM – Product Data Management (Gerenciamento dos Dados do Projeto)
- P&D – Pesquisa e Desenvolvimento
- RAD – Research and Advanced Development
- REP – Relatório de Entrada de Projeto
- SO – Sequência de Operações
- SOP – Start of Production (Início da Produção)
- SGQ – Sistema de Gestão da Qualidade
- STDP – Sistema Toyota de Desenvolvimento de Produto
- STP – Sistema Toyota de Produção
- TIR – Taxa Interna de Retorno

## RESUMO

Enquanto nos últimos anos o Sistema Toyota de Produção (STP) tem sido amplamente estudado e documentado, o Sistema Toyota de Desenvolvimento de Produto (STDP) permanece obscuro, embora seja fato que um bom sistema de produção depende fortemente de um bom sistema de desenvolvimento de produto. Este trabalho apresenta um conjunto de propostas para melhoria do Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) de uma empresa de máquinas agrícolas com base no estudo das práticas de desenvolvimento de produto utilizadas pela Toyota. Para tanto busca-se inicialmente, com base em uma revisão da literatura, entender e descrever de maneira sistêmica o PDP da Toyota e os princípios e práticas que o norteiam. O desenvolvimento da pesquisa lança mão do método de pesquisa-ação para fazer um relato da situação atual do objeto de estudo e o levantamento dos principais problemas, os quais consistem no alvo a ser atingido pelas propostas de melhoria. Tais propostas são formatadas levando-se em consideração a aplicabilidade dos princípios e práticas de gestão do PDP empregados pela Toyota à realidade da empresa estudada e ao contexto de mercado e tecnológico no qual está inserida. O trabalho contribui do ponto de vista acadêmico para um melhor entendimento do STDP e do ponto de vista organizacional sobre como é possível aplicar os princípios estudados como base para reorganização e melhoria contínua do PDP de uma empresa de máquinas agrícolas.

Palavras-chave: Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP). Melhoria do PDP. Sistema Toyota de Desenvolvimento de Produto. PDP na Toyota. Pesquisa-ação. Máquinas Agrícolas.

## ***ABSTRACT***

While in the last years Toyota Production System (TPS) has been largely studied and documented, Toyota Product Development System (TPDS) remains obscure, although it is known that a good production system hadly depends on a good product development system. This research presents a set of proposals for Product Development Process (PDP) improvement in an agricultural machines company, based in the Toyota's product development principles and practices. For so much, at first it has been made a literature review which objective was to understand and to describe Toyota's PDP and its leading principles from a systemic viewpoint. The research development makes use of action research method to report the study object current situation and raising its main problems, which consist in the target to be hit by the improvement proposals. Such proposals were formatted considering the Toyota's PDP principles and management practices applicability to the studied company reality and its both market and technological context. The work contributes from the academic viewpoint to a better understanding of TPDS and also from the organizational viewpoint about how it is possible to apply the studied principles as the base for reorganization and continuous improvement of an agricultural machines company's PDP.

*Key words:* Product Development Process (PDP). PDP Improvement. Toyota Product Development System. PDP on Toyota. Action Research. Agricultural Machines.

## 1 INTRODUÇÃO

É fato que diante dos movimentos de aumento da concorrência (nacional e internacional), rápidos avanços tecnológicos, diminuição do ciclo de vida dos produtos e maior exigência por parte dos consumidores, desenvolver produtos tem se consolidado como um dos processos-chave para o crescimento e a sobrevivência das indústrias manufatureiras (ROZENFELD & AMARAL, 2001). Tal afirmação é corroborada por MOURA (2002), segundo o qual ao lado do planejamento gerencial e da melhoria contínua, o desenvolvimento de produtos é uma das três atividades vitais da organização, uma vez que o produto que está sendo desenvolvido hoje é que determinará o grau de êxito (ou fracasso) que a empresa terá amanhã.

Novos produtos representam a esperança de aumento de participação no mercado, melhoria de desempenho financeiro, criação de novas tecnologias e novos nichos de mercado (CLARK & WHEELWRIGHT, 1993). Além disso, é por intermédio de novos produtos que uma organização de diversifica, se renova ou mesmo se reinventa (BROWN & EISENHARDT, 1995).

BLECHER (2006) cita que um estudo mundial realizado em 2005 pela consultoria Arthur D. Little com 800 empresas revelou que as companhias mais inovadoras de cada setor possuem 2,5 vezes mais produtos e com eles obtêm retorno dez vezes superior de seus investimentos em pesquisa. O estudo aponta ainda que, mais do que cortar custos e adquirir concorrentes, a chave para impulsionar o crescimento e os lucros é a capacidade de aperfeiçoar as habilidades para lançar novidades no mercado.

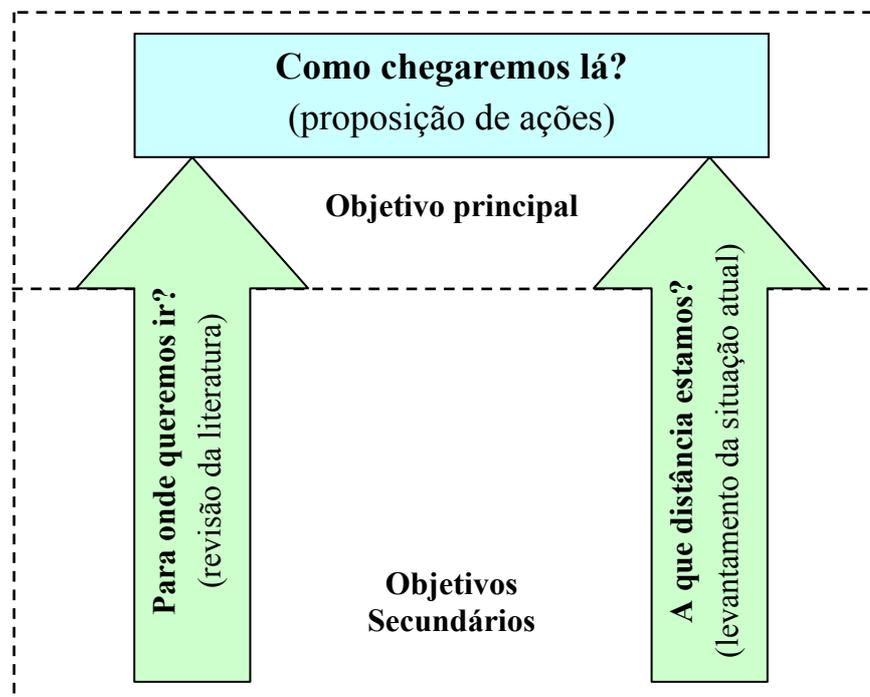
Assim, gerenciar o conjunto de projetos e os projetos individuais de forma eficaz, introduzir novos produtos rápida e frequentemente e alavancar o uso de novas tecnologias bem como sua transferência de um projeto a outro, tem se mostrado uma poderosa fonte de vantagem competitiva (NOBEOKA & CUSUMANO, 1997). MORGAN & LIKER (2006) afirmam que o desenvolvimento de produto será a próxima competência dominante, e que as empresas que não forem capazes de trazer ao mercado os produtos que os consumidores irão querer amanhã ficarão para trás, independente de quão eficiente elas sejam em produzir os produtos de ontem.

Entendida a sua importância estratégica, torna-se patente a necessidade de melhorar continuamente o desempenho do processo de desenvolvimento de produto (PDP), e para tanto é indispensável recorrer a modelos de organização e gestão que privilegiem o desenvolvimento e a manufatura de produtos com melhor qualidade, em menor tempo e com menores custos, além da melhoria da inteligência de mercado, das competências técnicas e da geração, disseminação e reutilização do conhecimento.

### 1.1 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é propor um conjunto de ações para melhoria do PDP de uma empresa fabricante de máquinas agrícolas, com base nas práticas adotadas pela Toyota.

Para se chegar ao objetivo principal, foram traçados dois objetivos secundários: 1) estabelecimento de um arcabouço teórico por meio de revisão da literatura clássica sobre a área de conhecimento (PDP) e específica sobre o tema (PDP da Toyota); 2) levantamento da situação atual do objeto de estudo e seus principais problemas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

**FIGURA 1.1 – Objetivos da pesquisa.**

## 1.2 Justificativas

Segundo NOBEOKA (1995), para conseguir economia de escala e escopo tanto no desenvolvimento de produto quanto na manufatura, o grande desafio tem residido em como compartilhar vários componentes e tecnologias entre vários projetos sem sacrificar a distinção e a qualidade de cada um, e fazer isso entre múltiplas linhas e ao longo de várias gerações de produtos sem perder competitividade. Para tanto as organizações devem buscar coordenação interfuncional e entre projetos simultaneamente, e as interdependências entre projetos devem ser coordenadas dentro do contexto de um projeto específico como um sistema integrado.

SOBEK et al. (1999) afirmam que a Toyota é líder em tempo de desenvolvimento de desenvolvimento de novos produtos mesmo utilizando menos engenheiros que os concorrentes americanos e europeus. Atualmente é capaz de colocar um novo veículo em produção 12 meses após a aprovação do conceito, contra uma média de 2 a 3 anos dos concorrentes (OHNSMAN, 2005). Apresenta ainda um crescimento consistente da participação de mercado e um lucro médio de US\$ 2.000,00 por veículo, quatro vezes maior que o da Daimler Chrysler, por exemplo (SEIBEL, 2006).

É notório que o sucesso alcançado pela Toyota se deve em grande parte ao seu sistema de produção enxuta (*lean manufacturing*), mas certamente, embora menos estudado e documentado, este feito passa também pelo seu processo de desenvolvimento de produto (SOBEK et al., 1999).

Evidenciando tal afirmação, BLECHER (2006) destaca que foi por meio da cooperação entre suas equipes de design e de planejamento – duas áreas conhecidas por suas rivalidades na indústria automobilística – que a Toyota obteve na década de 1990 um avanço tecnológico inestimável: montar o maior número de modelos por plataforma, viabilizado por uma linha enxuta, com menos partes e componentes diferenciados.

Ao desenvolver um novo modelo a Toyota usa até 60% dos componentes presentes nos automóveis que já fazem parte da linha de produtos, conseguindo com isso diminuir dramaticamente os custos de desenvolvimento e produção. Este é o segredo que garante o crescimento constante da empresa, a despeito da agonia pela qual passam os concorrentes americanos (MANO, 2005).

Em 2003 a Toyota superou a Ford, tornando-se a segunda maior em vendas globais (OHNSMAN, 2005). Em 2004 seu lucro foi superior a US\$ 10 bilhões, mais que os resultados de GM, Ford e Daimler Chrysler somados (MANO, 2005). Em 2005 a Toyota foi a vencedora em 10 das 16 categorias de produtos avaliadas pela pesquisa J. D. Power IQS<sup>1</sup> (MORGAN & LIKER, 2006). Em fevereiro de 2006 seu valor de mercado alcançou a cifra de US\$ 200 bilhões, o dobro da soma da GM, Ford e Daimler Chrysler (BLECHER, 2006), e no primeiro trimestre de 2007, a Toyota vendeu 2,35 milhões de unidades, superando pela primeira vez a GM em vendas globais e se tornando a maior montadora do mundo (CORREA, 2007).

Certamente estes números incitam a estudar, entender e replicar as práticas adotadas pela Toyota tanto na produção, tema que já tem sido amplamente estudado desde o início da década de 1990, sobremaneira após a publicação do livro *A Máquina que Mudou o Mundo* por WOMACK et al. (1992), quanto no desenvolvimento de produto, como é o caso deste trabalho de pesquisa.

Entretanto, para que tal entendimento seja alcançado, deve-se afastar de antemão a suposição de que o sucesso da Toyota seja decorrente de fatores culturais, e portanto impossível de ser replicado por outras empresas, principalmente ocidentais. Ao contrário, segundo afirmação de SPEAR & BOWEN (1999) outras empresas japonesas como Nissan e Honda não tiveram sucesso em replicar as práticas da Toyota, enquanto esta conseguiu fazê-lo em suas plantas fora do Japão, principalmente nos EUA. Outra evidência apontada por BLECHER (2006) é que 80% das receitas da Toyota vem de suas filiais no exterior, e 6 dos seus 7 centros de pesquisa e desenvolvimento estão localizados fora do Japão.

No que tange ao caso específico do objeto de estudo escolhido para o presente trabalho, a empresa em questão considera o PDP como um processo estratégico e de cuja eficácia depende fortemente a diminuição do seu índice de sazonalidade e o crescimento sustentável no longo prazo, dado que a linha de produtos atual concentra aproximadamente dois terços das receitas em um único segmento e em apenas quatro meses do ano, gerando um desbalanceamento da produção que impossibilita a

---

<sup>1</sup> A J. D. Power Consumer Center é uma empresa americana especializada em avaliação de satisfação na indústria automobilística. A modalidade IQS (Initial Quality Study) toma como base o número de defeitos apresentados por cada 100 veículos durante os primeiros 90 dias de uso como uma medida da qualidade inicial. Homepage: [www.jdpower.com/cc](http://www.jdpower.com/cc)

manutenção de uma força de trabalho estável e bem treinada e acarreta uma série de problemas de qualidade.

Diante desta realidade a empresa, que já emprega os princípios do Sistema Toyota de Produção (produção enxuta) no chão de fábrica, busca atualmente formas de melhorar o desempenho do seu PDP através da aplicação de um modelo de gestão que privilegie a integração interfuncional e suporte as práticas em curso na manufatura, o que vem ao encontro dos objetivos propostos para este trabalho de pesquisa.

### **1.3 Contribuições do Trabalho**

O trabalho possui duas contribuições distintas e complementares, igualmente importantes:

1. Do ponto de vista acadêmico, por se tratar de um tema ainda pouco explorado, ao final do esforço de pesquisa foi possível reunir, por meio de revisão da literatura, o conjunto de práticas empregadas pelo PDP da Toyota, vistas como parte de um sistema e não de forma estanque. Também mostrou-se, através da formulação de um conjunto de propostas de melhoria para o objeto de estudo, como tais práticas podem ser adaptadas à realidade de outra empresa, atuante em um mercado distinto. Finalmente, o conhecimento gerado pelo trabalho pode fomentar e servir de base para o desenvolvimento de trabalhos futuros aplicados a outras organizações.
2. Do ponto de vista organizacional, as ações propostas podem de fato estabelecer um norte para a melhoria do PDP da empresa estudada, cuja implementação posterior contribua para a obtenção da situação futura (ordem) desejada: um processo de desenvolvimento de produto mais ágil, focado no cliente, com visão de longo prazo e que resulte em produtos de qualidade, rentáveis, competitivos e concebidos para o sistema de produção enxuta, com a melhoria contínua dos indicadores de desempenho: tempo, custo e qualidade.

## 1.4 Estrutura

Esta dissertação é composta de cinco capítulos. O primeiro e presente discorre sobre aspectos introdutórios à área de conhecimento e a importância do tema da pesquisa, os objetivos do trabalho, justificativas para o estudo do tema e contribuições esperadas.

O segundo capítulo compõe a base teórica da pesquisa, cuja primeira parte é introdutória e apresenta a definição e importância do PDP, a evolução das abordagens de gestão, o posicionamento como processo e a necessidade de melhoria contínua. A segunda parte compreende a revisão bibliográfica sobre o PDP na Toyota, iniciando com a forma de abordagem do tema e um breve histórico, passando em seguida à discussão dos principais elementos, apresentação do modelo de referência e descrição detalhada do processo em suas fases e respectivas ferramentas e práticas. Este estudo representa uma das principais contribuições deste trabalho sob a ótica acadêmica.

No capítulo 3 é feito o desenvolvimento da pesquisa, iniciando com os fundamentos de metodologia científica, passando pela descrição do método utilizado e a forma de organização e desenvolvimento da pesquisa. Em seguida é feita a contextualização do objeto de estudo e um retrospecto do PDP, terminando com um relato da situação atual e a identificação dos principais problemas.

Com base na revisão teórica e nos problemas identificados, o quarto capítulo apresenta e discorre sobre um conjunto de ações propostas para melhoria do objeto de estudo, “puxando” as principais práticas da Toyota e adaptando-as à realidade da empresa estuda com vistas à solução ou minimização de tais problemas. É sugerido ainda um plano para implementação e critérios para priorização das propostas. Este capítulo constitui o principal objetivo do trabalho e sua principal contribuição do ponto de vista organizacional.

Finalmente, no capítulo 5 são apresentadas as conclusões, reflexões e considerações finais, bem como algumas indicações e sugestões para continuidade dos estudos sobre o tema e realização de pesquisas futuras.

## **2 O PDP NA TOYOTA**

Este capítulo consiste na fundamentação teórica da pesquisa, cujo propósito é oferecer subsídios para o alcance das contribuições propostas, bem como para o posicionamento das mesmas em relação a outros trabalhos.

Inicia-se com uma seção introdutória sobre o PDP clássico, passando-se em seguida a uma revisão detalhada sobre o PDP da Toyota.

### **2.1 Introdução ao Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP)**

O objetivo desta seção é o entendimento dos principais aspectos inerentes à conceituação, organização, gestão e melhoria do Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP).

#### **2.1.1 Definição e Importância do PDP**

Basicamente, o desenvolvimento de produto consiste em um conjunto de atividades por meio das quais se busca – a partir das necessidades do mercado, possibilidades e restrições tecnológicas, e considerando-se as estratégias da organização – chegar às especificações técnicas de um produto e seu respectivo processo de produção (ROZENFELD, et al., 2006).

CLARK & FUJIMOTO (1991) definem o desenvolvimento de produto como o processo pelo qual uma organização transforma dados sobre oportunidades de mercado e possibilidades técnicas em bens e informações para a fabricação de um produto comercial.

O PDP situa-se na interface entre a empresa e o mercado, daí sua importância estratégica, cabendo a ele desenvolver produtos: a) que atendam às expectativas do mercado em termos de qualidade; b) no tempo adequado e de forma mais rápida que os concorrentes; c) a um custo compatível de projeto e de produto. Também deve assegurar que o produto desenvolvido possa ser produzido econômica e produtivamente, dentro das restrições de custo e qualidade da manufatura (TOLEDO, 2000).

Para MOURA (2002), ao lado do planejamento gerencial e da melhoria contínua, o desenvolvimento de produtos é uma das três atividades vitais da organização, uma vez que o produto que está sendo desenvolvido hoje é que determinará o grau de êxito (ou fracasso) que a empresa terá amanhã.

Especificamente no caso do Brasil, o PDP ganhou relevância principalmente após a abertura de mercado ocorrida em 1992 (SANTOS, 1995), embora grande parte das atividades internas de desenvolvimento ainda consista em mudanças incrementais e o desenvolvimento tecnológico esteja em sua maioria concentrado nos países desenvolvidos (TOLEDO, 2000). Assim, para BARBOSA (2001) o desafio consiste em estimular e criar condições favoráveis para que as empresas invistam em P&D como forma de agregar valor aos produtos nacionais e conseqüentemente à pauta de exportação (hoje composta basicamente por *commodities*), passando obrigatoriamente por uma maior qualificação do corpo técnico e gerencial e elevando o conhecimento sobre as melhores práticas de estruturação e gestão do PDP (ROZENFELD et al., 2006).

### 2.1.2 Evolução das Abordagens para Gestão do PDP

A gestão eficaz do PDP é uma das formas efetivas de criação de vantagem competitiva (GUIMARÃES, 2004). A evolução do PDP e sua gestão estão relacionadas à evolução do modelo de gestão adotado pelas empresas (TOLEDO et al., 2002).

ROZENFELD et al. (2006) apresentam esta evolução discorrendo sobre várias abordagens de gestão do PDP surgidas desde o advento do sistema de produção em massa até os dias atuais, as quais encontram-se resumidas e cronologicamente ordenadas a seguir:

- **Engenharia Tradicional ou Seqüencial:** as informações sobre o produto eram definidas e transferidas de uma área funcional para outra, sem interação entre elas e com cada uma limitando-se a receber uma determinada informação e realizar uma determinada atividade. Acreditava-se que um produto excelente surgiria apenas da excelência em cada uma das áreas de especialização.

- **Metodologias de Projeto:** a proposta desta abordagem era encontrar a seqüência de etapas e atividades considerada mais racional para se desenvolver um produto, mantendo a característica de gerenciamento funcional e transferência do projeto de um departamento a outro.
- **Engenharia Simultânea:** dentre várias inovações, esta abordagem introduziu o conceito de times multifuncionais, liderados por um gerente de projeto com autoridade superior aos gerentes funcionais. A integração interfuncional foi ampliada, possibilitando também a participação de clientes e fornecedores no projeto, enquanto a realização de atividades simultâneas promovia a diminuição do tempo e custo de desenvolvimento e aumento da qualidade.
- **Processos de Negócio:** a integração interfuncional foi reforçada com o entendimento da relação entre atividades antes consideradas estanques, como a criação e aplicação de tecnologia. Outra contribuição importante foi o alinhamento entre as atividades do PDP e o planejamento estratégico da empresa, considerando a estratégia mercadológica, a estratégia de produtos e a estratégia tecnológica.
- **Funil de Desenvolvimento:** desenvolvida por CLARK & WHEELWRIGHT (1993), esta abordagem incorporava a visão de processos de negócio e propunha um modelo no qual o PDP iniciava com o planejamento de um conjunto (portfólio) de projetos e, através de um processo sistemático de avaliação, somente os produtos com maior probabilidade de sucesso chegavam ao mercado.
- **Stage-Gates:** o foco desta abordagem era estabelecer um processo sistemático de decisão que garantisse não só o desempenho e a qualidade do desenvolvimento, mas que considerasse também o andamento de todos os projetos e as mudanças no ambiente, fortalecendo ainda mais o impacto do desenvolvimento na estratégia de produtos.
- **Desenvolvimento Integrado de Produto:** junção das abordagens da Engenharia Simultânea, Funil de Desenvolvimento e *Stage-Gates*, o desenvolvimento integrado de produtos iniciou uma nova era, reunindo as seguintes características para gestão do PDP:
  - Desenvolvimento de produtos visto como um processo;
  - P&D e DP inseridos na estratégia e cultura da empresa;

- Uso de projetos plataforma e modularizados para criar grande variedade de produtos, atendendo a vários segmentos com baixo investimento;
- Desenvolvimento de tecnologias e produtos visto como fundamental para a estratégia e competitividade da empresa;
- Simultaneidade e superposição de atividades e informações;
- Maior capacidade e intensidade de comunicação interfuncional;
- Projetos conduzidos por meio de times multifuncionais;
- Fornecedores envolvidos desde o início do desenvolvimento e maior facilidade no estabelecimento de parcerias;
- Projetos constantemente submetidos à avaliação e revisão técnica, de custos e de alinhamento estratégico;
- Recursos aplicados ao PDP devem ser justificados pela necessidade e controlados e avaliados constantemente;
- Profissionais tendem a ser mais generalistas, com promoções verticais e horizontais e maior rotatividade;
- Seleção e treinamento focados nos atributos mais gerais, com a visão do todo sendo tão importante quanto a especialização técnica;
- Estimulo à participação das áreas envolvidas ocorre em todas as fases do projeto, fundamentalmente no início.

ROZENFELD et al. (2006) argumentam que a necessidade de integração e coordenação das atividades levou a visão do desenvolvimento de produto, com sua estruturação e gestão, à forma atual – um processo essencial para o desempenho empresarial. Os autores identificam ainda algumas abordagens mais recentes, com mudanças significativas mas ainda pouco estudadas, constituindo as novas fronteiras de estudo do PDP:

- **Desenvolvimento *Lean*:** propõe uma visão mais orgânica do PDP, com a máxima simplificação e mínima formalização do processo, valorização do trabalho dos times e incentivo à experimentação e aprendizagem. O gerente de projeto é visto como um orientador em busca da inovação constante.
- ***Design For Six Sigma (DFSS)*:** foco na integração entre necessidades do mercado, requisitos de produto, especificações e tolerâncias por meio do uso de otimização, com aplicação intensa de ferramentas estatísticas e simulação.

- **Modelos de Maturidade:** trata-se de um modelo para sistematização do processo que, além das fases e atividades, divididas em áreas de conhecimento, fornece níveis de maturidade determinados de acordo com o uso de práticas e indicadores capazes de medir estes níveis.
- **Gerenciamento do Ciclo de Vida:** integração, por meio de Sistemas Integrados de Gestão (ERP), das áreas funcionais dentro de projetos individuais e entre projetos distintos, com interações em tempo real. Assim, o conjunto de projetos pode ser coordenado de forma mais sistemática e com maior velocidade e segurança na tomada de decisões.

O quadro 2.1 sintetiza as eras de evolução da gestão do PDP e as principais abordagens desenvolvidas em cada uma delas.

**QUADRO 2.1 – Evolução das abordagens para gestão do PDP.**

<b>Eras de Evolução da Gestão do PDP</b>	<b>Abordagens</b>
Desenvolvimento Seqüencial de Produtos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Engenharia Tradicional ou Seqüencial</li> <li>• Metodologias de Projeto</li> </ul>
Desenvolvimento Integrado de Produtos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Engenharia Simultânea</li> <li>• Funil de Desenvolvimento</li> <li>• <i>Stage-Gates</i></li> </ul>
Novas Abordagens	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Lean</i></li> <li>• Design for Six Sigma</li> <li>• Modelos de Maturidade</li> <li>• Gerenciamento do Ciclo de Vida</li> </ul>

Fonte: ROZENFELD et al. (2006).

### **2.1.3 O PDP Como um Processo de Criação de Informações**

A definição de CLARK & FUJIMOTO (1991), apresentada no tópico 2.1.1, destaca dois aspectos relevantes para o enfoque da estruturação e gestão do PDP: o conceito de processo e o fluxo de informações, além do fluxo de atividades (ROZENFELD et al., 2006).

Dada a sua natureza não estruturada, é difícil visualizar e integrar as atividades do desenvolvimento de produto com as demais atividades e processos da organização, estendendo-se a fornecedores e clientes (ROZENFELD et al., 2006). Esses mesmos autores defendem que o primeiro passo nessa direção é tornar o conjunto de atividades “visível” a todos os atores envolvidos, empregando-se o conceito de processo de negócio. DAVENPORT (1994) define processo de negócio como um conjunto de atividades ordenadas no tempo, com começo, fim, entradas e saídas claramente definidas. A figura 2.1 ilustra o conceito de processo de negócio.



Fonte: ROZENFELD (1996).

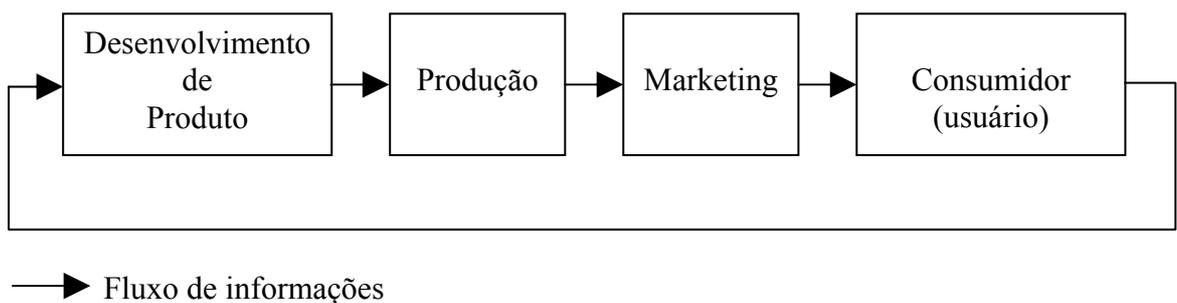
**FIGURA 2.1 – Definição de processo de negócio.**

Para AMARAL (2001), abordar o desenvolvimento de produto como um processo apresenta as seguintes vantagens:

- Esclarece as relações dentro da organização e entre esta e o mercado;
- Permite identificar as causas e efeitos que levam a um determinado desempenho;
- É uma visão comum entre diversas abordagens para estruturação e gestão do desenvolvimento de produto;
- Permite que cada indivíduo observe os impactos das suas atividades e identifique o que agrega valor e o que é desperdício;
- Melhora a aprendizagem, pois salienta as penalidades decorrentes da falta de integração interfuncional.

Uma vez estruturado e entendido como um processo, o PDP pode ser mais bem gerenciado se analisado como um sistema integrado de criação e transmissão de informações. CLARK & FUJIMOTO (1991) afirmam que focar no entendimento de como a informação é criada, exibida, armazenada, combinada, decomposta e transferida entre os diversos atores ajuda a esclarecer o papel do desenvolvimento de produto dentro do contexto amplo de competitividade.

Segundo esses mesmos autores, o desenvolvimento de produto cria um conjunto de mensagens ou informações com um determinado valor, as quais são reunidas pela produção na forma de produtos, os quais são entregues pelo marketing aos clientes-alvo, que interpretam e geram experiências de satisfação ou insatisfação a partir das informações contidas no produto. Este ciclo é representado pela figura 2.2.



Fonte: CLARK & FUJIMOTO (1991).

**FIGURA 2.2 – O desenvolvimento de produto como um sistema de informações.**

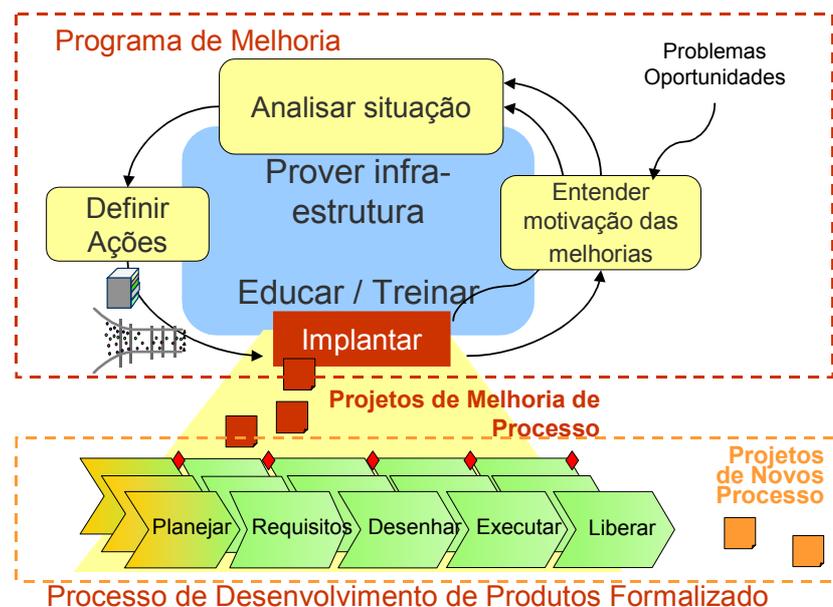
Olhar para o desenvolvimento de produto como um sistema de informações afeta fundamentalmente a maneira de pensar sobre fabricantes e consumidores. Sob esta perspectiva, o que se consome é a experiência proporcionada pelo produto e não o produto em si. Isto torna a comunicação com os clientes o principal objetivo da organização, com o produto sendo apenas um meio para isso (CLARK & FUJIMOTO, 1991).

### 2.1.4 Melhoria Contínua

Para acompanhar a dinâmica do mercado, caracterizada por ciclos de vida tecnológicos e de produtos cada vez mais curtos, as empresas devem aprimorar continuamente a sua capacidade de inovação e lançamento de novos produtos. Isto exige que o próprio processo utilizado para o desenvolvimento de produtos seja constantemente melhorado e atualizado a partir do aprendizado acumulado a cada projeto realizado, da observação do PDP de outras empresas, da incorporação de melhores práticas e da própria evolução e mudanças no ambiente de negócios no qual a empresa está inserida (ROZENFELD, et al., 2006).

Segundo esses mesmos autores, melhorias podem ser introduzidas em qualquer fase do PDP e são especialmente desejáveis quando se nota uma queda no desempenho ou desempenho abaixo do esperado, ou ainda quando novas oportunidades se apresentam em decorrência dos avanços tecnológicos ou mudanças de mercado. Tais melhorias se classificam como incrementais (solução de problemas pontuais) ou inovadoras (transformação) dependendo do nível de maturidade do processo.

ROZENFELD et al. (2006) propõem um método para melhoria do PDP, o qual é representado pela figura 2.3 e descrito de forma resumida a seguir.



Fonte: ROZENFELD et al. (2006).

**FIGURA 2.3 – Visão geral do processo de melhoria do PDP.**

- **Entender a motivação das melhorias:** consiste em analisar as entradas advindas dos diversos canais de comunicação, com o objetivo de entender os problemas, as oportunidades e motivar a empresa a executar as mudanças. Deve-se estar preparado para, a qualquer momento, mudar o PDP afim de evitar a reincidência de problemas e também para abraçar as oportunidades que possam surgir. Os motivos para melhoria podem estar relacionados aos últimos acontecimentos, condições do ambiente, exigências do mercado, condicionantes de competição, resultado de *benchmarking*, etc.
- **Analisar a situação:** analisar as propostas de melhoria, preferencialmente com a utilização de uma técnica estruturada de diagnóstico<sup>2</sup>, afim de identificar as causas dos problemas, avaliar a viabilidade das oportunidades, avaliar a eficiência e a eficácia das propostas e o impacto das mudanças nas áreas do conhecimento e outros processos. Para situações mais complexas deve-se associar esta análise à visão estratégica e à definição de políticas, estratégias e objetivos de transformação.
- **Definir ações:** com base na análise da situação atual, realiza-se a aprovação das propostas de melhoria ou transformação, a identificação de soluções alternativas, a definição do conjunto de ações e a priorização de acordo com a capacidade de realização. Quando as propostas envolverem mudanças de maior impacto, como por exemplo a sistematização do PDP, o realinhamento da estrutura organizacional ou a implantação de sistemas de informação, deve-se fazer também uma análise do nível de maturidade<sup>3</sup> atual e desejado antes da definição dos projetos.
- **Implantar:** consiste em disponibilizar os recursos humanos e materiais necessários para a execução da melhoria ou transformação. Para ações mais complexas é necessário montar um projeto de implantação com atividades, prazos, custos, responsabilidades e critérios de aprovação bem definidos. Durante a implantação deve-se tomar o cuidado de comunicar as mudanças para

---

<sup>2</sup> Entre as técnicas de diagnostico mais comuns estão o FMEA, diagrama de Ishikawa, mapeamento do fluxo de valor, análise de valor, modelagem de processo, etc.

<sup>3</sup> Existem basicamente 3 níveis de maturidade do PDP: no nível básico realiza-se apenas as atividades essenciais e o processo não é sistematizado; no nível intermediário o processo é padronizado e previsível e aplica-se as melhores práticas de desenvolvimento; no nível avancado os resultados são mensuráveis, as decisões são baseadas em fatos e pratica-se a melhoria contínua e a aprendizagem.

toda a organização, treinar as pessoas envolvidas e se necessário realizar testes piloto para ajustes antes da liberação final.

Para dar suporte a este ciclo de melhoria contínua, a organização deve prover a infra-estrutura necessária (como por exemplo um comitê multidisciplinar) para que se avalie constantemente a necessidade de melhorias no processo, e treinar constantemente as pessoas nas técnicas de gestão do conhecimento, modelagem de empresas, métodos e ferramentas de desenvolvimento de produtos, etc.

## 2.2 O PDP na Toyota

De acordo com KENNEDY (2003), sob o rótulo de Desenvolvimento Enxuto de Produto (*Lean Product Development* ou *Lean Development*), esforços tem sido focados principalmente na eliminação de desperdícios e aplicação de técnicas da Produção Enxuta no PDP. Para esse mesmo autor, apesar de importantes, a eliminação de atividades que não agregam valor e a aplicação de outros princípios enxutos no PDP por si só não traduzem a filosofia de desenvolvimento de produto da Toyota.

WARD (2000) afirma que termos como eliminação de desperdícios, mapeamento do fluxo de valor, fluxo contínuo, 5S, controle visual, *poka-yoke*<sup>4</sup>, etc. não podem ser diretamente transportados da manufatura para o PDP, e que embora o Sistema Toyota de Produção (Produção Enxuta) e o Sistema Toyota de Desenvolvimento de Produto compartilhem uma base científica, a implementação e a gestão são substancialmente diferentes.

Segundo BROWNING (2000), PDP enxuto não significa eliminar desperdício, e sim maximizar valor para o cliente, acionistas, funcionários, fornecedores e sociedade. Para esse autor, o principal problema não é eliminar atividades desnecessárias, mas fazer atividades necessárias utilizando informação errada ou incompleta, o que resulta em retrabalho. Assim, em um processo iterativo como o PDP, o valor está em disponibilizar a informação certa, no lugar certo e no momento certo, ou seja, o valor está no conhecimento (KENNEDY, 2003).

Para KARLSSON & AHLSTROM (1996) o conceito de Desenvolvimento Enxuto de Produto deve ser encarado como uma jornada na rota da melhoria contínua. A implicação disso é que “enxuto” não deve ser visto como um estado, mas como uma direção, sempre havendo espaço para melhoria.

Com base nesses autores, as próximas seções discorrem sobre o PDP da Toyota de forma dissociada de qualquer rótulo, enxuto apenas na medida em que busca a melhoria contínua de um sistema de desenvolvimento de produto no qual pessoas, processos e tecnologia interagem sinérgica e sistematicamente na geração, disseminação e reutilização do conhecimento.

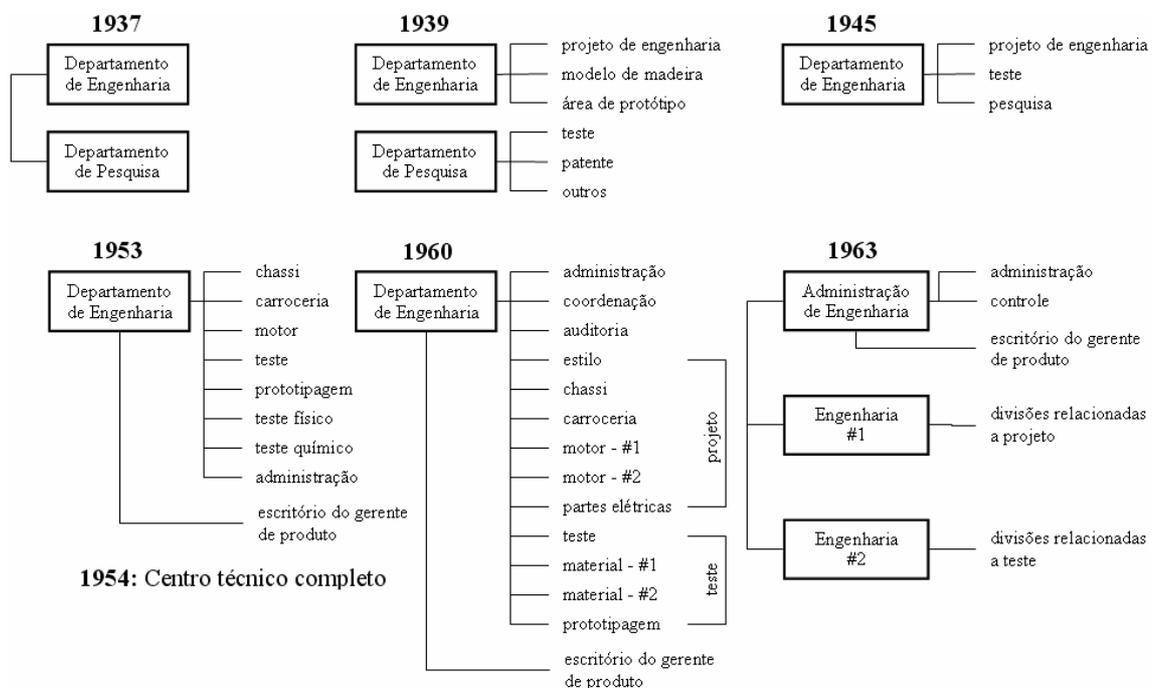
---

<sup>4</sup> Dispositivo ou procedimento à prova de erros destinado a impedir a ocorrência de defeitos durante o recebimento de pedidos ou a fabricação de produtos (WOMACK & JONES, 1998).

### 2.2.1 Desenvolvimento de Produto na Toyota: Décadas de 1930 a 1980

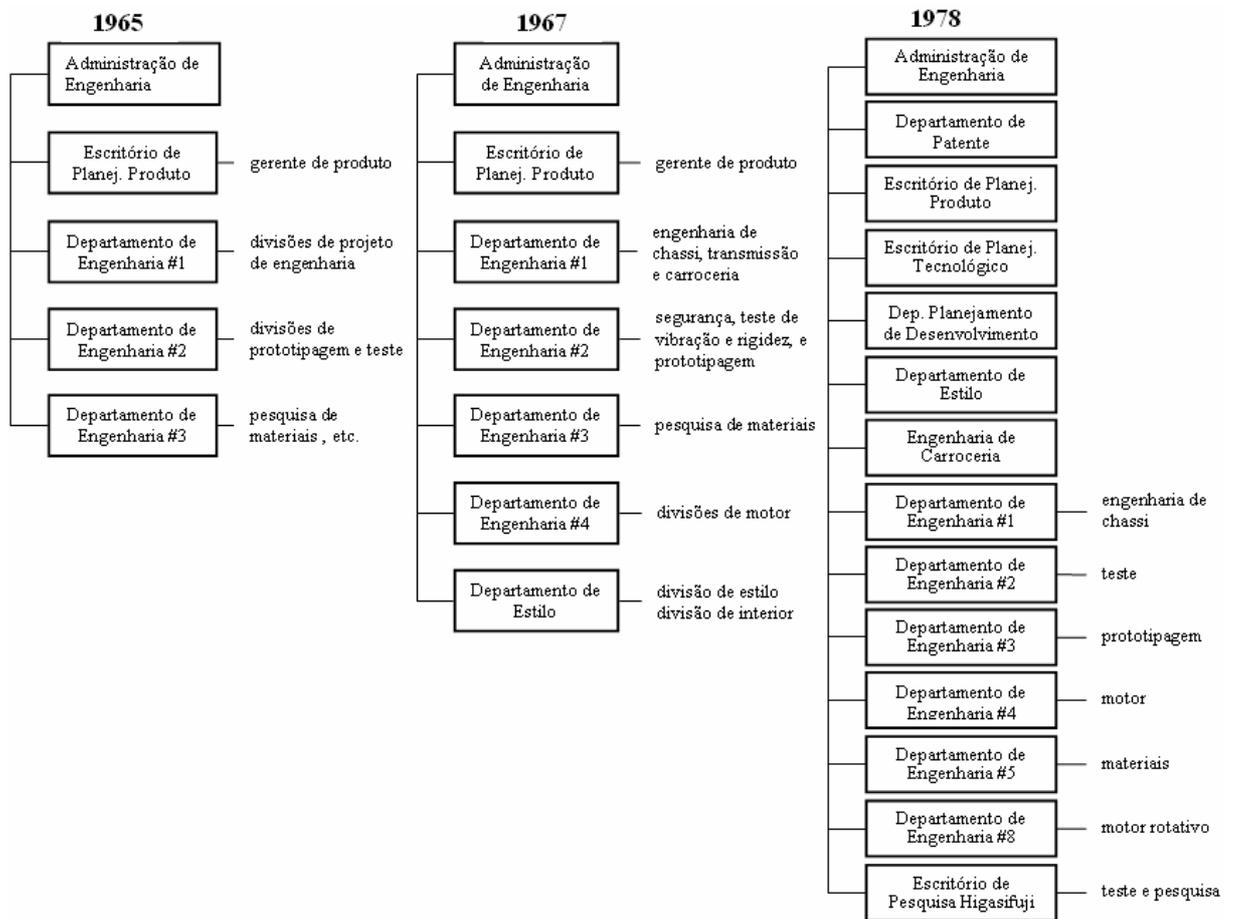
Na década de 1930 a Toyota, sob a liderança de Kiichiro Toyoda, começou com uma unidade de desenvolvimento de produto que aplicou a engenharia reversa em modelos importados e construiu protótipos, enquanto a Nissan decidiu comprar um conjunto de desenhos de engenharia de uma empresa americana (FUJIMOTO, 1999). Em 1935 a Toyota construiu o seu primeiro protótipo, um veículo de passeio denominado A1.

Depois da segunda guerra mundial, principalmente a partir da década de 1960, as estruturas de pesquisa e desenvolvimento japonesas cresceram em tamanho e organização. Na década de 1970 a Toyota, que há quatro décadas havia iniciado com um pequeno grupo, possuía uma organização especializada com diversas unidades funcionais (FUJIMOTO, 1999). Em 1976 havia cerca de 5000 pessoas trabalhando em pesquisa e desenvolvimento de novos produtos (NOBEOKA, 1995). As figuras 2.4 e 2.5 ilustram a evolução da organização do PDP na Toyota entre as décadas de 1930 e 1970.



Fonte: FUJIMOTO (1999).

**FIGURA 2.4 – Evolução da organização do PDP na Toyota – 1937 a 1963.**



Fonte: FUJIMOTO (1999).

**FIGURA 2.5 – Evolução da organização do PDP na Toyota – 1965 a 1978.**

A partir da década de 1980 a importância do desenvolvimento de produto para a competitividade na indústria automobilística mundial foi intensificada devido a:

- 1) demanda por uma maior variedade de modelos;
- 2) constantes mudanças tecnológicas e de mercado;
- 3) incerteza e dificuldade na identificação das necessidades do mercado;
- 4) sofisticação da capacidade de avaliação do consumidor e;
- 5) intensificação da competição global (FUJIMOTO, 1999).

### **2.2.2 Reorganização: Década de 1990**

No início da década de 1990 a Toyota tinha um sistema de desenvolvimento de produto muito forte para a implementação de variações nos modelos existentes, mas a empresa não havia mudado seu sistema básico de desenvolvimento durante décadas (LIKER, 2005).

Naquela época um dos diretores, Eiji Toyoda, começou a questionar:

- a) A Toyota deveria continuar a fabricar carros da forma como vinha fazendo até então?
- b) Seria possível sobreviver no século XXI com o modelo de pesquisa e desenvolvimento em vigor?

Eiji Toyoda pensava que a situação de crescimento vivida naquele momento não duraria muito (LIKER, 2005), e embora já fosse melhor que a maioria dos concorrentes, a Toyota lançou então um projeto de reavaliação do seu sistema de desenvolvimento de produtos como forma de se manter competitiva em um ambiente em contínua mudança (CUSUMANO & NOBEOKA, 1998).

A reorganização do PDP da Toyota e sua estrutura atual são abordadas de forma mais detalhada na seção 2.2.6.

### **2.2.3 Elementos Básicos do PDP da Toyota**

A maioria dos autores que abordam o PDP da Toyota o descrevem na forma de princípios ou tratam apenas de aspectos isolados, como a estrutura organizacional, a seleção do conceito, os mecanismos de integração, a gestão do conhecimento, etc. (CUSUMANO & NOBEOKA, 1998; SOBEK et al., 1998; SOBEK et al., 1999; MORGAN 2002; KENNEDY, 2003).

Embora sejam importantes, os princípios ou aspectos isolados por si só não possibilitam visualizar o processo de forma sistêmica, identificar e encadear suas fases e entender como os princípios estão nelas inseridos. Esta afirmação é corroborada por SPEAR & BOWEN (1999), segundo os quais o foco nas ferramentas e práticas isoladas, e não no sistema, tem sido o principal motivo do fracasso na tentativa de outras empresas em replicar a abordagem da Toyota, seja na manufatura ou em qualquer outro processo. Esses autores afirmam ainda que o insucesso não pode ser atribuído a fatores culturais, já que a Toyota conseguiu disseminar suas práticas em plantas

ocidentais, e em contrapartida empresas como Nissan e Honda não conseguiram fazê-lo nem mesmo no Japão.

Para MORGAN (2002), o PDP da Toyota é uma poderosa, mas ainda não amplamente reconhecida fonte de vantagem competitiva que lhe permite introduzir produtos da mais alta qualidade no mercado, desenvolvendo-os mais rápido e produzindo-os mais eficientemente que a maioria dos seus competidores. Esse mesmo autor descreve o PDP da Toyota por meio de sete elementos fundamentais:

- **Abordagem sistêmica:** pessoas com excelência técnica e organizadas de forma inteligente, processos consistentes e flexíveis projetados para minimizar o desperdício e maximizar a competência técnica, e tecnologia focada na solução e melhoria de desempenho devem estar integrados, alinhados e trabalhando de forma mutuamente colaborativa de modo a criar um sistema sinérgico;
- **O cliente em primeiro lugar:** o profundo entendimento do valor definido pelo cliente deve ser o primeiro passo do PDP, e fazer com que todos os participantes tenham esta visão comum contribui para a integração interfuncional e entre os vários subsistemas do produto. O resultado final deve ser um produto que atenda às necessidades do cliente e que seja manufaturado de forma eficiente e eficaz;
- **Solução antecipada de problemas:** rigor na solução de problemas aliado à participação interfuncional desde o princípio do projeto são fatores determinantes para a eficácia do PDP. A Toyota isola a fase de criação – inerentemente turbulenta – da fase de execução (detalhamento), e com isso consegue minimizar a variabilidade nas fases a jusante, o que é essencial para a qualidade e produtividade, sem tolher a criatividade, o que é essencial para a inovação. Esta separação também viabiliza projetar simultaneamente o produto e as características fundamentais do processo para a produção enxuta;
- **Integração entre aprendizagem e melhoria contínua:** aprendizagem e melhoria contínua deve ser parte integrante do trabalho diário, e não apenas uma iniciativa organizacional. A Toyota estabelece metas de desempenho cada vez mais rigorosas a cada projeto e realiza eventos de aprendizagem durante e após o projeto, encorajando os especialistas a validar e atualizar seus conhecimentos. Aprendizagem e melhoria contínua também estão inseridas em um processo de

solução de problemas que cria múltiplas alternativas e foca na causa raiz para evitar recorrência;

- **Processos sincronizados para execução simultânea:** para ser eficaz, a prática da engenharia simultânea deve ser empregada somente sobre informações estáveis e com pouca possibilidade de mudança, com as funções a jusante antecipando a utilização e complementando as informações geradas pelas funções a montante. Os processos devem ser concebidos para avançar simultaneamente sobre informações confiáveis na medida em que elas são disponibilizadas;
- **Padronização com flexibilidade:** este princípio aparentemente paradoxal inclui conceitos como reutilização, plataformas de produtos e processos padronizados. Padrões de projeto, habilidades e processos padronizados devem contribuir para um projeto de qualidade e ao mesmo tempo flexível, que não comprometa a criatividade dos projetistas;
- **Engenharia na fonte:** a Toyota emprega um princípio chamado *genchi genbutsu* (ver por si mesmo para compreender completamente a situação), segundo o qual os engenheiros devem passar o maior tempo possível em atividades como visitas a plantas de manufatura e revendedores, identificação e entendimento das necessidades dos clientes e das deficiências dos concorrentes, ajudando na montagem de protótipos, etc.

BALLÉ & BALLÉ (2005) afirmam que o PDP da Toyota é tão inovador e contra-intuitivo à gestão tradicional de engenharia quanto o seu sistema de produção (produção enxuta) o é em relação à produção em massa. Segundo esses mesmos autores, o PDP da Toyota sustenta-se sobre quatro pilares:

- Os engenheiros devem realmente se importar com o que os clientes pensam sobre seus produtos, possuir uma forte visão de futuro e comunicá-la entre todos os envolvidos no desenvolvimento de produto, devendo esta visão servir de referência para arbitrar restrições conflitantes no processo de desenvolvimento;
- O processo de desenvolvimento deve limitar e evitar mudanças tardias de engenharia. A Toyota persegue o que ela denomina “*zero EC*” (*zero engineering changes*, ou desenhos perfeitos), onde nenhuma mudança de engenharia deve ser permitida após a liberação dos desenhos para a produção.

De acordo com esta premissa, se os envolvidos souberem que não terão a chance de mudar depois, eles farão seu trabalho com mais atenção, participando e resolvendo antecipadamente todas as dúvidas (KOBE, 2001);

- Deve-se manter o domínio sobre o fluxo de elaboração de desenhos e ferramentas. Isto nem sempre é fácil devido ao grande número de mudanças em andamento e que geralmente impacta todo o processo. Resolver o maior número possível de problemas no início do processo de desenvolvimento permite então focar em uma produção precisa e planejada de desenhos;
- Pelo menos 70% dos custos de manufatura de um novo produto são decorrentes de decisões tomadas durante o seu desenvolvimento, portanto a qualidade e o custo devem ser monitorados e garantidos ao longo de todo o processo de desenvolvimento. A ênfase da Toyota na produção enxuta e redução de desperdício começam na origem, ou seja, no desenvolvimento do produto, e se estende a todos os aspectos da produção para assegurar o atendimento aos requisitos de qualidade e custo.

KENNEDY (2003) apresenta o PDP da Toyota como um sistema baseado na geração, disseminação e reutilização do conhecimento, cuja meta é suportar as operações de manufatura na manutenção de um fluxo consistente de produtos através da fábrica, estendendo este fluxo de valor até o cliente. Para esse autor o sistema se fundamenta em quatro pilares:

- Planejamento e controle baseados em responsabilidade;
- Liderança de projeto forte, integrativa e sistêmica;
- Exploração de múltiplas alternativas de projeto;
- Times de especialistas responsáveis e com excelência técnica.

CUSUMANO & NOBEOKA (1998) afirmam que o foco do PDP da Toyota é a gestão de múltiplos projetos, com a maximização do número de modelos por plataforma e intensa reutilização de componentes e tecnologias entre projetos visando economia de escala e escopo.

Para WARD et al. (1995, 1995b) e SOBEK et al. (1998, 1999) o que distingue o PDP da Toyota é a sua ênfase na exploração de múltiplas alternativas de projeto nas fases iniciais, retardando o congelamento do conceito e eliminando as alternativas inferiores na medida em que o nível de detalhamento avança até que reste

apenas a solução final, aumentando a probabilidade de que esta solução seja melhor se comparada com a prática usual de fazer iterações sobre a mesma alternativa até que os requisitos de projeto sejam atendidos. Esta prática é denominada pelos autores de *Set Based Concurrent Engineering* (Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos de possíveis soluções, ou ESBC).

Outro fator importante apontado pelos mesmos autores é que as alternativas de projeto são concebidas segundo recomendações e restrições expressas na forma de padrões ou guias de engenharia, de modo a obter projetos manufaturáveis sem inibir a criação de projetos inovadores. Estes guias representam o estado da arte e o conjunto de melhores práticas vigentes para cada especialidade.

Um terceiro fator chave apontado por estes autores é o emprego de mecanismos de integração que permitem balancear especialização funcional e coordenação interfuncional, resultando em melhor integração intra e interprojetos.

Finalmente WARD et al. (1995, 1995b) e SOBEK et al. (1998, 1999) afirmam que a Toyota emprega sistematicamente uma estratégia de melhorias incrementais<sup>5</sup> (*rapid inch-up*), mantendo grande parte dos componentes e subsistemas iguais e inovando seletivamente. Assim, os engenheiros que pretendem fazer grandes mudanças precisam fornecer evidências claras e incontestáveis de que o novo projeto proporciona uma melhoria significativa sobre o projeto existente, e portanto muitas decisões de projeto são na verdade melhorias marginais de performance ou reduções de custo e/ou peso.

MORGAN & LIKER (2006) descrevem o PDP da Toyota como um sistema sociotécnico composto por três subsistemas, norteados por um conjunto de princípios interdependentes trabalhando de forma mutuamente colaborativa:

- **Processo:** compreende todas as atividades e seqüência de atividades necessárias para levar um produto do conceito ao mercado. Compreende princípios como a definição de valor sob a ótica do cliente, solução antecipada de problemas e exploração de múltiplas alternativas de projeto, separação entre criação e execução para obter um fluxo nivelado e padronização para reduzir variabilidade e aumentar a previsibilidade, sem comprometer a criatividade e a inovação;

---

<sup>5</sup> Basicamente, esta estratégia consiste em diferenciar ou “inovar” os aspectos visíveis aos olhos do cliente e reaproveitar o restante, reduzindo assim os custos e o tempo de desenvolvimento sem perder as características de inovação e unicidade de cada produto.

- **Pessoas:** envolve o recrutamento, seleção e treinamento dos engenheiros, o estilo de liderança, a estrutura organizacional e as formas de aprendizagem. Entre os princípios estão a existência de uma liderança forte capaz de integrar e conduzir o programa do início ao fim, o balanceamento entre especialização funcional e integração interfuncional, uma equipe de engenheiros com excelência técnica e um sistema de treinamento e desenvolvimento que suporte a busca desta excelência, a integração com fornecedores e uma cultura de aprendizagem e melhoria contínua;
- **Ferramentas e Tecnologia:** inclui não só ferramentas e tecnologias computacionais como CAD, CAM, CAE, manufatura digital, etc., mas também ferramentas de suporte para solução de problemas, aprendizagem, padronização, etc. Envolve princípios como o uso de tecnologias maduras e adaptadas às pessoas e ao processo, o alinhamento pela comunicação simples, direta e visual, e o uso de ferramentas de padronização e aprendizagem organizacional.

Analisando o ponto de vista desses autores, é possível sintetizar os principais elementos do PDP da Toyota, o que é feito no quadro 2.2. É possível também destacar os pontos em comum ou semelhanças entre as diversas abordagens, conforme se encontra apresentado no quadro 2.3.

**QUADRO 2.2 – Elementos do PDP da Toyota segundo vários autores.**

Autores	Princípios
<b>MORGAN (2002)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abordagem sistêmica</li> <li>• O cliente em primeiro lugar</li> <li>• Solução antecipada de problemas</li> <li>• Integração entre aprendizagem e melhoria contínua</li> <li>• Processos padronizados para execução simultânea</li> <li>• Padronização com flexibilidade</li> <li>• Engenharia na fonte</li> </ul>
<b>BALLÉ &amp; BALLÉ (2005)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Foco nas necessidades do cliente e na sua satisfação</li> <li>• Eliminação de mudanças tardias com a solução antecipada de problemas</li> <li>• Domínio sobre a fase de detalhamento do projeto</li> <li>• A ênfase na produção enxuta começa no desenvolvimento</li> </ul>

---

<b>KENNEDY (2003)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PDP baseado no conhecimento</li> <li>• Planejamento e controle baseados em responsabilidade</li> <li>• Liderança técnica forte, integrativa e sistêmica</li> <li>• Exploração de múltiplas alternativas de projeto</li> <li>• Times de especialistas responsáveis e com excelência técnica</li> </ul>
<b>CUSUMANO &amp; NOBEOKA (1998)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestão de múltiplos projetos de forma coordenada e integrada</li> <li>• Maximização do número de modelos por plataforma</li> <li>• Economia de escala e escopo com o compartilhamento de componentes e tecnologias entre vários projetos</li> </ul>
<b>WARD et al. (1995; 1995b) e SOBEK et al. (1998; 1999)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exploração de várias alternativas de projeto de subsistemas aumentando a probabilidade de que a solução final seja otimizada</li> <li>• Alternativas de projeto concebidas com base em padrões ou guias de engenharia</li> <li>• Emprego de mecanismos de integração que permitam especialização funcional e coordenação interfuncional</li> <li>• Estratégia de melhorias incrementais, com inovação nos aspectos visíveis e reaproveitamento dos aspectos não visíveis ao cliente</li> </ul>
<b>MORGAN &amp; LIKER (2006)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definição de valor sob a ótica do cliente</li> <li>• Solução antecipada de problemas e ampla exploração das alternativas</li> <li>• Separação entre criação e execução para gerar um fluxo de desenvolvimento nivelado</li> <li>• Padronização para reduzir variabilidade e possibilitar previsibilidade</li> <li>• Liderança forte para conduzir o programa do início ao fim</li> <li>• Balanceamento entre especialização funcional e integração interfuncional</li> <li>• Engenheiros com excelência técnica</li> <li>• Integração dos fornecedores no PDP</li> <li>• Cultura de aprendizagem e melhoria contínua</li> <li>• Cultura de suporte à excelência</li> <li>• Tecnologia adaptada às pessoas e ao processo</li> <li>• Alinhamento pela comunicação simples e visual</li> <li>• Ferramentas de padronização e aprendizagem organizacional</li> </ul>

---

Fonte: Elaborado pelo autor.

**QUADRO 2.3 – Princípios comuns entre os vários autores.**

<b>Princípios</b>	<b>Autores</b>
• Foco no cliente	MORGAN (2002); BALLÉ & BALLÉ (2005); MORGAN & LIKER (2006)
• Liderança de projeto forte e sistêmica	MORGAN (2002); KENNEDY (2003); MORGAN & LIKER (2006)
• Exploração de múltiplas alternativas de projeto e solução antecipada de problemas	MORGAN (2002); KENNEDY (2003); BALLÉ & BALLÉ (2005); WARD et al. (1995 ; 1995b) e SOBEK et al. (1998; 1999); MORGAN & LIKER (2006)
• Economia de escala e escopo com o compartilhamento sistemático de tecnologias, subsistemas e componentes	CUSUMANO & NOBEOKA (1998); WARD et al. (1995 ; 1995b) e SOBEK et al. (1998; 1999)
• Separação entre criação e execução para permitir a padronização com flexibilidade para inovação	MORGAN (2002); BALLÉ & BALLÉ (2005); MORGAN & LIKER (2006)
• Equipe com excelência técnica	KENNEDY (2003); MORGAN & LIKER (2006)
• Balanceamento entre especialização funcional e integração interfuncional	CUSUMANO & NOBEOKA (1998); WARD et al. (1995 ; 1995b) e SOBEK et al. (1998; 1999); MORGAN & LIKER (2006)
• Ênfase na manufatura	MORGAN (2002); BALLÉ & BALLÉ (2005); KENNEDY (2003)
• Cultura de excelência voltada para a aprendizagem e melhoria contínua	MORGAN (2002); KENNEDY (2003); MORGAN & LIKER (2006)

Fonte: Elaborado pelo autor.

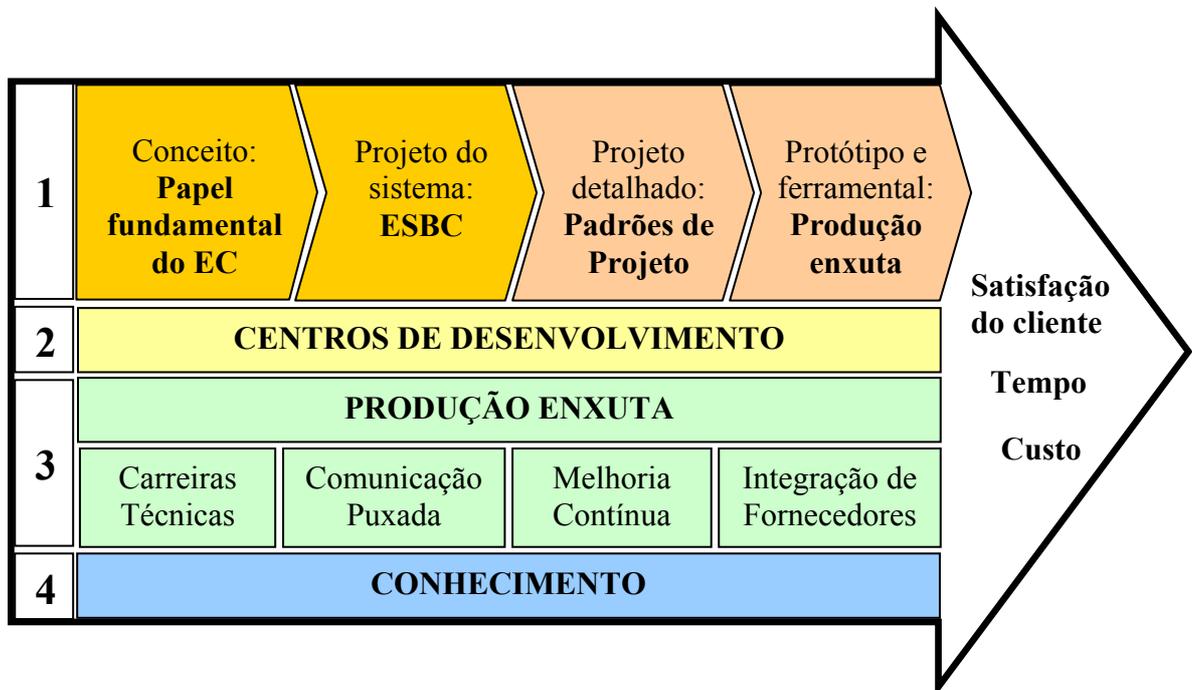
**2.2.4 Modelo de Referência para Apresentação do PDP da Toyota**

Assim como ocorre com a produção enxuta, apenas a compreensão das práticas de desenvolvimento de produto adotadas pela Toyota não necessariamente ajudam a melhorar a eficiência e a eficácia dos projetos de engenharia, já que não se tratam apenas de um conjunto de melhores práticas, mas de um sistema, e como tal muitas destas práticas só fazem sentido quando analisadas sob a luz do sistema como um todo (BALLÉ & BALLÉ, 2005). Esses mesmos autores defendem que as práticas isoladas, por mais valiosas que possam ser, não são capazes de produzir ganhos de eficiência significativos.

Para BALLÉ & BALLÉ (2005) a maioria das abordagens para a melhoria do desenvolvimento de produto tende a focar na melhoria do processo de

desenvolvimento de produto, através da adoção de uma série de “melhores práticas” muitas vezes de forma isolada. Os autores defendem que o processo em si é apenas uma causa próxima, mas não a determinante do desempenho, e que o PDP atual da Toyota é o resultado da interação entre um conjunto de práticas e as condições de mercado, sendo que para entendê-lo é necessário identificar estas práticas e as atitudes que dão suporte aos seus aspectos organizacionais.

A partir de uma compilação dos pontos em comum na abordagem de diversos autores, BALLÉ & BALLÉ (2005) propõem um modelo sistemático para o PDP da Toyota, representado pela figura 2.6, com o objetivo de esclarecer as práticas específicas e as atitudes que fazem com que estas funcionem.



Fonte: Adaptado de BALLÉ & BALLÉ (2005).

**FIGURA 2.6 – Representação sistemática do PDP da Toyota.**

O modelo é representado na forma de quatro níveis, como segue:

1. **Nível de processo:** O processo de desenvolvimento de produto;
2. **Nível organizacional:** Centros de desenvolvimento de plataformas;
3. **Nível operacional:** PDP para a produção enxuta;
4. **Nível cultural:** Ênfase na geração de conhecimento.

A estrutura proposta por BALLÉ & BALLÉ (2005) é o modelo de referência utilizado para organização das discussões contidas neste capítulo, tendo cada um de seus componentes detalhados nas próximas seções e complementados com evidências buscadas no trabalho dos demais autores.

### 2.2.5 Nível de Processo: O Processo de Desenvolvimento de Produto

As seções 2.2.5.1 a 2.2.5.6 descrevem o Processo de Desenvolvimento de Produto da Toyota, iniciando pelo planejamento e controle do programa e percorrendo suas fases, estágios, principais ferramentas e práticas de gestão.

De acordo com BALLÉ & BALLÉ (2005) o processo de desenvolvimento da Toyota possui quatro fases:

1. Conceito, com o papel fundamental do engenheiro chefe;
2. Projeto do Sistema, com a Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos;
3. Projeto Detalhado, com padrões de projeto;
4. Protótipo e Ferramental, com a Produção Enxuta.

MORGAN (2002) afirma que o processo apresenta dois estágios distintos: o primeiro, criativo e minimamente estruturado, compreendendo as fases de conceito e projeto do sistema, e o segundo, de execução planejada e rigidamente controlada, compreendendo as fases de projeto detalhado, prototipagem e ferramental (figura 2.7). Esta separação tem como objetivo flexibilizar a fase de criação, permitindo a inovação, e padronizar a fase de execução, reduzindo variabilidade e possibilitando o desenvolvimento simultâneo do produto e do processo.



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de BALLÉ & BALLÉ (2005) e MORGAN (2002).

**FIGURA 2.7 – Fases e estágios do PDP da Toyota.**

### 2.2.5.1 Planejamento e Controle do Programa

Apesar de não explicitado no modelo proposto por BALLÉ & BALLÉ (2005), o planejamento e controle do programa<sup>6</sup> é um aspecto importante e distintivo no PDP da Toyota.

KENNEDY (2003) denomina a forma tradicional de planejamento e controle de sistema baseado em tarefas ou sistema baseado no controle, pelo qual normalmente se estabelece um passo-a-passo para o desenvolvimento do produto na forma de um conjunto de tarefas (com datas de início e término) previamente definidas. Por este sistema a conclusão de uma tarefa é o sinal verde para o início da próxima, e isto causa uma falsa sensação de controle.

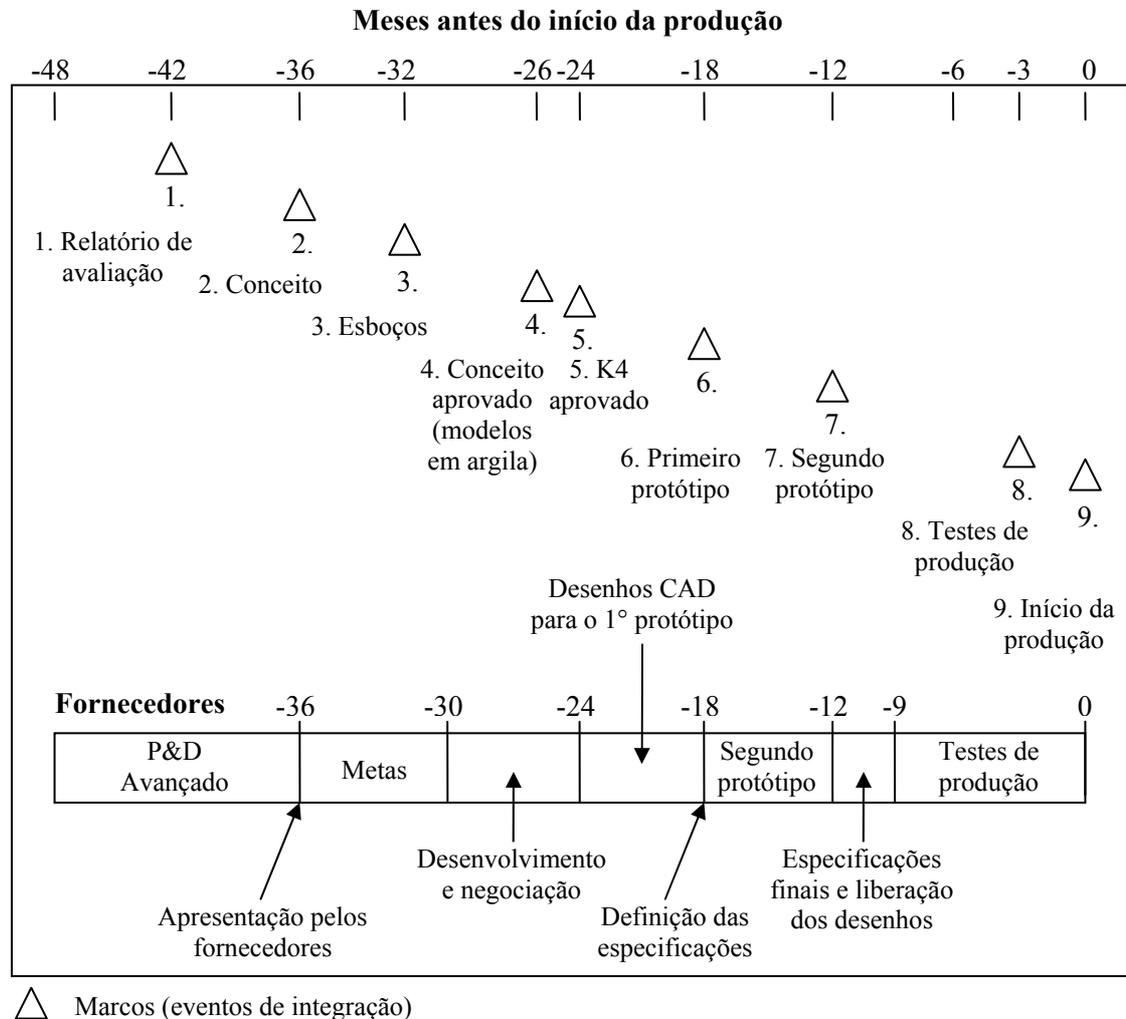
Antagonicamente, esse mesmo autor denomina a forma de planejamento e controle adotada pela Toyota de sistema baseado em responsabilidade, pelo qual não há um processo estruturado detalhando passo-a-passo como desenvolver um novo produto, mas apenas um plano de projeto conforme exemplificado pela figura 2.8, onde o engenheiro chefe estabelece as datas-alvo (marcos ou eventos de integração) para as integrações-chave (que são imperativas e não se admite que sejam adiadas) tais como aprovação do conceito, conclusão do protótipo, testes de produção, etc. Ele então atribui responsabilidades pelos resultados, cabendo aos envolvidos trabalhar para cumprir os prazos e comunicar os planos àqueles que necessitem conhecê-lo. O autor salienta que agora tem-se uma equipe responsável envolvida, e que juntamente com o engenheiro chefe irá consolidar os planos conforme necessário para garantir confiança e coordenação.

Esta forma de planejamento também foi evidenciada por KAMATH & LIKER (1994), que em um estudo realizado em três montadoras japonesas (Toyota, Nissan e Mazda) descobriram que as mesmas, embora gerenciem rigidamente o PDP, tem seus ciclos de desenvolvimento resumidos em uma folha de papel, contendo uma visão global (de alto nível) do processo com metas, marcos e resultados claramente definidos e consistentemente comunicados interna e externamente (fornecedores). Esses autores afirmam ainda que em contraste com os processos de desenvolvimento altamente estruturados e detalhados, com descrições complexas de cada estágio, o

---

<sup>6</sup> Na indústria automobilística o desenvolvimento de um novo modelo geralmente é denominado de programa, que por definição é um conjunto de projetos relacionados e gerenciados de modo coordenado (PMBOK, 2004).

processo japonês, com sua abordagem gerencial (baseada na responsabilidade e não no controle), é mais fácil de administrar.



Fonte: WARD et al. (1995).

**FIGURA 2.8 – Exemplo de plano de projeto utilizado pela Toyota.**

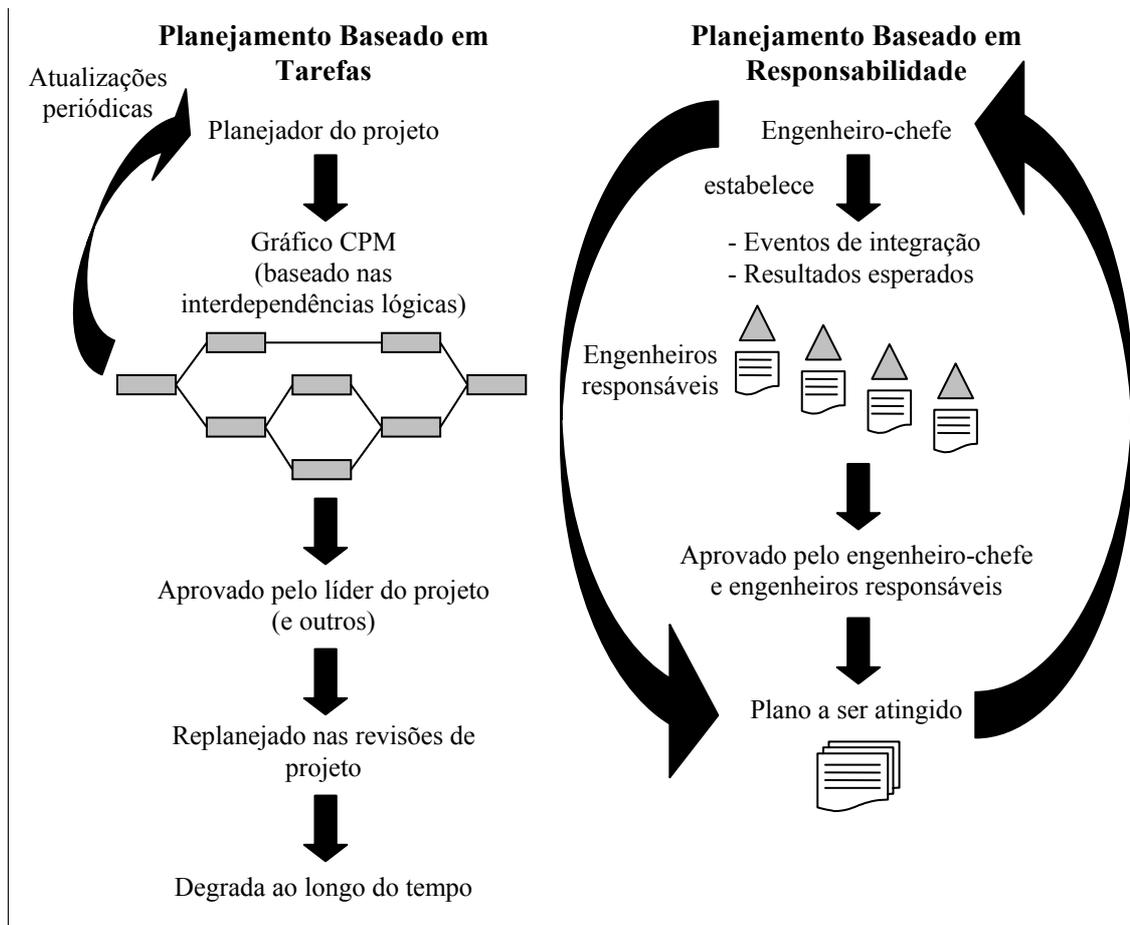
Continuando seu raciocínio, KENNEDY (2003) defende que a variabilidade faz parte da natureza do PDP, e que só existirá inovação se existir variabilidade. Sob esta ótica as tarefas a serem realizadas no futuro devem ser definidas com base nos resultados das tarefas atuais, e desde que os grupos cumpram as metas de prazo, custo e qualidade, não há necessidade em determinar quando cada tarefa deve ser iniciada. Pelo contrário, tentar prever as tarefas para um projeto inteiro desde o início é um grande erro, além de desperdício de tempo.

KENNEDY (2003) conclui destacando dois problemas fundamentais de planejamento no PDP:

1. É um processo reativo – os times naturalmente reagem ao que foi aprendido na etapa anterior – e portanto não pode ser gerenciado como se fosse transacional. Um sistema de planejamento baseado em tarefas funciona na manufatura porque esta é um ambiente baseado em tarefas;
2. Os resultados de uma etapa direcionam as ações da próxima. Um sistema de planejamento rígido e altamente estruturado (detalhado) pode criar a ilusão de que se está dentro do planejado quando isto não é verdade, levando a crer que se é melhor do que realmente se é.

No sistema baseado em tarefas, planejamento e execução normalmente são realizados por pessoas diferentes, enquanto no sistema baseado em responsabilidade o planejamento e execução se mantêm alinhados pela descentralização naquelas pessoas responsáveis pela execução do trabalho, onde o planejamento global é simplesmente a combinação dos planejamentos individuais (KENNEDY, 2003). Estas diferenças entre os dois sistemas podem ser melhor visualizadas pela figura 2.9.

WARD et al. (1995) salientam que naturalmente o planejamento irá variar de acordo com o grau de inovação e reutilização tecnológica do programa e até mesmo de acordo com o engenheiro chefe designado. O mais importante entretanto é que a estrutura fundamental será sempre parecida e desdobrada em torno de marcos bem definidos e não em tarefas detalhadas. A cada marco um produto (resultado) comum deve integrar o trabalho de todos os grupos funcionais, obrigando o trabalho em equipe.



Fonte: KENNEDY (2003).

**FIGURA 2.9 – Diferenças entre as formas de planejamento.**

### **Sala de Comando (*Obeya*)**

Para facilitar a reunião de todas as pessoas e informações necessárias à tomada de decisão, sobretudo nas fases iniciais (conceito e projeto do sistema), a Toyota utiliza um sistema denominado *obeya* (grande sala de comando), no qual especialistas pertencentes a diversos grupos funcionais reúnem-se periodicamente com o engenheiro chefe em uma espécie de “quartel general” para discussões técnicas e tomada de decisões em tempo real. O sistema *obeya* serve a dois propósitos principais: administração de informações e tomada de decisões no local. Para facilitar as discussões, diversas informações visuais como cronogramas, desenhos de veículos, fluxogramas de processos e até terminais de CAD são colocados na sala para que os participantes possam visualizar todos os aspectos do programa. Com este sistema, não

só o engenheiro chefe, mas uma equipe interfuncional é responsável por controlar o programa (LIKER, 2005).

O sistema *obeya* não substitui a estrutura matricial empregada pela Toyota, sendo apenas uma forma de melhorar a integração entre os grupos funcionais e descentralizar o planejamento e controle do programa. O sistema *obeya* apresenta três características básicas (MORGAN & LIKER, 2006):

- **Os especialistas não são co-locados:** são os líderes de cada grupo funcional que se reúnem periodicamente com o EC, permanecendo na sala de comando apenas durante as seções colaborativas (geralmente longas e com nível de discussão mais profundo do que em reuniões tradicionais), retornando às suas áreas funcionais para comunicar as decisões tomadas e gerenciar o trabalho dos engenheiros;
- **Gestão visual é essencial à comunicação:** as informações sobre o programa normalmente são dispostas nas paredes da sala (organizadas por subsistema), sendo incumbência dos responsáveis por cada grupo funcional mantê-las atualizadas de modo que qualquer pessoa possa “ver” o status do programa em diversos indicadores (tempo, custo, qualidade, funcionalidade, peso, etc.);
- **A sala de comando é itinerante:** a localização da sala de comando muda conforme o programa avança a jusante, da engenharia para as áreas de prototipagem, e destas para a planta durante a preparação para a produção.

#### 2.2.5.2 Conceito: Papel Fundamental do Engenheiro Chefe

Segundo LIKER (2005), em indústrias tradicionais é difícil localizar onde a verdadeira responsabilidade pelo programa de desenvolvimento de um novo produto recai, dada a responsabilidade parcial de muitos executivos e departamentos. Na Toyota, esta responsabilidade se concentra no engenheiro chefe, o qual sintetiza a abordagem de liderança da empresa.

## **Origem do Engenheiro Chefe**

O conceito de gerente de programa teve origem no projetista-chefe, uma forma de organização utilizada pela indústria aeronáutica japonesa antes da Segunda Guerra Mundial, e no pós-guerra, quando esta praticamente desapareceu, um grande número de engenheiros aeronáuticos tiveram que procurar trabalho em outras indústrias, entre elas a automobilística, elevando consideravelmente o seu nível tecnológico (FUJIMOTO, 1999).

No início da década de 1950, por iniciativa do seu presidente Kiichiro Toyoda, a Toyota foi a primeira a incorporar o conceito de gerentes de programa, inicialmente chamados de *shusa* (forte líder de equipe). O sistema foi oficialmente colocado em prática em 1953, com a escolha de quatro *shusas* (Kenya Nakamura, Takeo Chiku, Tatsu Inagawa e Tozo Yabuta) e a nomeação de Kenya Nakamura (um ex-engenheiro aeronáutico) para conduzir o programa de desenvolvimento do primeiro carro pós-guerra totalmente novo da Toyota, o modelo Crown, cujo lançamento foi planejado para 1955 (WOMACK & JONES, 1998). Em 1965 o sistema foi reforçado com a criação da divisão de planejamento de produto, cuja função era dar suporte aos 10 *shusas* então existentes. Com exceção da substituição do termo *shusa* por engenheiro chefe em 1989, este sistema se manteve praticamente inalterado até o início da década de 1990 (CUSUMANO & NOBEOKA, 1998).

## **Atuação do Engenheiro Chefe**

CLARK & FUJIMOTO (1991) defendem que a liderança no desenvolvimento de produto não é apenas uma questão de posição hierárquica e autoridade. Ela envolve as práticas e comportamentos que exercem influência sobre projetistas, engenheiros, pessoal de marketing, chão de fábrica e de campo, sendo uma competência essencial para a eficácia do processo.

Na Toyota, o engenheiro chefe controla o programa do veículo e é responsável pelos resultados, mas não controla as pessoas que trabalham no projeto (com exceção de um pequeno grupo de assessores que se reportam formalmente a ele), as quais são subordinadas aos gerentes dos grupos funcionais aos quais pertencem.

Assim, o engenheiro chefe depende de todos os grupos funcionais para ter o pessoal necessário e conseguir realizar o trabalho (LIKER, 2005).

Segundo esse mesmo autor, trata-se de um sistema de responsabilidade sem autoridade, onde a pessoa responsável (o engenheiro chefe) deve ter habilidade para defender suas idéias e trabalhar através de outras pessoas para convencer aqueles que possuem autoridade formal (gerentes funcionais) de que as idéias estão corretas. Assim, a falta proposital de autoridade formal força o engenheiro chefe a vender suas idéias de modo que o seu poder advinha de sua influência e habilidade em:

1. Obter o aval dos altos executivos, os quais o ouvem e se comprometem a dar-lhes os recursos para serem bem sucedidos;
2. Controlar o programa de desenvolvimento, tendo os grupos funcionais no papel de apoio;
3. Liderar o programa de desenvolvimento, sendo selecionados para o cargo de engenheiro chefe apenas aqueles com histórico de excelência em liderança, e só voltando a ocupá-lo os que tiverem tido sucesso em seu último programa;
4. Provar que se é um engenheiro excepcional, e para chegar a esta posição é necessário passar por treinamento e exposição em diversas especialidades de forma muito mais intensiva do que os demais engenheiros funcionais;
5. Ser o elo vital entre a engenharia e a satisfação do cliente, e para tanto o engenheiro chefe deve estar focado no entendimento das necessidades do cliente e em sua satisfação.

O engenheiro chefe, também denominado líder empreendedor de sistemas (KENNEDY, 2003), é acima de tudo um especialista técnico com papel fundamental na arquitetura do produto, e para chegar a esta posição é necessário demonstrar, além de um conhecimento técnico exemplar, a habilidade para conceber sistemas inteiros com todas as suas ramificações e consistente capacidade em sintetizar este conhecimento em projetos inovadores (SOBEK et al., 1998).

## Declaração do Conceito

Se o conceito não for bem arquitetado e não identificar adequadamente o mercado e como o produto o atingirá da maneira certa, mesmo uma excelente execução não fará diferença. Assim, a eficácia tem início com o discernimento dos dados qualitativos e imprecisos no início do programa, muitas vezes mais importantes do que a análise científica e precisa de engenharia (LIKER, 2005).

WARD (2003) e KENNEDY (2003) afirmam que o processo de desenvolvimento da Toyota se inicia com a declaração de metas, e que as especificações do produto são o resultado do processo e não o seu ponto de partida.

Exemplificando esta afirmação, LIKER (2005) relata que durante o desenvolvimento do Lexus, o então engenheiro chefe Ichiro Suzuki iniciou com uma cuidadosa avaliação dos concorrentes e entrevistas com consumidores potenciais, que culminou no estabelecimento das principais metas (qualitativas) e *trade-offs* (relações de compromisso) para o programa, conforme ilustrado no quadro 2.4.

### QUADRO 2.4 – Principais metas e *trade-offs* estabelecidos para o Lexus.

1. Ótimo manejo e estabilidade em alta velocidade	Mas	Rodagem agradável
2. Rodagem rápida e macia	Mas	Baixo consumo de combustível
3. Muito silencioso	Mas	Pouco peso
4. Estilo elegante	Mas	Excelente aerodinâmica
5. Conforto e aconchego	Mas	Interior funcional
6. Ótima estabilidade em alta velocidade	Mas	Baixo coeficiente de resistência do ar

Fonte: LIKER (2005).

Segundo LIKER (2005), nesta fase o engenheiro chefe idealiza um conceito, estabelecendo as principais características e os parâmetros de desempenho desejados. Paralelamente, cada grupo funcional também desenvolve um documento com a sua visão de conceito (FORD & SOBEK, 2005). Inicia-se então uma ampla discussão entre o engenheiro chefe e especialistas de vários grupos funcionais de projeto e planejamento (geralmente na sala de comando) acerca da exequibilidade de cada

parâmetro, terminando com a formulação de um plano concreto como resultado das discussões conjuntas com estes grupos. Este plano contempla informações sobre as dimensões principais, variedade de modelos a serem oferecidos, características do mercado alvo, projeções de vendas e metas quanto a peso, custo, etc. (SOBEK et al., 1998).

Após todas as discussões, o engenheiro chefe sumariza sua visão para o projeto na forma de um documento de declaração do conceito, que serve de orientação durante o projeto do sistema (MORGAN, citado por BALLÉ & BALLÉ, 2005). Este documento normalmente tem em torno de 15 a 25 páginas contemplando diversos aspectos do programa (planejamento, estilo, marketing, vendas, etc.) e sua função é estabelecer um guia para a tomada de decisões e alinhar os diversos grupos funcionais em torno de uma visão comum (MORGAN & LIKER, 2006). A aprovação do conceito encerra esta primeira fase do PDP da Toyota (FORD & SOBEK, 2005).

### 2.2.5.3 Projeto do Sistema: Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos

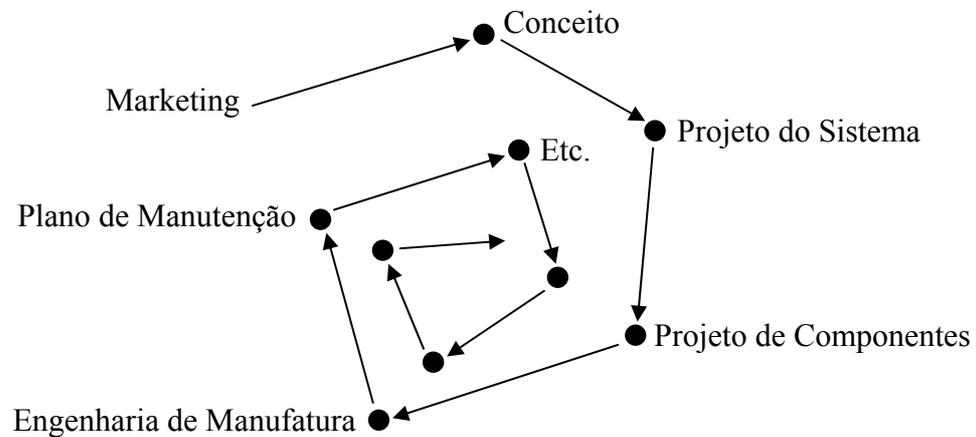
A partir da observação das práticas e discussões com gerentes, SOBEK & WARD (1996) afirmam que entre os principais aspectos que norteiam o processo de desenvolvimento de produto da Toyota estão:

1. Foco no projeto do sistema;
2. Como o conhecimento é criado, disseminado e utilizado;
3. Trabalho com múltiplas alternativas simultaneamente.

Este conjunto de fatores caracteriza um processo denominado por WARD et al. (1995) de Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos de possíveis soluções (ESBC). De acordo com KENNEDY (2003), este processo é o coração do PDP da Toyota, estando fundamentado em três premissas: 1) a equipe deve ter habilidade técnica e disciplina; 2) deve haver uma liderança técnica forte e capaz de tomar decisões precisas e em tempo; 3) o sistema de planejamento e controle deve ser flexibilizado para permitir a inovação.

- **Modelo de Desenvolvimento Convencional:** tende a convergir rapidamente para uma solução – com a falsa impressão de que isto diminui a turbulência em relação às fases a jusante – e então modificá-la até que a mesma satisfaça aos requisitos do projeto (figura 2.10), o que pode ser eficaz a menos que se escolha

a solução errada. WARD et al. (1995b) e SOBEK et al. (1999) denominam este modelo de Engenharia Ponto-a-ponto.



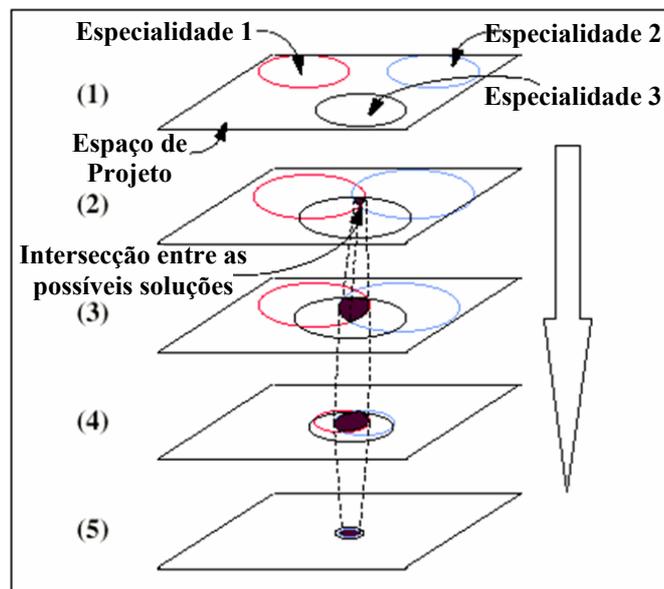
Fonte: WARD et al. (1995).

**FIGURA 2.10 – Engenharia simultânea ponto-a-ponto.**

- **ESBC:** explora simultaneamente várias possibilidades de solução para os diferentes subsistemas e gradualmente elimina as mais fracas até convergir para a solução final, retardando a decisão até que o nível de maturidade do projeto permita tomá-la com o menor risco possível. Desta forma é mais provável que a solução final seja realmente a melhor.

Para WALTON (1999) a ESBC representa um avanço, pois além do trabalho multidisciplinar e simultâneo, o processo busca manter as alternativas de projeto em aberto e retardar a escolha da solução final até o momento em que o nível de maturidade permita fazê-la com o menor risco possível. Esse mesmo autor descreve a ESBC em cinco passos, descritos a seguir e ilustrados pela figura 2.11.

1. Várias especialidades (ou grupos funcionais) são reunidas para analisar o espaço de projeto ou conjunto de possíveis soluções;
2. Os especialistas maximizam o número de alternativas a serem consideradas estabelecendo uma pequena região de intersecção entre elas;
3. A região de intersecção entre as possíveis soluções começa a ser expandida, permanecendo apenas aquelas que atendem a todos os requisitos do projeto;
4. Os especialistas começam a eliminar as alternativas mais fracas;
5. O processo de eliminação continua até que reste apenas a solução final.



Fonte: WALTON (1999).

**FIGURA 2.11 – Engenharia simultânea baseada em conjuntos.**

A ESBC possui três princípios básicos, cada qual desdobrado em três ações. O quadro 3.4 resume os princípios e as respectivas ações, de acordo com SOBEK et al. (1996, 1999, 2000) e WARD, et. al. (1995, 1995b). Em seguida, com base nos mesmos autores, apresentam-se descritos cada um dos três princípios e as respectivas ações.

**QUADRO 2.5 – Princípios da Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos.**

---

**1 – Mapear o espaço de projeto**

- Definir as restrições de projeto
- Explorar as relações de compromisso projetando múltiplas alternativas
- Comunicar múltiplas alternativas

---

**2 – Integrar pelas intersecções**

- Procurar intersecções entre as alternativas
  - Impor apenas restrições mínimas
  - Buscar robustez de conceito
-

---

### **3 – Assegurar a exeqüibilidade antes da implementação**

- Estreitar as alternativas aumentando o nível de detalhes
  - Manter o foco no conjunto de alternativas vigente
  - Controlar pela gestão das incertezas nas revisões de fases
- 

Fonte: SOBEK et al. (1999).

#### **2.2.5.3.1 Princípio 1: Mapear o espaço de projeto**

Consiste na forma pela qual se desenvolve e caracteriza o conjunto de alternativas a serem utilizadas no processo de convergência. Este princípio aplica-se tanto ao projeto, para promover um perfeito entendimento do conjunto de alternativas aplicáveis ao problema (espaço de projeto), quanto à forma como os engenheiros capturam o que foi aprendido em cada projeto, através da documentação das alternativas, *trade-offs* (curvas de compensação ou relações de compromisso) e padrões de projeto.

#### **Ação 1: Definir as restrições de projeto**

Cada área funcional define de forma simultânea e relativamente independente o que pode e o que não pode ser feito com base em experiências passadas, análises, experimentações, etc., chegando-se assim às restrições primárias de cada subsistema. Os parâmetros para estabelecimento destas restrições são documentados na forma de guias de engenharia (padrões de projeto ou livros de lições aprendidas) que constituem o estado da arte de cada especialidade e direcionam o desenvolvimento do projeto em vários aspectos como: funcionalidade, manufaturabilidade, normas governamentais, confiabilidade, etc. Esta documentação também pode conter informações sobre o que pode ou não ser economicamente produzido, bem como soluções para problemas ocorridos no passado, sugestões para melhoria da qualidade, redução de custos, etc.

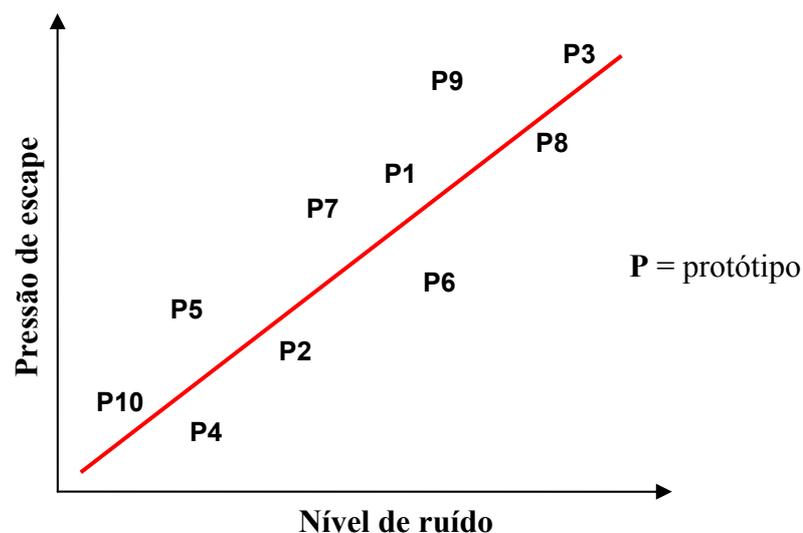
Assim, quando determinada área é requisitada a participar do projeto, o primeiro passo é consultar os guias e customizá-los para o projeto em questão. É desta forma que as diversas áreas funcionais compartilham sua experiência de forma simplificada e não dependente de qualquer desenho de engenharia.

Os guias não prescrevem soluções únicas, rígidas, mas sim uma gama de alternativas aceitáveis, que conduzam a um projeto de qualidade e ao mesmo tempo flexível, sem comprometer a criatividade dos projetistas. Desta forma, presume-se que se o projeto for feito em acordo com as restrições especificadas, muito provavelmente as peças certamente serão fabricadas dentro de um padrão de funcionalidade, manufaturabilidade, qualidade, etc.

## **Ação 2: Explorar as relações de compromisso projetando múltiplas alternativas**

Além de identificar várias alternativas, é preciso decidir inteligentemente por uma delas. As relações de compromisso são exploradas através de protótipos físicos e/ou simulações de diferentes alternativas de subsistemas. Sempre que possível, os engenheiros abstraem informações a partir do protótipo ou simulação que tornem possível estabelecer relações matemáticas entre parâmetros e desempenho.

Uma ferramenta muito utilizada são as chamadas *trade-off curves* (curvas de compensação), as quais consistem em um gráfico onde um parâmetro de desempenho é representado pelo eixo X e um outro parâmetro é representado pelo eixo Y. Através de simulações físicas ou computacionais variando os dois parâmetros, plota-se uma curva de desempenho que é então utilizada pelo EC e equipe para a tomada de decisão quanto à melhor relação de compromisso entre eles (MORGAN & LIKER, 2006).



Fonte: MORGAN & LIKER (2006).

**FIGURA 2.12 – Curva de compensação obtida a partir de vários protótipos.**

Assim, ao invés de tentar convergir rapidamente para a melhor “suposta” solução, e então iniciar um processo iterativo para refiná-la, tem-se uma grande preocupação com o conhecimento advindo do trabalho com múltiplas idéias, valorizando-se a segurança de que a solução escolhida seja realmente a melhor, sendo vantajoso despende recursos para obter esta segurança. Uma maior consistência das decisões tomadas no início do projeto resulta em muito menos tempo sendo gasto com a adaptação posterior.

### **Ação 3: Comunicar múltiplas alternativas**

Deve-se comunicar simultaneamente o maior número possível de alternativas que atendam às restrições de projeto, e não apenas uma idéia de cada vez. Uma excelente solução sob uma perspectiva pode ser uma solução ruim sob uma perspectiva diferente. Quando uma área funcional propõe apenas sua melhor idéia, ela não dá às demais áreas envolvidas uma noção clara das possibilidades, e assim o processo iterativo provavelmente consumirá muito tempo.

A comunicação deve ser direta e explícita. As melhores formas são listas de idéias, desenhos e modelos. Outras formas podem incluir curvas de compensação (parâmetros versus desempenho), monogramas, gráficos de desempenho, etc.

Por exemplo, pode-se utilizar uma matriz padrão para comunicar as alternativas de subsistemas ou fornecer *feedback* ou sugestões para determinado problema de projeto. No exemplo ilustrado pela tabela 3.1, as linhas representam as alternativas de projeto e as colunas representam os critérios ou requisitos de avaliação. Utiliza-se neste caso uma simbologia (ou um valor quantitativo) para classificar cada alternativa como excelente, aceitável, marginal ou inaceitável em cada um dos critérios, sendo a melhor alternativa aquela que obtiver a melhor pontuação geral.

**TABELA 2.1 – Matriz para comunicação de múltiplas alternativas.**

Alternativa	Custo	Peso	Durabilidade
A	+	+	=
B	=	-	*
C	+	=	=
* : Excelente      + : Aceitável      = : Marginal      - : Inaceitável			

Fonte: Adaptado de SOBEK (1999) e MORGAN & LIKER (2006).

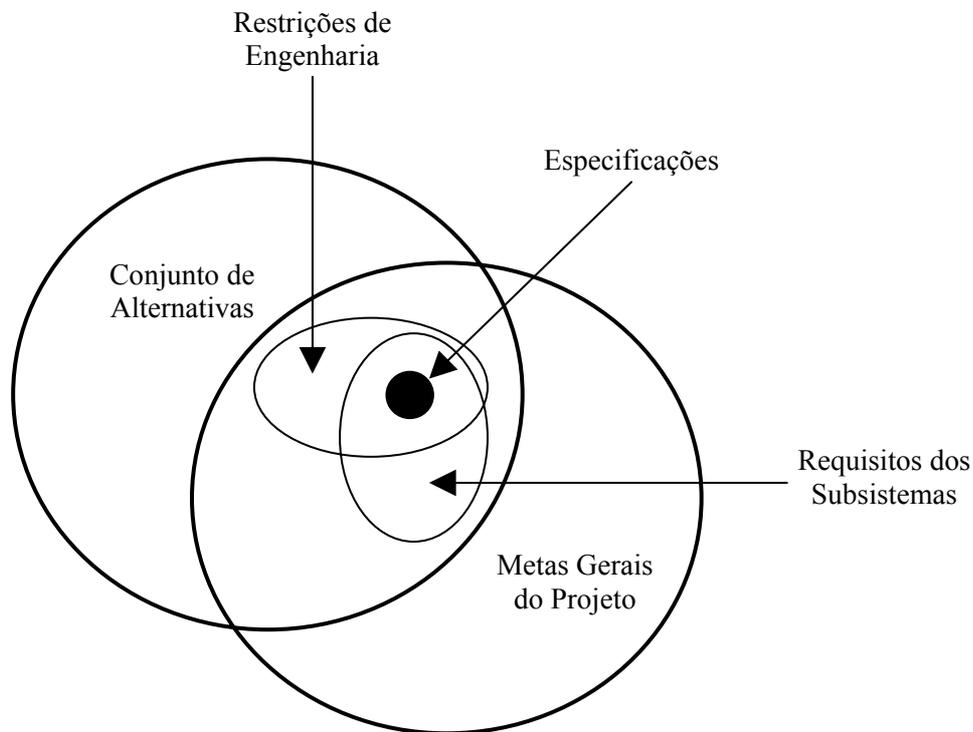
### 2.2.5.3.2 Princípio 2: Integrar pelas intersecções

Quando cada grupo funcional envolvido em um projeto compreende as considerações feitas também sob a ótica dos demais, é possível integrar os subsistemas pela identificação de soluções que sejam viáveis para todos (intersecções).

#### Ação 4: Procurar intersecções entre as alternativas

Tendo comunicado múltiplas alternativas, deve-se procurar por intersecções entre o que as várias áreas funcionais envolvidas podem fazer. Se for possível encontrar tais intersecções, pode-se então optar por uma solução que otimize o desempenho global do sistema (produto), conforme ilustra a figura 3.10. A ênfase portanto deve estar não somente no consenso entre todas as partes envolvidas, mas também na busca pela melhor solução para o sistema como um todo. Segundo LIKER (2005), na Toyota esta prática é conhecida como *nemawashi* (reunir e discutir com todas as partes afetadas para obter consenso antes de propor uma ação específica).

Este ciclo de negociação e retro-alimentação de projeto é uma busca explícita pela intersecção de alternativas aceitáveis tanto do ponto de vista estético quanto estrutural. Mais ainda, nos eventos de integração (*gates*), os engenheiros de produção garantem que o projeto está em conformidade com os guias de engenharia. Os guias definem as regiões exequíveis, e os eventos de integração explicitamente procuram, identificam e eliminam as possíveis incompatibilidades do conjunto de alternativas.



Fonte: Adaptado de SOBEK & WARD (1996).

**FIGURA 2.13 – Interseção entre as alternativas ajuda a definir as especificações.**

### **Ação 5: Impor apenas restrições mínimas**

Uma prática bastante comum é a de tomar decisões o mais cedo possível para evitar confusões, ou seja, definir e congelar o mais cedo possível alguns pontos críticos, tais como as dimensões básicas, para evitar turbulência entre as diversas áreas funcionais envolvidas no projeto. Em contraste, a Toyota utiliza a prática de tomar cada decisão no seu tempo, ou seja, impor somente as restrições mínimas necessárias em cada momento, garantindo flexibilidade para maior exploração ou ajustes que melhorem a integração.

Por exemplo, os engenheiros de carroceria enviam seus desenhos CAD para a engenharia de manufatura apenas com as dimensões nominais, sem tolerâncias. A engenharia de manufatura é quem determina as tolerâncias de acordo com a capacidade do processo produtivo, e então os desenhos são ajustados para refletir a melhor relação de custo-desempenho.

A prática de impor as restrições mínimas é importante porque ao aplicá-la, os membros do time de desenvolvimento implicitamente reconhecem que mais de uma solução pode funcionar.

#### **Ação 6: Buscar robustez de conceito**

Estratégias tais como ciclos curtos de desenvolvimento, flexibilidade de manufatura e padronização ajudam a levar uma idéia de produto ao mercado mais rapidamente e desta forma reduzir a susceptibilidade do projeto à mudanças de demanda ou ação da concorrência (CHANG, et al., citado por SOBEK, 1999).

O princípio de robustez de conceito compreende estas duas variáveis e inclui a incerteza de projeto: criar projetos que funcionem independentemente do que o resto do time decida fazer. Se uma área funcional puder criar um projeto que funcione dentro de todas as possibilidades cogitadas pelas demais funções, é possível prosseguir no processo de desenvolvimento sem ter que esperar por informações adicionais destas outras funções.

Esta estratégia de projeto conceitualmente robusto pode comprimir significativamente o tempo de desenvolvimento, pois encoraja as várias áreas funcionais envolvidas a trabalharem simultaneamente sem se preocupar com que mudanças no projeto ponham a perder o trabalho já realizado.

#### **2.2.5.3.3 Princípio 3: Assegurar exequibilidade antes da implementação**

IANSTITI (1995) afirma que uma abordagem flexível para o PDP permite a otimização do sistema porque possibilita buscar e compreender todas as alternativas e interações antes de se optar por uma em particular. O terceiro princípio da ESBC visa garantir que o projeto seja exequível antes de sua implementação.

#### **Ação 7: Estreitar as alternativas aumentando o nível de detalhes**

A ESBC compreende não só a geração e comunicação de múltiplas alternativas, mas também um processo de decisão que gradualmente elimine as mais pobres até que reste somente o conceito vencedor. Desta forma o time de projeto pode

compreender mais profundamente as considerações relevantes antes de se comprometer com uma das alternativas.

As diversas funções estreitam suas possibilidades paralelamente, comunicando-se entre si para garantir a convergência para uma solução final integrada. Entretanto, a decisão final deve acontecer em algum momento senão o projeto não será concluído no prazo. Assim, saber quando decidir se torna uma das principais funções do engenheiro chefe. Como cada projeto é diferente, o engenheiro chefe deve balancear a necessidade de aprendizado e a necessidade de decisão, podendo tanto postergar uma decisão para coletar mais informações quanto pressionar por uma decisão para manter o projeto no prazo.

#### **Ação 8: Manter o foco no conjunto de alternativas vigente**

O valor da comunicação de conjuntos de alternativas será limitado se algum membro do time se direcionar para uma solução fora do conjunto vigente. Esta abordagem pode ser adotada somente se os times mantiverem conjuntos de alternativas robustos com pelo menos uma solução funcional. Uma técnica para garantir conjuntos robustos é sempre ter no conjunto de alternativas um projeto de segurança (geralmente um projeto similar já existente e comprovado). Se nenhuma das demais alternativas se mostrar funcional até determinada data limite, o time então recorre ao projeto de segurança.

#### **Ação 9: Controlar pela gestão das incertezas nas revisões de fases**

O PDP é visto como um fluxo contínuo, com informações sendo trocadas conforme necessário. Este processo é gerenciado por uma série de revisões de fases (*gates*), cada qual materializado em um evento de integração que junte todas as peças. O nível de incerteza é controlado a cada *gate*, incluindo o tamanho do conjunto de alternativas ainda sob consideração e a profundidade do conhecimento adquirido.

A cada *gate* todas as áreas funcionais devem reportar se de fato uma boa solução será encontrada dentro do conjunto de possibilidades até então ativo. Assim, os gerentes podem determinar mais precisamente o status do projeto. Eventos de integração mais frequentes e mais juntos no tempo e a execução de testes de

subsistemas parecem ter grande correlação com ciclos mais rápidos de desenvolvimento, adaptação mais rápida à mudanças do ambiente e maiores taxas de inovação.

### **Vantagens da abordagem baseada em conjuntos**

WARD et al. (1995) e WARD et al. (1995b), apresentam algumas vantagens potenciais da abordagem baseada em conjuntos:

- 1. Comunicação confiável e eficaz:** Ao contrário da abordagem convencional – onde cada alteração feita por determinado grupo funcional pode invalidar as decisões prévias – na abordagem baseada em conjuntos a comunicação abrange o conjunto de alternativas. Ao passo em que as possibilidades se estreitam, as decisões anteriores permanecem válidas e são complementadas com informação adicional mais precisa. A confiabilidade da comunicação possibilita aos diversos grupos funcionais trabalharem simultaneamente, reduz a quantidade e duração de reuniões e promove um relacionamento de confiança entre os membros do time. Esta comunicação eficiente e eficaz pode ser a razão pela qual a Toyota não utilize times co-locados e dedicados, e possibilite que os membros do time dêem início ao trabalho quando acharem conveniente, ao invés de fazê-los seguirem cronogramas rígidos.
- 2. Maior simultaneidade no processo:** Na abordagem convencional, alterações no projeto do produto podem por a perder grande parte do trabalho de planejamento do processo de fabricação, desencorajando assim o desenvolvimento paralelo do produto e do processo. Ao contrário, na abordagem baseada em conjuntos os processos de manufatura aplicáveis ao conjunto de alternativas de projeto podem ser antecipadamente planejados. Assim, inovações no processo de manufatura podem conduzir a inovações no projeto do produto, ou seja o processo de manufatura pode inovar sem correr o risco desta inovação não ser aproveitada pelo projeto do produto.
- 3. Decisões iniciais críticas baseadas em fatos e dados:** De acordo com CLARK & FUJIMOTO (1991), as primeiras decisões sobre o projeto, tomadas logo no princípio, são as que têm o maior impacto na qualidade e custo finais do produto e, paradoxalmente, estas mesmas decisões são tomadas com uma mínima

quantidade e precisão de informações. O mecanismo utilizado pela Toyota para fazer certo da primeira vez é explorar várias alternativas de projeto e retardar ao máximo a tomada de decisões importantes, reunindo a maior quantidade de fatos e dados possíveis antes de estabelecer as especificações finais para os subsistemas.

4. **Aprendizagem organizacional:** Projetistas são notoriamente resistentes à documentação do seu trabalho, principalmente devido ao senso de que esta documentação nunca será utilizada. O processo da Toyota ajuda os membros do time a formarem mapas mentais do espaço de projeto, uma vez que uma ampla parte deste espaço é sistematicamente explorada. Por exemplo, os engenheiros de carroceria podem desde o início, a partir dos guias de lições aprendidas, saber quais ângulos podem ser manufaturados sem conversar pessoalmente com os engenheiros de manufatura. Conseqüentemente, pode-se partir de um ponto previamente definido e fazer os refinamentos através de exploração adicional.
5. **Busca por projetos ótimos globalmente:** A exploração de vários conceitos em profundidade e de forma multifuncional potencializa o encontro de soluções melhores do ponto de vista global (sistêmico). Também permite à organização perseguir melhorias radicais com um nível de risco controlado, ou seja, sabe-se que se uma idéia não funcionar, provavelmente (e simultaneamente) haverá outra que funcione.

### **Solução antecipada de problemas**

BALLÉ & BALLÉ (2005) e MORGAN (2002), afirmam que o PDP da Toyota possui dois estágios distintos: o primeiro, criativo e inerentemente turbulento, compreendendo as fases de conceito e projeto de sistema, e o segundo, padronizado e rigidamente controlado, compreendendo as fases de projeto detalhado, prototipagem e ferramental. Esta separação viabiliza projetar simultaneamente o produto e as características fundamentais do processo para a produção enxuta.

Para MORGAN (2002), esta divisão entre criação e execução e o rigor na solução de problemas aliado à participação interfuncional desde o princípio do projeto permitem à Toyota minimizar a variabilidade nas fases a jusante, o que é essencial para a qualidade e produtividade.

A estratégia de melhorar o desempenho do PDP deslocando a identificação e solução de problemas de projeto para as fases iniciais do processo, bem como o seu emprego pela Toyota, é discutida no trabalho de THOMKE e FUJIMOTO (2000).

Esses autores afirmam que uma antecipação eficaz da solução de problemas pode ser conseguida principalmente por meio de duas abordagens:

1. **Transferência de conhecimento projeto-a-projeto:** transferência eficaz do conhecimento de problemas e respectivas soluções entre projetos para reduzir o número total de problemas a serem resolvidos a cada novo projeto.
2. **Solução rápida de problemas:** uso de métodos e tecnologias avançadas para aumentar a velocidade com que os problemas de desenvolvimento são identificados e resolvidos.

Segundo THOMKE & FUJIMOTO (2000), em seu esforço para antecipar a solução de problemas no PDP a Toyota fez uso de ambas as abordagens (transferência de informação sobre problemas e respectivas soluções projeto-a-projeto e uso de tecnologias avançadas de CAD/CAE e prototipagem rápida). Os autores apresentam o impacto das iniciativas de forma evolutiva através da porcentagem dos problemas resolvidos em relação à evolução do projeto:

- **Processo convencional (antes da década de 1980):** Em torno de 50% dos problemas permanecia sem solução até o início da produção piloto;
- **Período precedente às primeiras iniciativas de antecipação (década de 1980):** A comunicação entre as oficinas de protótipos e a engenharia de produção existia, mas de maneira informal e não sistemática. Da mesma forma, a engenharia simultânea era limitada a poucas áreas, com solução de problemas de forma localizada, não sistêmica. Cerca de 30% dos problemas permaneciam sem solução até o início da produção piloto;
- **Primeira iniciativa de antecipação (início da década de 1990):** Esforços formais e sistemáticos para melhorar a comunicação frente-a-frente e a solução conjunta de problemas entre as áreas (principalmente oficinas de protótipos e engenharia de produção) foram feitos, resultando em um aumento da porcentagem de problemas identificados e resolvidos durante a construção dos primeiros protótipos;

- **Segunda iniciativa de antecipação (meados da década de 1990):** Utilização de CAD 3D para identificação de interferências entre componentes, aumentando a porcentagem de problemas identificados e resolvidos antes da construção dos primeiros protótipos;
- **Terceira iniciativa de antecipação (final da década de 1990 em diante):** Utilização de CAE para identificação de problemas funcionais em estágios iniciais do projeto, com papel importante da transferência de conhecimento sobre problemas e respectivas soluções projeto-a-projeto. A meta é resolver 80% de todos os problemas antes da construção dos primeiros protótipos. A segunda série de protótipos passa a contribuir apenas para a solução dos problemas remanescentes, podendo ser parcialmente eliminada para reduzir o tempo de desenvolvimento.

Entre a primeira e a terceira iniciativa a Toyota obteve reduções de tempo, custo e número de protótipos ao redor de 30 a 40%. Entretanto, deve-se lembrar que neste período a Toyota também procedeu a reorganização do seu PDP, resultando em uma comunicação e coordenação mais eficaz entre as áreas (THOMKE & FUJIMOTO, 2000).

#### **Plano Estrutural (*kozokeikaku* ou K4)**

Antes do estilo ser aprovado (congelado), a Toyota dedica um grande esforço para avaliar os primeiros projetos e pensar em todas as questões de engenharia e fabricação. Os possíveis problemas, restrições e alternativas de soluções são registrados em esboços denominados *kentouzu* ou desenhos de estudo. Quando esta fase termina, os desenhos de todos os departamentos são reunidos em um volume chamado K4 (simplificação de *kozokeikaku*, que significa plano estrutural), um conjunto de desenhos de estudo que coletivamente abordam a estrutura e a integração do veículo (LIKER, 2005). Os esboços de desenhos do K4 contém informações e dimensões básicas, cortes transversais das partes estruturais, arranjo físico preliminar, resultados de análises estruturais, etc., contemplando geralmente três ou mais alternativas de projeto para os principais subsistemas (SOBEK et al., 1999).

O K4 é um dos principais resultados da fase de projeto do sistema, o qual é amplamente circulado para informação e aprovação de todos os grupos funcionais

envolvidos, principais fornecedores e alta administração, podendo conter até 80 assinaturas (WARD et al., 1995; SOBEK et al., 1999). Segundo esses autores, esse processo proporciona uma intensiva comunicação e negociação entre os grupos e com os fornecedores, sendo também uma das principais evidências da exploração de múltiplas alternativas de subsistemas.

Para MORGAN & LIKER (2006) esta fase intensa de estudos isola, gerencia e minimiza a variabilidade no PDP, permitindo separar as etapas de criação e execução.

A fase de projeto do sistema termina com a aprovação do estilo, um grande evento que reúne centenas de pessoas do chão de fábrica à alta administração, no qual uma das alternativas de estilo é escolhida. A geometria do estilo vencedor é então digitalizada e transformada em arquivos CAD (FORD & SOBEK, 2005). A aprovação final do K4 acontece mais ou menos dois meses após a aprovação do estilo, e baseado nele os engenheiros iniciam então o detalhamento do projeto (WARD et al., 1995).

#### **2.2.5.4 Projeto Detalhado: Padrões de Projeto**

MORGAN, citado BALLÉ & BALLÉ (2005), relata que depois das fases iniciais turbulentas de conceito e arquitetura (projeto do sistema), o processo de desenvolvimento da Toyota passa a caminhar em um ritmo diferente, produzindo desenhos detalhados segundo um planejamento rígido. Separando estes dois estágios (criação e execução) consegue-se minimizar as variações de processo a jusante, crucial para a qualidade e produtividade.

Em ambos os estágios, consegue-se reduzir variabilidade com a padronização sistemática de competências, processos e projetos, o que contribui para a eliminação de retrabalho e desperdício. Assim como no chão de fábrica, no desenvolvimento de produto também são utilizadas várias ferramentas de padronização, tais como (MORGAN & LIKER, 2006):

- **Checklists de produto e processo:** desde o princípio do programa, todas as áreas funcionais utilizam um conjunto de *checklists*, ou guias de melhores práticas, que orientam a tomada de decisões. Estes guias podem definir passos cruciais do processo (*checklist* de processo) ou fornecer parâmetros de características específicas do projeto do produto (*checklist* de produto). São

baseados na experiência e sua atualização é de responsabilidade dos próprios especialistas que os utilizam.

- **Folhas de processo padronizadas:** indicam o processo de manufatura específico para cada tipo de componente, incluindo não só as operações como também os parâmetros de fabricação. Fazendo uso destas folhas de processo desde o início do programa, os engenheiros podem projetar componentes em conformidade com os parâmetros determinados.
- **Seções de construção comum:** utilizadas para capturar a arquitetura padrão para cada componente e fornecer âncoras para o projeto do veículo. Estas seções facilitam a elaboração dos desenhos de estudo (*kentouzu*) durante a fase de projeto de sistema e reduzem o trabalho de engenharia na consideração de diferentes estilos.

Os *checklists* representam o estado da arte em cada especialidade e são um ingrediente fundamental para o sucesso da ESBC. Assim, quando o engenheiro chefe solicita a participação de determinada área no projeto, o primeiro passo é recuperar os *checklists* e customizá-los para o referido projeto. Este alto nível de padronização do projeto é fator determinante para maximizar a aprendizagem e a melhoria contínua do processo, bem como para aumentar sua velocidade mantendo a confiabilidade.

Os padrões são definidos de modo a terem o mínimo impacto sobre a criatividade, focando nas características não visíveis do projeto e utilizando relações do tipo “se-então” e curvas de compensação (*trade-offs*) onde possível, mantendo a flexibilidade dos projetistas nas tomadas de decisão. Tais padrões, curvas e relações permanecem disponíveis a todos os participantes do PDP e são uma ferramenta essencial para compartilhar experiência e conhecimento adquirido em outros programas. Além disso, reduzem drasticamente as curvas de aprendizagem e economizam tempo e recursos, permitindo que os especialistas se dediquem mais profundamente na exploração de múltiplas alternativas durante o primeiro estágio do processo (MORGAN & LIKER, 2006).

Além da utilização sistemática de padrões de projeto, emprega-se também um processo de desenvolvimento padronizado como forma de determinar com precisão as entradas e saídas de cada fase e as interdependências entre os diversos

grupos funcionais. Esta padronização é essencial para reduzir variabilidade, melhorar a sincronização e permitir o desenvolvimento simultâneo do produto e do processo, servindo também como base para a melhoria contínua do processo de desenvolvimento (MORGAN & LIKER, 2006).

Os desenhos detalhados gerados nesta fase são liberados de forma escalonada, conforme são completados, permitindo que a engenharia de processo inicie o projeto das ferramentas o mais cedo possível. Da mesma forma, o projeto das ferramentas também é liberado de forma fracionada, de modo que a sua construção também possa ser iniciada o quanto antes (SOBEK, 1997). Os componentes de maior complexidade são liberados primeiro (MORGAN & LIKER, 2006).

A fase de projeto detalhado se encerra com a determinação das tolerâncias finais de fabricação pela engenharia de processo, quando então os desenhos são corrigidos e liberados para produção.

Conforme comentado no início deste capítulo, nesta fase busca-se a geração de desenhos perfeitos e restringe-se a realização de mudanças de engenharia após a liberação dos desenhos para a produção (*zero engineering changes*), obrigando uma maior comunicação entre os membros do time para a eliminação de dúvidas e possíveis problemas (KOBÉ, 2001).

#### **2.2.5.5 Protótipo e Ferramental: Produção Enxuta**

Existem muitas atividades de manufatura implícitas no PDP, tais como prototipagem, construção de ferramental, produção piloto, etc. A menos que a empresa execute estas atividades rápida e eficientemente, ela não obterá um alto desempenho no desenvolvimento de produto. Assim, a excelência no PDP depende também de um bom processo de manufatura (FUJIMOTO, 1999).

Segundo MORGAN, citado por BALLÉ & BALLÉ (2005), em geral a Toyota desenvolve duas séries de protótipos, os quais são utilizados não apenas para testes, mas para a escolha dos diferentes subsistemas e verificação da integração entre eles. A primeira série é cuidadosa e lentamente montada para que todas as interfaces sejam analisadas. Paralelamente à primeira série, a Engenharia de Manufatura conduz a sua própria série para identificar as questões relativas à manufatura e montagem. A segunda série é construída de acordo com os princípios da produção enxuta.

De acordo com os mesmos autores, esta fase é caracterizada por intensa interação e conta com a participação de engenheiros de sistema, especialistas em protótipos, especialistas em garantia da qualidade e líderes de montagem, servindo também como um dos principais momentos de aprendizagem. É também o último momento para que as mudanças de engenharia sejam identificadas e realizadas.

Os engenheiros praticam o princípio de fazer por si mesmos (*genchi genbutsu*) participando ativamente da construção virtual e física de protótipos. Eles visitam as áreas de fabricação, participam de reuniões de avaliação diárias no local de montagem e freqüentemente montam as peças de modo a obterem em primeira mão a experiência em relação àquilo que projetaram (MORGAN & LIKER, 2006).

O projeto e construção de ferramental também ocorrem segundo os princípios da produção enxuta, simultaneamente ao detalhamento do projeto (BALLÉ & BALLÉ, 2005). Conforme já citado neste capítulo, a engenharia de manufatura projeta os ferramentais a partir das dimensões nominais, e o projeto do produto deve prever a maior variação possível, deixando que as tolerâncias finais sejam determinadas pelo processo de fabricação (WARD et al., 1995).

As ferramentas são classificadas por categorias, de A (grandes moldes, para peças de superfícies complexas) a E (pequenas peças produzidas em estampas progressivos), e para cada categoria há uma linha específica de máquinas operatrizes e baias de montagem, dimensionadas de acordo com o tamanho e o nível de complexidade das peças a serem trabalhadas. A divisão em categorias permite o estabelecimento de procedimentos e tempos padrão, facilitado o planejamento e a predição dos resultados (MORGAN & LIKER, 2006).

De acordo com os mesmos autores, o projeto detalhado e a padronização do processo de fabricação de ferramental permitem que quase todo o trabalho (mais de 85%) seja feito em máquinas de usinagem de precisão, eliminando operações como polimento e ajuste manual e resultando em expressiva redução do tempo de construção. Este alto nível de precisão permite que as ferramentas sejam construídas rapidamente, minimiza a necessidade de ajustes na linha e conseqüentemente reduz o tempo de *tryout*.

Após a construção, os componentes são enviados para as células de montagem correspondentes, as quais contêm todos os equipamentos e materiais

necessários a cada categoria de ferramenta. O processo de montagem segue os princípios da produção enxuta, com fluxo pré-determinado, tempo de execução padronizado, controle visual do progresso, ferramentas e acessórios disponíveis no local de uso e entrega de componentes *just-in-time*.

Uma vez concluídos, os ferramentais são enviados para os respectivos locais na linha de produção para testes, acertos finais e estudos de automação (MORGAN & LIKER, 2006). Somente então se definem as tolerâncias finais de fabricação e atualizam-se os desenhos (WARD et al., 1995).

Em suma, pode-se dizer que um dos diferenciais do PDP da Toyota está na discussão detalhada dos aspectos relativos à manufatura em um estágio do projeto em que seus competidores estão preocupados principalmente com o estilo e questões de engenharia de produto.

#### **2.2.5.5.1 Preparação para Produção**

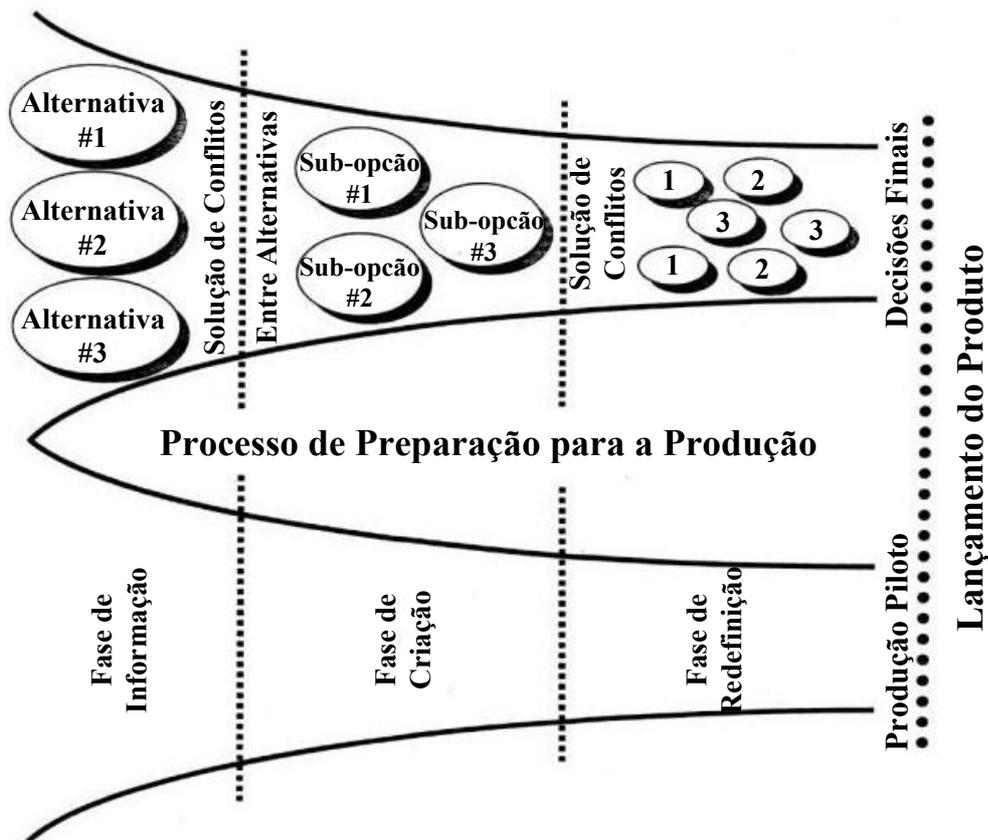
BALLÉ & BALLÉ (2005) afirmam, embora não abordem o tema, que a Toyota também dedica atenção especial ao processo de preparação para a produção, situado entre as fases de prototipagem e início da produção e apontado como um dos determinantes da sua competência em atingir rapidamente o regime de produção após o lançamento.

O Processo de Preparação para a Produção (3P) da Toyota é apresentado por MASCITELLI (2004) como um processo paralelo e análogo ao ESBC (apresentado anteriormente neste capítulo), conforme ilustrado pela figura 2.14, no qual os responsáveis pelo desenvolvimento do processo de manufatura são guiados por um funil, iniciando com conceitos gerais, passando pelas curvas de compensação (*trade-offs*) e terminando com o processo final de manufatura. Os processos 3P e ESBC se realimentam mutuamente, ou seja, à medida que as alternativas de conceito do produto são propostas, as alternativas de processo para produção destes conceitos são simultaneamente consideradas, e este ciclo perdura até que se chegue ao conceito de produto e processo de manufatura definitivo.

Segundo MASCITELLI (2004), o 3P é dividido em fases, de acordo com a maturidade do projeto do produto:

- **Fase de informação:** Executada paralelamente ao projeto conceitual do produto, envolve a coleta de informações sobre o produto, como a identificação de componentes e matérias primas e uma estimativa inicial de como o produto será construído;
- **Fase de criação:** Alternativas de projeto do processo são consideradas à medida que projeto do produto ganha maturidade;
- **Fase de redefinição:** Paralelamente à geração dos desenhos detalhados e das listas de materiais, o processo de fabricação é solidificado, máquinas e equipamentos são construídos ou comprados e o arranjo físico da fábrica é completado.

### Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos (ESBC)



Fonte: MASCITELLI (2004).

FIGURA 2.14 – Processo 3P simultâneo ao Processo ESBC.

Uma das características marcantes de uma fábrica enxuta é um fluxo estável e eficiente de transformação de matérias primas em produtos acabados e prontos para expedição, dentro do menor tempo, com o mínimo estoque e a mínima movimentação possível (MASCITELLI, 2004). Neste contexto o 3P:

- Faz com que o fluxo seja considerado desde o princípio do desenvolvimento do processo de manufatura e arranjo físico;
- Promove a construção de modelos físicos ou computacionais para simulação de diferentes arranjos, configurações de máquinas, esquemas de estocagem, etc. Estes modelos, melhorados a cada projeto, são utilizados para análise do tempo *takt*<sup>7</sup>, capacidade, fluxo, movimentação de material e estoque em processo;
- Mantém atualizado um guia de melhores práticas para fazer com que todos os aspectos críticos da produção enxuta sejam considerados durante o desenvolvimento do processo de manufatura.

MASCITELLI (2004) afirma ainda que o 3P representa uma poderosa oportunidade para redução de custos e apresenta duas ferramentas utilizadas, cujas definições e objetivos são resumidos a seguir:

- **Sete alternativas de processos:** O investimento em bens de capital para a produção de um novo produto (máquinas, equipamentos, ferramentas, etc.) deve ser pago o quanto antes e dentro do ciclo de vida do produto. Na Toyota, para cada parte do processo de manufatura que necessite de grande investimento em bens de capital devem ser apresentadas sete alternativas de processos, respondendo às seguintes questões:
  - A estimativa de volume total a ser produzido durante o ciclo de vida;
  - As especificações e tolerâncias críticas que determinarão a produtividade;
  - As propriedades físicas que determinarão o desempenho;
  - O número de horas necessárias para o processo em questão;
  - O custo de manutenção de máquinas e equipamentos;

---

<sup>7</sup> Termo de origem alemã, que significa o tempo disponível para a produção dividido pela demanda do cliente. Seu objetivo é alinhar a produção à demanda, fornecendo um ritmo ao sistema de produção enxuta. No contexto do PDP, por exemplo, se os clientes necessitam de dois novos produtos por mês, o tempo *takt* é de 15 dias (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2003).

- A vida útil de cada máquina, equipamento ou ferramenta, em número de unidades produzidas até a substituição ou reforma;
  - O custo dos bens de capital para cada alternativa considerada;
  - O impacto na fábrica para cada alternativa considerada.
- **Evento *kaizen* 3P:** Com duração variando de um dia a uma semana dependendo da complexidade do produto, seu objetivo é reunir os principais representantes da engenharia de produto e processo para uma discussão focada na manufaturabilidade, principalmente custo e produtividade. A responsabilidade pela preparação do evento deve ser do engenheiro chefe ou do responsável pela engenharia de processo, e deve ser realizado antes da definição (congelamento) do conceito e/ou durante as avaliações de protótipos. O evento *kaizen* 3P busca resposta para as seguintes questões:
    - Quais são os processos críticos para a fabricação do produto?
    - Quais especificações ou tolerâncias serão difíceis de manter?
    - Quais máquinas e equipamentos serão necessários?
    - Qual será o arranjo físico das linhas de fluxo e células de trabalho?
    - Qual o plano para administração *just-in-time* de materiais?
    - Qual será a capacidade e o tempo *takt* do novo fluxo de valor?
    - Qual o plano para garantia da qualidade?

A formalização de um processo de preparação para a produção e a consideração de aspectos como fluxo, capacidade, tempo *takt*, movimentação, etc. desde o início do projeto são uma evidência da orientação do PDP da Toyota para a Produção Enxuta.

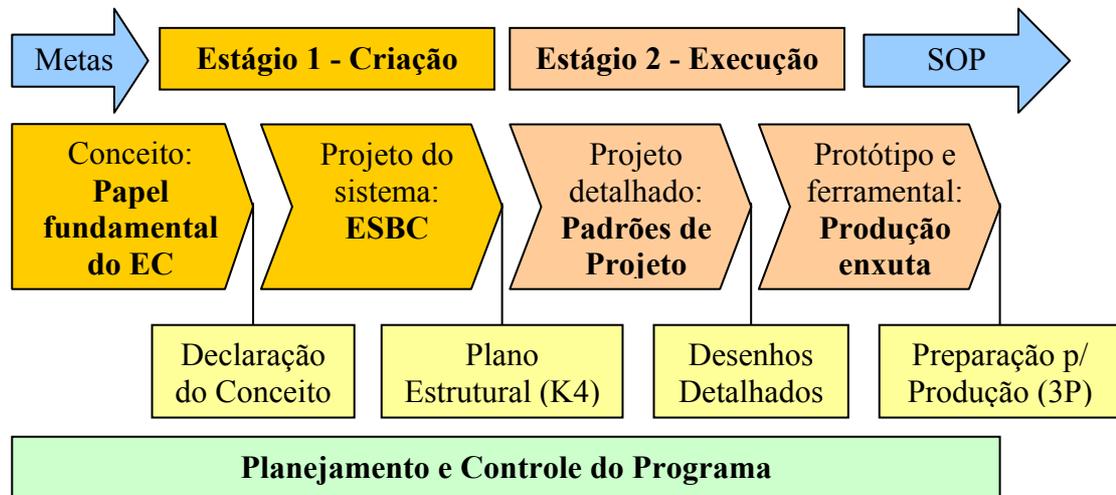
#### 2.2.5.6 Síntese do Nível de Processo

O primeiro nível do modelo de referência para o PDP da Toyota pode ser resumido em alguns pontos principais, como segue:

- Descentralização do planejamento e controle, com o estabelecimento de datas-chave para integração e um sistema baseado em responsabilidade para garantir o comprometimento de todos os grupos funcionais e diminuir o esforço de coordenação necessário;

- O programa tem início com um estudo rigoroso de mercado e declaração das metas, com as especificações sendo geradas por meio de um processo sistemático de síntese, análise e experimentação de múltiplas alternativas;
- O processo de desenvolvimento é dividido em estágios de criação e execução, sendo o primeiro relativamente flexível para permitir a criatividade e o segundo rígido e padronizado para garantir uma implementação rápida e precisa. Esta divisão é importante pois é na execução que se concentra o maior dispêndio financeiro, sendo de suma importância uma rápida implementação para que o prazo de retorno do investimento seja minimizado;
- Preocupação em resolver o maior número de problemas nas fases à montante (estágio de criação) para reduzir variabilidade e permitir o trabalho simultâneo nas fases à jusante (estágio de execução);
- Emprego de uma estrutura organizacional que permita o balanceamento entre coordenação funcional (papel dos gerentes funcionais) e integração interfuncional (papel do engenheiro chefe). Cabe ao EC enxergar o todo e exigir o máximo dos grupos funcionais, e aos gerentes funcionais conter o seu entusiasmo, gerando soluções otimizadas e exequíveis;
- Finalmente, conforme afirma SOBEK (1997), o desenvolvimento de produto da Toyota é direcionado pela capacidade do seu processo de manufatura, e não pela capacidade da engenharia. A Toyota define a si própria como uma empresa de manufatura, e assim a missão do PDP passa a ser o desenvolvimento de produtos para a produção enxuta.

A figura 2.15 representa uma visualização melhorada do nível de processo, com destaque para o planejamento e controle permeando todo o ciclo e evidenciando o principal resultado de cada fase.



**SOP = *Start of Production*** (Início da Produção)

Fonte: Elaborado pelo autor.

**FIGURA 2.15 – Representação melhorada do nível de processo.**

### 2.2.6 Nível Organizacional: Centros de Desenvolvimento

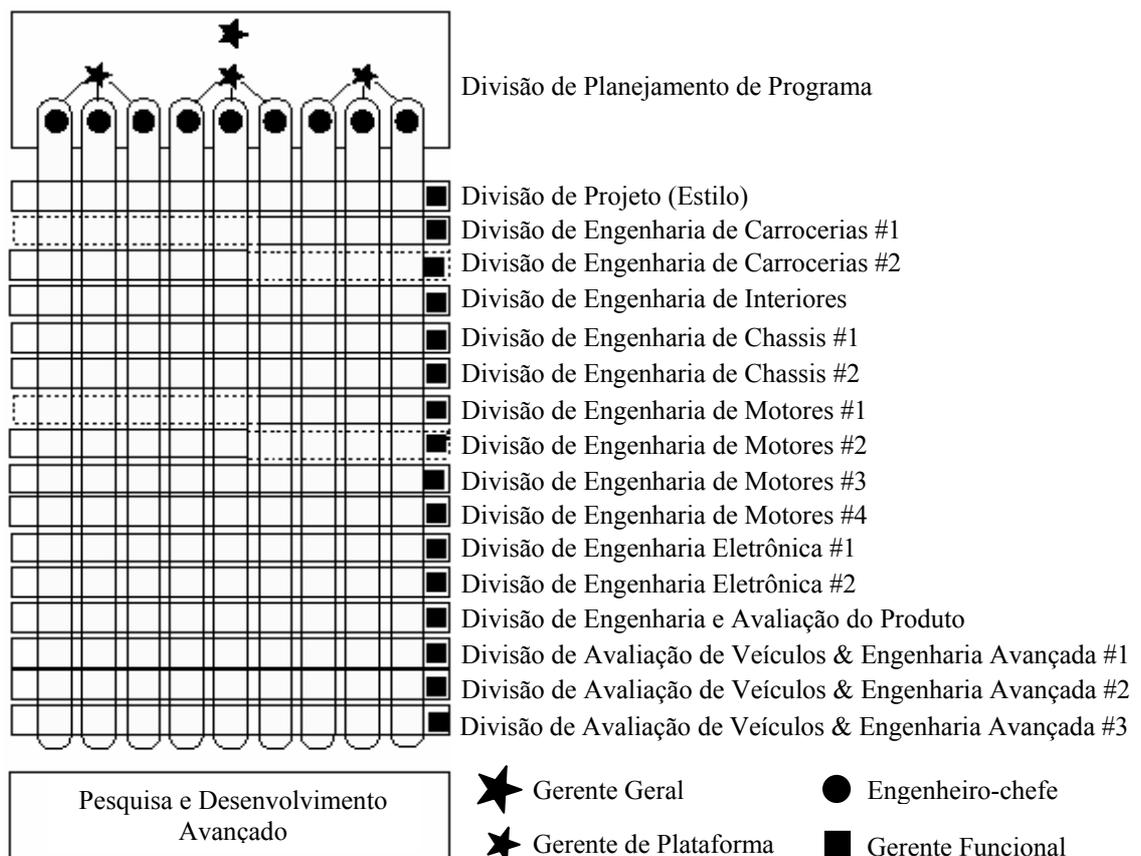
CLARK & FUJIMOTO (1991) e CUSUMANO & NOBEOKA (1998) relatam que no seu princípio a Toyota possuía uma organização essencialmente funcional. Em meados da década de 1950 esta estrutura funcional deu lugar a uma estrutura matricial forte, pela qual os programas de desenvolvimento eram conduzidos por um gerente de projeto peso-pesado (originalmente chamado de *shusa*, e posteriormente engenheiro chefe). Segundo NOBEOKA (1995) esta estrutura se manteve praticamente inalterada até 1989.

Conforme introduzido na seção 2.2.2, no início da década de 1990, embora já fosse melhor que a maioria dos concorrentes a Toyota deu início ao projeto G21, do qual uma das iniciativas era estudar os problemas da sua estrutura organizacional e reorganizar o seu sistema de desenvolvimento de produtos como forma de se manter competitiva em um ambiente em contínua mudança. Segundo NOBEOKA (1995), o principal foco desta reorganização foi mudar a abordagem de gestão de projetos individuais para a gestão de múltiplos projetos.

### 2.2.6.1 Situação Pré-Reorganização

Antes da reorganização, a empresa de consultoria Nomura Research Institute foi contratada para avaliar a situação vigente (NOBEOKA, 1995). A seguir apresenta-se uma síntese dos principais problemas identificados e relatados por NOBEOKA (1995) e CUSUMANO & NOBEOKA (1998), resumidos também no quadro 2.6.

O tamanho da estrutura de desenvolvimento e o número de projetos haviam se tornado muito maior, e o aumento no nível de especialização fez crescer o número de divisões de engenharia, dificultando o trabalho dos engenheiros-chefe em controlar e integrar todas as divisões funcionais. NOBEOKA (1995) cita que em 1976 havia cerca de 5000 pessoas em P&D, distribuídas em 23 departamentos e 6 divisões. Em 1991, eram 11500 pessoas, distribuídas em 48 departamentos e 16 divisões, chegando a 12000 em 1993. A figura 2.16 ilustra a organização do PDP até 1991.



Fonte: CUSUMANO & NOBEOKA (1998).

**FIGURA 2.16 – Organização do PDP da Toyota até 1991.**

Os gerentes funcionais também tinham dificuldade em destinar tempo para todos os projetos com os quais estavam envolvidos (alguns chegavam a estar em 15 projetos diferentes simultaneamente). Tais dificuldades faziam com que reuniões entre o engenheiro chefe e todos os gerentes funcionais para discutir aspectos de integração do projeto só pudessem ser realizadas a cada dois meses (NOBEOKA, 1995).

Também havia um problema de engenharia. O excessivo nível de especialização dos engenheiros não permitia que eles tivessem uma visão sistêmica, com impactos negativos para a integração do produto. Esta especialização somada ao grande número de projetos simultâneos dificultava o comprometimento dos engenheiros com as metas individuais de cada projeto em virtude da alta rotatividade entre projetos não relacionados (CUSUMANO & NOBEOKA, 1998).

Descobriu-se que simplesmente transferir engenheiros de um projeto para outro com frequência não era capaz de criar um sistema de transferência de conhecimento entre projetos. Também se julgou inadequada a criação de uma estrutura por projeto como forma de aumentar a autoridade dos engenheiros chefes e minimizar os problemas causados pelo excesso de especialização, considerando este tipo de organização ineficiente para o desenvolvimento de múltiplos projetos com alto nível de interdependência técnica. Além disso, o grande número de projetos e um número limitado de engenheiros não permitiam a alocação em tempo integral durante toda a duração do projeto. A quantidade de projetos e a autonomia dada aos engenheiros chefes também fazia com que os gerentes da divisão de planejamento (superiores hierárquicos dos engenheiros chefes) não supervisionassem detalhadamente os projetos e não lidassem efetivamente com questões inerentes à gestão de múltiplos projetos, como alocação de recursos, transferência de tecnologia e compartilhamento de componentes (NOBEOKA, 1995).

Finalmente, havia também um problema com o grupo de pesquisa e desenvolvimento avançado (RAD, *Research and Advanced Development*), o qual era relativamente independente dos projetos de desenvolvimento de veículos. Assim, os engenheiros envolvidos em projetos específicos não acreditavam que o RAD poderia desenvolver tecnologia útil aos seus projetos, em contrapartida os engenheiros do RAD se sentiam frustrados porque os novos produtos não utilizavam as tecnologias desenvolvidas por eles (NOBEOKA, 1995).

Estes problemas, somados à mudança no ambiente competitivo provocada pela desaceleração do crescimento da indústria japonesa e pela valorização do *yen*, fizeram com que o tradicional sistema de engenheiros chefes tivesse que ser revisto.

Os engenheiros-chefe estavam habituados a pensar somente no sucesso de seus projetos, levando à criação de muitos componentes proprietários e à expansão dos segmentos de mercado alvo sobre outras linhas de produtos, provocando um efeito de “canibalização”. A prioridade era desenvolver produtos que vendessem bem, e não produtos bem posicionados e concebidos dentro de um custo alvo conservador.

Com a queda do lucro por veículo, a gestão de custos tornou-se um fator crítico e um aspecto particular do sistema de engenheiros chefes era considerado inapropriado sob a nova dinâmica: a gestão de cada projeto individual era muito independente. Era necessário que múltiplos projetos relacionados tivessem mais coordenação.

Uma nova organização deveria ao mesmo tempo fortalecer os mecanismos de integração para os engenheiros de diferentes áreas funcionais – de forma que eles pudessem criar novos produtos bem integrados – e facilitar a coordenação entre diferentes projetos – de modo que tecnologias e componentes pudessem ser efetivamente transferidos e compartilhados (CUSUMANO & NOBEOKA, 1998).

---

**QUADRO 2.6 – Principais problemas do PDP da Toyota antes da reorganização.**

---

<b>Mudança no Ambiente Interno</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Muitas divisões funcionais de engenharia, com especialização excessiva dos engenheiros;</li> <li>2. Muitos projetos simultâneos para cada gerente funcional, o que impedia gerenciar os detalhes de engenharia de cada um e manter a coordenação entre eles;</li> <li>3. Havia se tornado muito mais complicado e difícil para os engenheiros chefes supervisionar todas as funções de engenharia;</li> <li>4. O sistema de engenheiros chefes não era apropriado para a coordenação entre projetos;</li> <li>5. O grupo de pesquisa e desenvolvimento avançado e os projetos de veículos não eram suficientemente coordenados e integrados;</li> </ol>
------------------------------------	---

---

---

<b>Mudança no Ambiente Externo</b>	6. A valorização do <i>yen</i> e desaceleração do crescimento da indústria japonesa transformaram a redução de custos em fator crítico para a competitividade;
	7. Produtos mal-posicionados e com muitos componentes específicos, elevando os custos de desenvolvimento e criando um efeito de “canibalização”;
	8. Falta de coordenação entre projetos, dificultando o compartilhamento de tecnologias e componentes.

---

Fonte: NOBEOKA (1995) e CUSUMANO & NOBEOKA (1998).

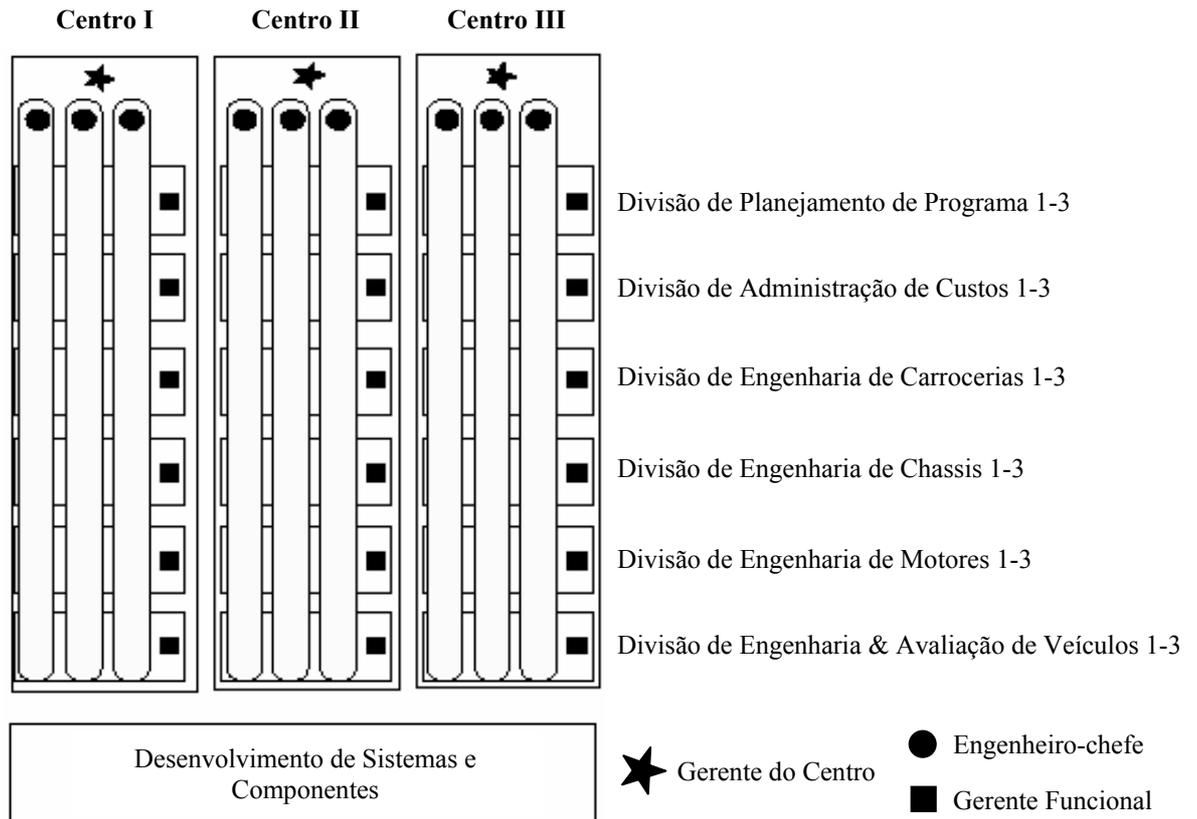
### 2.2.6.2 Situação Pós-Reorganização

A reorganização do PDP da Toyota consistiu em duas mudanças principais, que não reduziram o número de pessoas trabalhando em desenvolvimento de produtos, mas foram focadas na solução dos problemas descritos anteriormente (NOBEOKA, 1995).

Primeiro, em 1992 todos os projetos foram divididos em três centros de desenvolvimento, conforme mostra a figura 2.17, cujo principal critério de agrupamento foi a similaridade entre plataformas de projeto: centro 1, focado em veículos de tração traseira; centro 2, focado em veículos de tração dianteira e; centro 3, focado em veículos utilitários e vans. O critério de agrupamento por similaridade de plataformas foi escolhido entre outros possíveis por potencializar um alto nível de compartilhamento de tecnologias entre os projetos dentro de um mesmo centro, uma vez que a utilização de uma mesma plataforma para várias linhas de produtos poderia reduzir os investimentos de engenharia e os custos de produção de maneira mais efetiva (CUSUMANO & NOBEOKA, 1998). Os três centros de desenvolvimento possuem uma estrutura matricial, com os gerentes gerais liderando áreas funcionais e os engenheiros chefes liderando programas de desenvolvimento (SOBEK, 1996).

Segundo, em 1993 foi criado o quarto centro, responsável por desenvolver componentes e sistemas para todos os projetos. Este centro suportaria os demais através do fornecimento de projetos de subsistemas e componentes específicos, além daqueles comuns para vários projetos de plataformas diferentes. Um critério bastante prático para decidir o que deve ser desenvolvido pelo centro 4 é analisar se o subsistema ou componente é diretamente visível para o cliente. Se for, deve ser

diferente para cada plataforma ou produto e portanto deve ser desenvolvido pelos centros 1, 2 ou 3 (ex. painéis, carrocerias, etc.). Se não, pode ser compartilhado entre várias linhas de produtos e portanto deve ser desenvolvido pelo centro 4 (ex. baterias, sistemas de ar condicionado, etc.).



Fonte: CUSUMANO & NOBEOKA (1998).

**FIGURA 2.17 – Organização do PDP a partir de 1992.**

Quanto à engenharia de processo, de acordo com SOBEEK (1997) a Toyota manteve uma divisão centralizada e separada tanto física quanto organizacionalmente da engenharia de produto, com pequenos grupos de apoio em cada planta para ajudar nas ações de *kaizen*. Os engenheiros de processos não são dedicados a uma linha específica de produtos, alternando-se conforme a demanda e podendo ser temporariamente co-aloçados com a engenharia de produto na fase de conceito ou durante os períodos de pico do projeto.

Segundo o mesmo autor, esta forma de organização permite a padronização e atualização contínua dos processos, facilitando a disseminação do conhecimento entre todos os projetos e transmitindo coerência aos grupos de engenharia de produto.

### **Principais Mudanças**

O intuito dos centros de desenvolvimento foi melhorar a coordenação e o compartilhamento de tecnologias e componentes entre vários projetos assim como a integração funcional em um mesmo projeto. Os pontos chave desta reorganização objetivaram melhorias nestes dois aspectos, e são descritos a seguir com base em CUSUMANO & NOBEOKA (1998):

- **Redução do número de divisões funcionais de engenharia:** de modo a reduzir a quantidade de atividades de coordenação necessárias para construir um produto bem integrado, a Toyota reduziu o número de divisões de engenharia de 16 (responsáveis por todos os projetos) para 6 (responsáveis apenas pelos projetos do centro ao qual pertencem). Esta simplificação aliada à organização em centros possibilitou duas outras mudanças: primeiro, as 6 divisões resultantes tiveram suas responsabilidades ampliadas, sem aumentar o número total de pessoas, já que o número de projetos para cada divisão foi reduzido pelo agrupamento em centros; segundo, o número de divisões funcionais envolvidas em um projeto específico foi reduzido com a criação do centro 4, que retirou dos demais centros o projeto de subsistemas e componentes que poderiam ser gerenciados separadamente.
- **Redução do número de projetos para cada gerente funcional:** dentro da nova organização, cada gerente funcional passou a ser responsável por um número menor de projetos. Por exemplo, os gerentes do centro 1 focam apenas os projetos de veículos de tração traseira. Este foco deve conduzir a um desenvolvimento de produto mais eficiente e à acumulação de conhecimento técnico da divisão.
- **Papel do gerente geral do centro em relação à múltiplos projetos:** a Toyota não queria que gerentes gerais acima dos engenheiros chefes administrassem os detalhes de cada projeto. Mas na estrutura antiga, não era claro quais gerentes gerais – aqueles acima dos engenheiros chefes ou aqueles acima dos gerentes funcionais –

tinham mais autoridade. A Toyota se reorganizou primeiramente em torno de projetos, e a alta administração queria que os gerentes gerais dos centros balanceassem dois papéis importantes: primeiro, deveriam ajudar os engenheiros chefes a integrar as diferentes funções, e na organização em centros os engenheiros chefes poderiam confiar no suporte dos gerentes gerais para lidar com as diferenças e conflitos entre as funções; segundo, seriam responsáveis pela coordenação de todos os projetos dentro do centro e sua responsabilidade passou a incluir também a supervisão das divisões funcionais de engenharia.

- **Divisões de planejamento em cada centro:** As pessoas da divisão de planejamento fornecem suporte executivo para os gerentes gerais dos centros assim como apoio para três departamentos: administração, planejamento de custo e auditoria de produto. O departamento de administração é particularmente importante, pois este cuida da gestão de pessoal, alocação de recursos, planejamento de longo prazo do portfolio de produtos para o centro e dos estudos avançados de conceito para propostas de produtos antes que estes se transformem em projetos formais com um engenheiro chefe designado. Anteriormente a Toyota possuía uma única divisão de planejamento para todo o seu processo de desenvolvimento de produto, e os engenheiros chefes geralmente pertenciam a esta divisão.

- **Organização hierárquica dos engenheiros chefes:** quando dois projetos diferentes (conceitos diferentes, orientados para segmentos diferentes) compartilham a mesma plataforma, cada projeto tem o seu engenheiro chefe, mas um deles supervisiona os dois projetos, tendo um como prioridade. Ex: para dois projetos, A e B, um engenheiro chefe supervisiona os dois projetos, tendo como prioridade o projeto A. O outro engenheiro chefe supervisiona o projeto B e se reporta ao engenheiro chefe do projeto A. É difícil para um engenheiro chefe desenvolver dois produtos diferentes com o mesmo nível de comprometimento, e ao mesmo tempo, o fato dos dois projetos compartilharem a mesma plataforma exige uma coordenação intensiva. Os dois projetos devem obter diferenciação em suas características e integração do processo de desenvolvimento simultaneamente, e neste caso a organização hierárquica dos engenheiros-chefe é uma forma de perseguir as duas metas paralelamente.

- **Papel do centro 4:** este centro foi constituído a partir do antigo grupo de pesquisa e desenvolvimento avançado (RAD, que era mais orientado a pesquisa), mas com uma importante mudança de missão: focar o desenvolvimento de componentes e subsistemas para aplicação em projetos comerciais, mas que pudessem ser melhor desenvolvidos independentemente dos projetos específicos. Para não perder a competência em pesquisa básica, a Toyota criou uma nova divisão interna de pesquisa, a qual foi composta essencialmente por pessoas pertencentes ao antigo RAD.

### **Resultados da Reorganização**

CUSUMANO & NOBEOKA (1998) destacam alguns dos principais resultados obtidos com a reorganização

- Com a redução do número de divisões funcionais, a dificuldade de comunicação e o esforço de coordenação necessário foram reduzidos aos níveis da década de 1970, quando o sistema *shusa* funcionava de maneira eficiente;
- Uma melhor comunicação e coordenação entre as divisões de engenharia e testes permitiu reduzir o número de protótipos em até 40%, que juntamente com outras melhorias (como por exemplo um maior compartilhamento de componentes) resultaram em redução de até 30% no custo de desenvolvimento;
- A simplificação da comunicação e a melhor coordenação também permitiram ampliar o uso de engenharia simultânea, encurtando o tempo de desenvolvimento em alguns meses. O suporte dado aos engenheiros chefes pelos gerentes gerais dos centros acelerou a tomada de decisões, melhorando o andamento dos projetos;
- Com a criação de uma divisão de planejamento em cada centro, a perspectiva de gestão de múltiplos projetos foi enfatizada, passando a existir indicadores de desempenho também para o conjunto de projetos e não apenas para os projetos individuais.

#### **2.2.7 Nível Operacional: Desenvolvimento de Produto para a Produção Enxuta**

A organização e a padronização do processo, os centros de desenvolvimento, a excelência técnica e todos os outros conceitos apresentados neste

capítulo contribuem, mas por si só não determinam o sucesso do PDP da Toyota. Para BALLÉ & BALLÉ (2005), aparentemente é a produção enxuta – incrustada no “DNA” da Toyota – que parece sustentar e orientar a estrutura organizacional do PDP.

Em outras palavras, de acordo com MORGAN, citado por BALLÉ & BALLÉ (2005), o desenvolvimento de produto da Toyota é fortemente baseado na manufatura, ou seja, seu objetivo final é projetar peças para a produção enxuta. Complementando, KENNEDY (2003) afirma que além de desenvolver um produto, o sistema deve suportar as operações de manufatura na manutenção de um fluxo de produtos consistente através da fábrica.

SOBEK (1997) afirma que a Toyota vê a si própria primeiramente e principalmente como uma empresa de manufatura e não de projeto e engenharia. Evidência disto é o forte e incomum papel da engenharia de manufatura dentro da organização, onde um balanceamento é cuidadosamente mantido entre engenharia de produto e processo, mas com peso levemente maior para a manufatura.

A lógica é que os engenheiros de manufatura sejam prudentes quanto ao emprego de novas práticas, e sendo uma das diretrizes da Toyota introduzir nos novos produtos somente com tecnologias comprovadas, faz sentido que a engenharia de manufatura mantenha o controle sobre o desenvolvimento, e isto explica o fato de estarem lá os melhores engenheiros.

A engenharia de manufatura é incumbida de atualizar e comunicar padrões de projeto, realizar revisões de projeto, monitorar a construção de protótipos e desenvolver dispositivos e ferramentas de processo a partir dos desenhos de engenharia.

A influência da abordagem enxuta da Toyota para a manufatura pode ser sentida em praticamente todos os aspectos do seu PDP. Esta influência nem sempre é visível nos fluxogramas organizacionais, mas é essencial ao longo de todo o processo. Muitos dos princípios básicos do STP são seguidos e aplicados pelos engenheiros no PDP, como por exemplo o princípio de ver por si mesmo e aprender fazendo (*genchi genbutsu*), onde espera-se que os engenheiros visitem as plantas fabris e revendedores para obter um entendimento prático do carro no qual estão trabalhando, ou mesmo reuniões do time no final do dia para discutir o progresso durante a construção de protótipos.

O PDP deve ser visto como um fator chave para o desempenho de um sistema de produção enxuta (MORGAN, 2002). O quadro 2.7, extraído de MASCITELLI (2004), apresenta um conjunto de fatores que se levados em conta durante o PDP podem garantir a compatibilidade com os principais atributos de um sistema de produção enxuta.

**QUADRO 2.7 – Fatores de compatibilização do PDP com a produção enxuta.**

<b>PDP PARA A PRODUÇÃO ENXUTA</b>	
<b>Atributo da Produção Enxuta</b>	<b>Oportunidade do PDP</b>
Gestão de estoque <i>Just in Time</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selecionar fornecedores que suportem programação de entregas <i>just in time</i>;</li> <li>• Consolidar fornecedores;</li> <li>• Selecionar fornecedores que gerenciem o estoque no cliente.</li> </ul>
Sistema Puxado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduzir o número de operações e sub-montagens;</li> <li>• Compatibilizar o produto com fluxos de lote reduzido ou unitário;</li> <li>• Padronizar;</li> <li>• Projetar produtos para serem montados conforme demanda ao invés de estocados como produto acabado (tempo de ciclo reduzido).</li> </ul>
Linhas de Fluxo / Células	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduzir o número de operações e sub-montagens;</li> <li>• Projetar para compatibilidade com os fluxos ou células existentes;</li> <li>• Projetar para montagem seqüencial ou unidirecional;</li> <li>• Agrupar componentes por tipo de processo (tecnologia de grupo).</li> </ul>
Redução / Eliminação de Lote	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selecionar processos que possibilitem a produção de lotes reduzidos ou unitários, evitando o uso de equipamentos de baixa flexibilidade.</li> </ul>
Outras Oportunidades	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projetar facilitando o teste e inspeção;</li> <li>• Projetar produtos auto-alinhantes, auto-ajustáveis, com posição única de montagem, etc.;</li> <li>• Reduzir o número de componentes por montagem;</li> <li>• Utilizar matéria-prima padrão e minimizar sobras.</li> </ul>

Fonte: MASCITELLI (2004).

## **Integração entre Engenharia de Produto e Engenharia de Processo**

Um aspecto especialmente importante no que tange à integração do PDP é a integração entre os dois principais atores: a engenharia de produto e a engenharia de processo. Esta afirmação é respaldada em CLARK & WHEELWRIGHT (1993), segundo os quais não se pode dissociar o desenvolvimento do produto do desenvolvimento do processo de fabricação.

Segundo SOBEK (1997) o desenvolvimento de produto da Toyota é direcionado pela capacidade do processo de manufatura e não pela capacidade de engenharia, e isto afeta fortemente a forma de organização e os mecanismos de integração.

Ainda de acordo com SOBEK (1997), a integração produto-processo na Toyota fundamenta-se em cinco temas principais:

- 1. Influência da engenharia de processo sobre o PDP:** a Toyota direciona os melhores engenheiros para a engenharia de processo, a qual exerce grande influência sobre o processo de desenvolvimento e detém a palavra final sobre todos os projetos, podendo vetar aqueles que não cumprirem os requisitos de manufaturabilidade. Este nível de influência só é possível porque a engenharia de processo é altamente capacitada e está constantemente em busca de novas tecnologias de modo que projetos cada vez mais inovadores possam ser produzidos.
- 2. Associação entre capacidade de projetar e construir:** A Toyota projeta, constrói e implementa o ferramental dos subsistemas considerados estratégicos (carroceria, chassis, motor e câmbio). A capacidade de projetar deve estar intimamente associada à capacidade de construir, e com base neste princípio as áreas de projeto e construção de ferramental encontram-se próximas e em alguns casos juntas.
- 3. Padrões de projeto e padronização de processos:** conforme já discutido, padrões de projeto na forma de *checklists* permeiam o PDP da Toyota, sendo uma das características marcantes do sistema e religiosamente seguidos. Ter processos padronizados é pré-requisito para que seja possível estabelecer padrões de projeto para estes mesmos processos. A padronização pode aumentar

a velocidade e a confiabilidade do PDP, simplificando o trabalho dos engenheiros de processo.

4. **Engenharia seqüencial versus engenharia simultânea:** o poder dado à engenharia de processo, o alto nível de padronização e o uso de mecanismos de integração aumentam a previsibilidade reduzem a necessidade de utilização de times multifuncionais, co-alocação e minimizam o receio de conduzir projeto do produto e do processo simultaneamente.
5. **Tecnologia de novos processos:** não se utiliza uma nova tecnologia de processo até que ela prove ser confiável para o volume desejado. Se o projeto de um produto requer um novo processo mas a engenharia de processo não está totalmente confiante, o projeto do produto muda e o novo processo passa a ser desenvolvido de forma paralela e desvinculada até tornar-se confiável para ser aplicado em um programa subsequente.

Em suma, a Toyota parece fazer uso de um modelo de integração produto-processo mais balanceado e mais eficaz, mantendo funções fortemente centralizadas e utilizando diversos mecanismos de coordenação e integração, que incluem: padronização, co-alocação de curto prazo (somente nos períodos de pico), tornar a organização a jusante (engenharia de processo) mais poderosa do que a organização a montante (engenharia de produto) e no mínimo tão competente quanto, sistemas que permitam comprovar novas tecnologias de processos antes da sua utilização e manter as pessoas que projetam próximas ou juntas das pessoas que constroem os ferramentais e equipamentos de manufatura (SOBEK, 1997).

#### 2.2.7.1 Carreiras Técnicas

A busca pela excelência técnica começa pela forma de contratação, desenvolvimento e preservação das pessoas. A Toyota utiliza um processo rigoroso de recrutamento e seleção focado na busca de características como paixão por carros, competência técnica, criatividade e habilidade na solução de problemas, aptidão para trabalho em equipe, capacidade de comunicação, disciplina e motivação (MORGAN & LIKER, 2006).

Segundo WOMACK & JONES (1998), a última coisa que um engenheiro recém-contratado faz é ir para a engenharia. Uma prática muito comum, e

evidenciada por SPEAR (2004), é que inicialmente os jovens engenheiros façam estágios de vários meses na linha de produção, seguidos por curtas estadas nas áreas de marketing, planejamento de produto e vendas (WOMACK & JONES, 1994). De acordo com MORGAN, citado por BALLÉ & BALLÉ (2005), uma vez na engenharia o primeiro trabalho de um novo engenheiro geralmente é um projeto de melhoria.

Segundo SPEAR (2004) esta prática é empregada para todos os novos colaboradores, independente da área para a qual foram contratados ou do nível hierárquico que irão ocupar. Uma das características mais fortes da filosofia Toyota é sua ênfase no desenvolvimento das competências individuais, e esta mesma ênfase se estende ao PDP (BALLÉ & BALLÉ, 2005). As pessoas são consideradas como o ativo mais importante e o investimento na ampliação do conhecimento e desenvolvimento individual são necessários para construir competitividade (SPEAR & BOWEN, 1999).

Uma das características marcantes dos engenheiros da Toyota é o seu perfil altamente técnico (BALLÉ & BALLÉ, 2005). Segundo SOBEK (2002), não é incomum um engenheiro passar a maior parte de sua carreira em um mesmo departamento, especializando-se em uma determinada função. Esse mesmo autor exemplifica a típica evolução da carreira de um engenheiro:

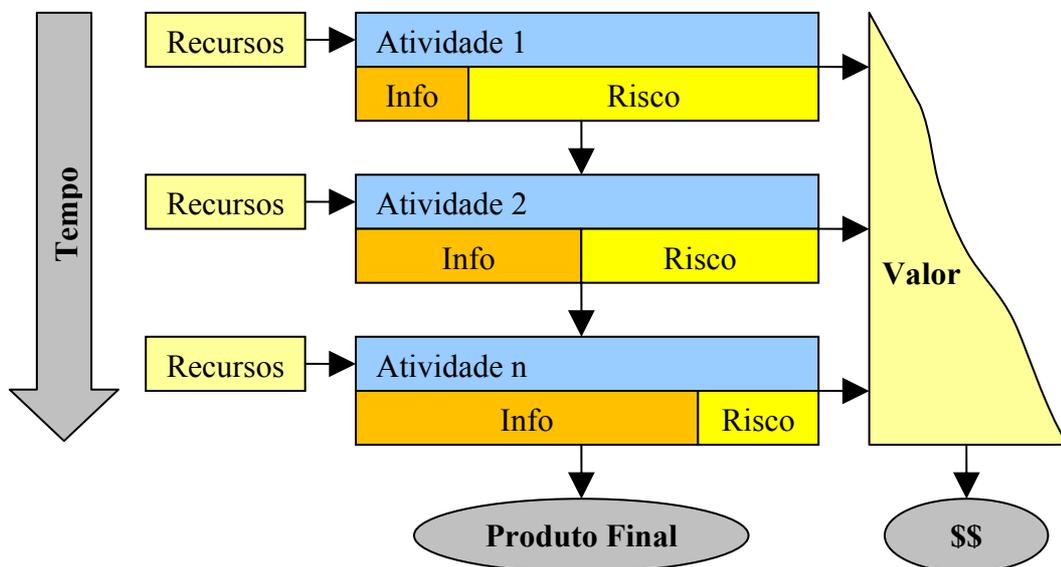
- Ciclo de iniciação, com um projeto supervisionado por um mentor;
- 5 anos: outras atribuições dentro do mesmo departamento;
- 10 anos: supervisão de 5 engenheiros dentro do mesmo departamento;
- 15 anos: gerente de 25 engenheiros, no mesmo departamento (*kacho*);
- 20 anos: diretor responsável por mais de 100 engenheiros (*bucho*).

Ainda segundo SOBEK (2002), cada engenheiro tem um mentor (*sempai*), que não é o seu superior hierárquico, para aconselhá-lo e treiná-lo na solução de problemas. Além disso, os supervisores treinam sistematicamente os seus engenheiros em projeto, habilidades de engenharia, solução de problemas, produção de relatórios, procedimentos de trabalho, comunicação, etc.

### 2.2.7.2 Comunicação Puxada

Segundo BROWNING (2000), no PDP o valor é agregado pela produção de informação útil, e o desperdício reside menos em fazer atividades desnecessárias e mais em fazer atividades necessárias utilizando informação errada, resultando em retrabalho. Para CHASE (2001), as atividades do PDP devem gerar informação capaz de reduzir o nível de risco e incerteza do projeto, tendo como entrada a informação gerada pelas atividades anteriores e agregando informação nova que será utilizada pelas próximas atividades. A visão desse autor é ilustrada pela figura 2.18.

Assim, em um processo iterativo como o PDP, obter a informação certa, no lugar certo e no momento certo é o fator mais importante para a agregação de valor, e neste contexto é muito importante a existência de uma perspectiva sistêmica (modelo de processo) na qual as atividades do PDP trabalhem juntas, já que fazer apenas as atividades necessárias não é suficiente para maximizar a agregação de valor (BROWNING, 2000).



Fonte: CHASE (2001).

**FIGURA 2.18 – Criação de valor através da geração de informação.**

MORGAN & LIKER (2006) afirmam que o PDP é acima de tudo um fluxo de informações entre diversos especialistas. Se a comunicação pára, o fluxo pára, e o desenvolvimento pára.

CLARK & FUJIMOTO (1991) destacam que uma comunicação intensa e bilateral é fundamental para a solução de problemas, que as pessoas envolvidas no PDP devem ter habilidades para comunicação dentro dos times, com os demais especialistas funcionais, com os demais grupos funcionais e até mesmo com outras organizações, e que estruturas matriciais e o desenvolvimento simultâneo exigem um alto nível de comunicação.

SOBEK, citado por BALLÉ & BALLÉ (2005) e MORGAN & LIKER (2006), afirmam que na Toyota a responsabilidade pela busca da informação é de quem dela necessita, e que os membros do time de desenvolvimento devem obter (ou puxar) a informação necessária, quando necessária e na quantidade necessária.

Isto implica que para obter informação relevante e correta, todos devem ter liberdade para falar com qualquer pessoa dentro e fora da organização. Para tanto, conforme abordado mais a frente neste capítulo, prioriza-se a comunicação escrita e padronizada na forma de relatórios A3.

Para decisões que envolvem um grande número de pessoas de diferentes áreas funcionais, a Toyota emprega um processo de três estágios (SOBEK, citado por BALLÉ & BALLÉ, 2005):

1. Inicia-se com uma ou mais rodadas de troca de informações por escrito;
2. Se o problema persistir, realiza-se uma reunião frente-a-frente;
3. Se ainda persistir, o grupo reúne-se com o engenheiro chefe.

Para BALLÉ & BALLÉ (2005) uma evidência desta comunicação puxada é a liberação dos desenhos detalhados em pequenos lotes na medida em que são completados, e não em um único lote apenas quando todo o projeto estiver concluído. Isto permite que a engenharia de manufatura inicie antecipadamente o desenvolvimento do processo e trabalhe de forma nivelada.

### 2.2.7.3 Melhoria Contínua

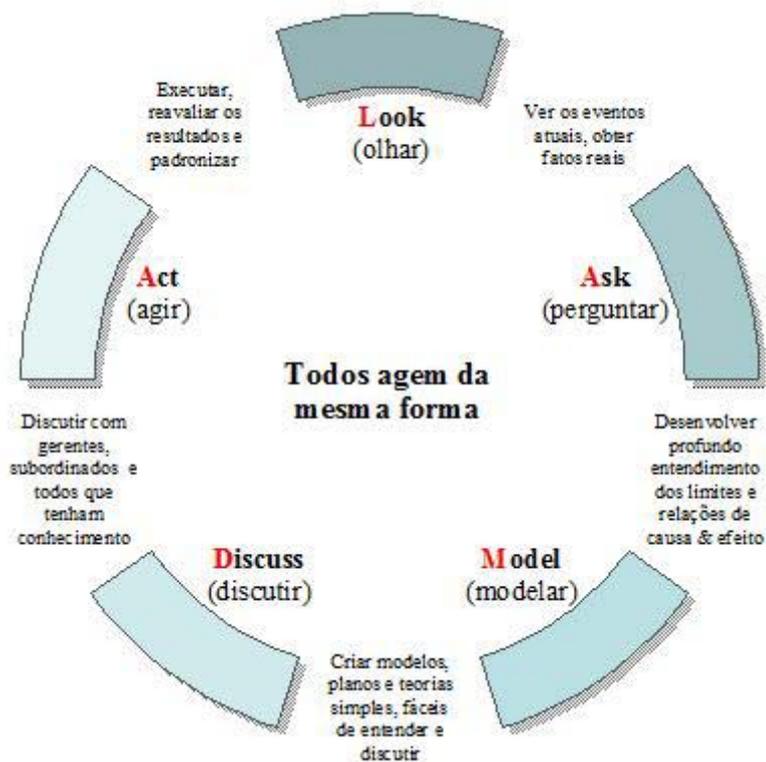
Processos padronizados são uma característica marcante da filosofia Toyota, e a melhoria contínua só é possível graças a este alto nível de padronização. Entretanto, os padrões devem ser encarados não como limites, mas como o que há de melhor hoje, e que deverá ser melhorado amanhã. Segundo esta visão, deve-se primeiramente padronizar e estabilizar o processo antes que o aperfeiçoamento contínuo possa ser efetuado (LIKER, 2004). A Toyota se refere aos padrões e melhores práticas vigentes como contramedidas, pois considera que os mesmos não são soluções definitivas, mas apenas temporárias até que outras melhores sejam encontradas (SPEAR & BOWEN, 1999).

SPEAR & BOWEN (1999) afirmam que a administração científica empregada pela Toyota exige que um método rigoroso de solução de problemas seja empregado para a realização de qualquer mudança, e que ao invés de criar um ambiente de comando e controle, este rigor científico estimula o engajamento e a experimentação. Esta forma de administração é denominada por ADLER (1999) de “burocracia habilitadora”, a qual resulta da fusão entre uma estrutura técnica burocrática e uma estrutura social habilitadora, onde funcionários capacitados criam e utilizam regras e procedimentos (melhores práticas) como ferramentas, a hierarquia age como orientadora e apóia a aprendizagem. Para PIERCE & DELBECQ (citados por FUNK, 1993), a combinação entre estruturas orgânicas e burocráticas facilita a inovação, a primeira contribuindo para o surgimento de novas idéias e a segunda contribuindo para a implementação.

A forma com que a Toyota realiza estes ciclos de melhoria contínua seja no PDP, na manufatura ou em qualquer outro processo, é descrito de forma similar por vários autores.

SPEAR & BOWEN (1999) afirmam que a Toyota capacita e disciplina as pessoas quanto à utilização dos padrões vigentes ao mesmo tempo em que as responsabiliza pela melhoria destes padrões. Além disso, os problemas devem ser resolvidos no nível hierárquico mais baixo possível e sempre de acordo com o método científico, que consiste em uma avaliação detalhada da situação atual, a identificação da causa raiz e a elaboração de um plano de ação que é um teste experimental da mudança proposta.

Para WARD (2003), o processo de melhoria contínua (*kaizen*) da Toyota, ilustrado pela figura 2.19, segue um método padronizado de solução de problemas que o autor batizou de LAMDA (iniciais em inglês para olhar, perguntar, modelar, discutir e agir). Este método tem início com a observação prática e entendimento da situação atual (*genchi genbustu*); em seguida busca-se a causa raiz do problema (cinco porquês); a partir daí formula-se diferentes alternativas de solução utilizando formas de comunicação padronizada (relatórios A3) e discute-se as mesmas com todos os envolvidos ou afetados pela mudança até que haja consenso (*nemawashi*); finalmente, a melhoria é implementada e torna-se o novo padrão (contramedida) vigente, havendo ainda uma avaliação final e reflexão sobre os resultados propostos versus alcançados e as lições aprendidas (*hansei*).



Fonte: WARD (2003).

**FIGURA 2.19 – Modelo de melhoria contínua da Toyota (LAMDA).**

LIKER (2004) e MORGAN & LIKER (2006) afirmam que na verdade a abordagem sistemática e científica para melhoria contínua empregada pela Toyota nada mais é do que uma variação do Ciclo de Deming (PDCA). Ela testa, avalia, padroniza, melhora e re-testa meticulosamente segundo o ciclo PDCA. Portanto, ela padroniza as melhores práticas atuais, e na medida em que acumula novas informações e experiências, estas são usadas para modificar o estado atual e regenerar as melhores práticas. Dentro de um programa de desenvolvimento de produto, cada fase é um mini ciclo PDCA, e o programa como um todo é um grande PDCA.

#### 2.2.7.4 Integração com Fornecedores

Os esforços para envolver os fornecedores no PDP desde os estágios iniciais tem aumentado na medida em que cada vez mais a manufatura de diferentes partes do produto tem sido terceirizada (LIKER et al., 1996). Este movimento significa uma confiança cada vez maior das empresas em seus fornecedores para reduzir custos, melhorar a qualidade e desenvolver novos produtos e processos melhores e mais rapidamente que seus competidores (LIKER & CHOI, 2004).

As empresas japonesas tendem a compactar o tamanho dos projetos de desenvolvimento permitindo que os fornecedores realizem uma parte significativa das atividades de engenharia, além de intensa reutilização de componentes e subsistemas desenvolvidos em projetos anteriores, a um nível que não comprometa a distinção do produto (FUJIMOTO, 1999).

De acordo com KAMATH & LIKER (1994) e WARD et al. (1995), a Toyota determina a responsabilidade do fornecedor sobre o projeto de acordo com seu nível de competência, existindo quatro níveis hierárquicos de responsabilidade, como segue:

- **Parceiros (primeiro nível):** Fornecedores nesta categoria tem forte influencia não só sobre o projeto detalhado mas também sobre o conceito, realizando um trabalho extensivo de desenvolvimento.
- **Maduros (segundo nível):** Estes fornecedores esperam a definição das necessidades (especificações críticas) para um projeto específico antes de iniciarem o desenvolvimento.

- **Filhos (terceiro nível):** Neste nível todas as principais decisões são tomadas pela Toyota, com pouca influência do fornecedor, que pode projetar de acordo com especificações pré-determinadas ou simplesmente fabricar um projeto desenvolvido pela Toyota.
- **Contratuais (quarto nível):** O fornecedor simplesmente fabrica componentes totalmente projetados pela Toyota.

KAMATH & LIKER (1994) destacam que atribuir níveis inadequados de responsabilidade aos fornecedores pode resultar em desperdício de recursos, compelir o fornecedor a desenvolver peças específicas quando componentes de prateleira (comerciais) poderiam funcionar, e requerer dos fornecedores o desenvolvimento de uma competência em desenvolvimento de produto que pode não ser totalmente utilizada. O quadro 2.8 ilustra o papel do fornecedor no PDP de acordo com o seu nível de responsabilidade.

**QUADRO 2.8 – Papel do fornecedor no desenvolvimento do produto.**

	<b>Parceiro</b>	<b>Maduro</b>	<b>Filho</b>	<b>Contratual</b>
<b>Responsabilidade pelo projeto</b>	Fornecedor	Fornecedor	Conjunta	Cliente
<b>Complexidade do produto</b>	Subsistema inteiro	Montagem complexa	Montagem simples	Peça simples
<b>Nível de especificações fornecidas</b>	Conceito	Especificações críticas	Especificações detalhadas	Projeto completo
<b>Influência do fornecedor na especificação</b>	Colabora	Negocia	Apresenta competência	Nenhuma
<b>Momento em que o fornecedor é envolvido</b>	Antes da definição do conceito	Durante a definição do conceito	Após a definição do conceito	Protótipo
<b>Responsabilidade pelos testes</b>	Total	Principal	Moderada	Baixa
<b>Nível de competência tecnológica do fornecedor</b>	Autônomo	Alta	Média	Baixa

Fonte: KAMATH & LIKER (1994).

Os fornecedores têm seus ciclos de desenvolvimento de produto resumidos em uma folha de papel, contendo uma visão global (de alto nível) do processo e marcos claramente definidos e geralmente focados nos testes de protótipo. Esta descrição do processo é preparada pelo engenheiro chefe na fase de conceito e contém basicamente as seguintes informações: 1) Quais os principais eventos de integração (marcos) do projeto; 2) Quando estes eventos ocorrerão; 3) Quais os resultados esperados. Atingir as metas é crucial e inegociável já que o não cumprimento por um fornecedor poderá comprometer todo o fluxo (KAMATH & LIKER, 1994; LIKER et al., 1995).

Com base em dados históricos e experimentais, devem ser apresentadas pelo menos três alternativas de projeto, com destaque para aquela que parecer mais promissora. O prazo limite para que o fornecedor apresente suas sugestões deve respeitar os eventos de integração previamente determinados, pois uma vez o conceito aprovado haverá pouca abertura para mudanças nas especificações (KAMATH & LIKER, 1994). Segundo WARD et al. (1995) somente os fornecedores parceiros e maduros (primeiro e segundo nível) utilizam a abordagem de múltiplas alternativas (ESBC) descrita na seção 2.2.5.3, sendo que os demais se limitam apenas a sugerir melhorias nos projetos pré-concebidos.

Segundo LIKER & CHOI (2004), para o desenvolvimento de componentes ou subsistemas que tenham interfaces importantes com o resto do veículo, o fornecedor trabalha de forma mais colaborativa com a Toyota, seguindo suas premissas e em estreito contato com os seus engenheiros de manufatura. LIKER et al. (1995) afirmam que esta colaboração é feita com o emprego de engenheiros residentes, ou seja, durante o desenvolvimento do conceito (em alguns estendendo-se até a construção do protótipo) os engenheiros do fornecedor trabalham dentro da engenharia da Toyota, em um local denominado “*design in*” room. Esta prática serve também para a transferência de tecnologia e conhecimento, e melhoria da competência técnica dos fornecedores.

Sempre existem dois ou três fornecedores para cada componente ou subsistema, e eles são estimulados a competirem entre si desde o desenvolvimento do produto. Entretanto, uma vez selecionado o fornecedor detém o projeto e/ou a fabricação do componente ou subsistema durante todo o ciclo de vida do produto.

Dependendo do seu desempenho, ele é substituído ao término do contrato ou ganha a oportunidade de disputar outros programas (KAMATH & LIKER, 1994; LIKER & CHOI, 2004).

Há uma constante preocupação em estabelecer metas que sejam tangíveis e desafiadoras, e para tanto diversas abordagens são utilizadas, dependendo do nível do fornecedor. Fornecedores parceiros e maduros tem alguma flexibilidade para sugerir metas alternativas (por exemplo, 4% de redução de custo ou 5% a mais de potência), dispondo também de esquemas com componentes e subsistemas adjacentes, de modo que possam compreender perfeitamente as restrições e eventualmente sugerir mudanças em algum componente adjacente para melhorar o seu próprio componente. Já os fornecedores filhos ou contratuais tem liberdade para sugerir mudanças nas metas apenas se estas refletirem em redução de custo ou peso (KAMATH & LIKER, 1994).

### **Desenvolvimento de Fornecedores**

A transferência da competência organizacional do cliente para o fornecedor requer não apenas recursos humanos e financeiros, mas também uma estrutura distinta de organização e governança que facilite a aprendizagem contínua no longo prazo (SAKO, 2003). Segundo o mesmo autor, o objetivo mais limitado do desenvolvimento de fornecedores é a mera intervenção de modo a garantir a manutenção de um determinado nível de desempenho de forma consistente, e o objetivo mais ambicioso é replicar nos fornecedores o conjunto de rotinas organizacionais que sustentam a própria organização, tornando o fornecedor uma continuação desta.

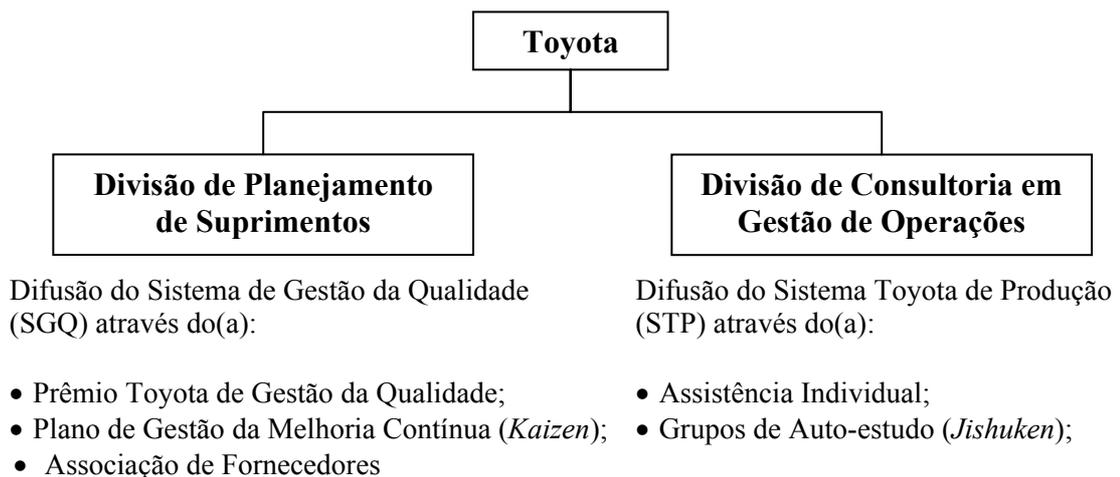
A origem do desenvolvimento de fornecedores na Toyota data de 1939, quando foram estabelecidas as seguintes regras básicas: 1) Uma vez declaradas fornecedoras, as empresas deveriam ser tratadas como braços da Toyota; 2) A Toyota deveria fazer negócios com estas empresas sem trocá-las por outras, lançando mão de todos os esforços necessários para melhorar seu desempenho (SAKO, 2003).

Segundo SAKO (2003), o desenvolvimento de fornecedores na Toyota tem dois pontos focais:

1. A organização interna para o desenvolvimento de fornecedores é bifurcada, com o Sistema Toyota de Produção e o Sistema de Gestão da Qualidade sendo transmitidos aos fornecedores por áreas separadas. O STP cabe à Divisão de

Consultoria em Gestão de Operações (*Operations Management Consulting Division – OMCD*, criada em 1970 e inicialmente comandada por Taiichi Ohno) e o SGQ é de responsabilidade da Divisão de Planejamento de Suprimentos (*Purchasing Planning Division*, criada em 1965 e inicialmente comandada por Massao Nemoto), conforme ilustrado pela figura 2.20.

- Além de ensinar os fornecedores um-a-um, a Toyota promove também a aprendizagem entre os fornecedores através de grupos de auto-estudo (*jishuken*). Os grupos (em torno de 30 pessoas, composto por colaboradores da Toyota e de fornecedores de primeiro nível) se reúnem semanalmente e seu objetivo é melhorar continuamente a aplicação do STP. Além dos grupos de estudo, a Toyota também presta assistência individual aos fornecedores.



Fonte: SAKO (2003).

**FIGURA 2.20 – Estrutura para o desenvolvimento de fornecedores na Toyota.**

Mesmo atuando separadamente, tanto a Divisão de Planejamento de Suprimentos quanto a Divisão de Consultoria em Gestão de Operações enfatizam a necessidade da solução rápida de problemas bem como da melhoria contínua no longo prazo (SAKO, 2003). Através de canais abertos de comunicação, seja por atividades em grupo ou assistência individual, a Toyota consegue fazer com que o conhecimento tácito e explícito sejam ambos transferidos para e entre os seus fornecedores de primeiro nível. (DYER & NOBEOKA, 2000).

### 2.2.8 Nível Cultural: PDP Baseado no Conhecimento

Executivos e acadêmicos tem identificado a aprendizagem organizacional como um dos, ou até mesmo como o fator chave para se conseguir uma vantagem competitiva sustentável, e a literatura sobre o tema tem sido ampliada numa base sem precedentes (DYER & NOBEOKA, 2000).

TAKEUCHI & NONAKA (1986) afirmam que na medida em que os membros de um time de desenvolvimento se engajam em um processo de tentativa e erro para restringir o número de alternativas de projeto sob consideração, eles adquirem um vasto conhecimento e diversas habilidades, o que os torna versáteis e capazes de resolver inúmeros problemas rapidamente. Entretanto, esses mesmos autores ressaltam que além de acumular conhecimento individual, funcional e corporativo, é preciso disseminá-lo para que seja reutilizado nos projetos subseqüentes.

KENNEDY (2003) define o PDP da Toyota como um sistema de desenvolvimento baseado no conhecimento, cujo foco é o cliente e cujo objetivo principal é suportar as operações de manufatura na manutenção de um fluxo de produtos consistente através da fábrica. Segundo esse autor, existem quatro pilares que sustentam o sistema, conforme ilustrado pela figura 2.21.



**Fonte:** KENNEDY (2003).

**FIGURA 2.21 – Pilares do PDP baseado no conhecimento.**

A forma de apresentação adotada por KENNEDY (2003) pode ser interpretada como a convergência dos elementos do PDP da Toyota abordados ao longo deste capítulo em direção a um objetivo comum: a capacidade da força de trabalho em capturar e compartilhar o conhecimento através de rápidos ciclos de aprendizagem.

Padrões são utilizados para reportar resultados de análises e prototipagens de componentes e subsistemas. Curvas de compensação (*trade-offs*) são amplamente utilizadas para mapeamento de desempenho e o conhecimento é sistematicamente armazenado e disponibilizado para o uso entre projetos. Os problemas resolvidos são documentados de forma padronizada e distribuídos de maneira ampla e formal. Enfim, o processo é centrado em capturar o conhecimento, e não as técnicas utilizadas (KENNEDY, 2003).

A Toyota considera que capturar, padronizar e reutilizar o conhecimento explícito é importante mas não suficiente, pois este tipo de conhecimento pode ser facilmente copiado. Em ambientes altamente técnicos como o PDP, a verdadeira vantagem competitiva reside em tirar proveito do conhecimento tácito, aquele associado à experiência e à capacidade dos engenheiros de resolverem rapidamente uma variedade de problemas (MORGAN & LIKER, 2006).

Este foco no conhecimento tácito é evidenciado por CUSUMANO & NOBEOKA (1998), os quais afirmam que uma das principais vantagens competitivas da Toyota é a sua capacidade de obter economia de escala e escopo no desenvolvimento de produto com a maximização do número de modelos por plataforma aliada à intensa reutilização de componentes e tecnologias entre projetos. De acordo com os mesmos autores, isto só é possível transferindo-se não só o conhecimento explícito (desenhos, especificações e outros documentos associados), mas também o conhecimento tácito (processo de investigação, análise e tomada de decisões que levaram à definição das especificações), e para tanto há uma sobreposição cronológica e interação direta entre os engenheiros que participaram do desenvolvimento da tecnologia original e aqueles que pretendem fazer uso dela em projetos posteriores.

LIKER (2005) relata que aprender fazendo é um dos princípios fundamentais da Toyota, denominado de *genchi genbutsu*, que significa ver por si mesmo para compreender completamente a situação. Segundo este princípio, o primeiro passo de qualquer processo de solução de problemas, como no caso do PDP, é observar

pessoal e cuidadosamente o problema e ser resolvido afim de que a solução seja a melhor possível.

Segundo MORGAN & LIKER (2006) uma das técnicas utilizadas pela Toyota para promover aprendizagem no PDP são os eventos de reflexão (*hansei kai*, em japonês). Segundo esses autores existem três tipos de evento:

- **Reflexão pessoal:** Um supervisor pede a um engenheiro para refletir sobre algum aspecto de seu desempenho e desenvolver um plano de ação para melhoria. Determina-se metas específicas e um plano de acompanhamento conjunto.
- **Reflexão em tempo real:** Estes eventos ocorrem regularmente durante o PDP, normalmente durante os marcos principais ou imediatamente após alguma ocorrência específica. Por exemplo, pode-se refletir sobre a demora na chegada de componentes durante a construção do protótipo, ou holisticamente sobre a construção do protótipo. Dependendo do tema, os eventos podem ser intra ou interfuncionais (caso mais comum), e geralmente organizam-se em torno das seguintes questões:
  - a. Quais eram as metas e objetivos (organizadas em categorias)?
  - b. Como foi nosso desempenho em relação às metas?
  - c. Porque isto aconteceu (análise de fatos e dados)?
  - d. Como melhoraremos na próxima vez (plano de ação por escrito)?

Os eventos de reflexão normalmente resultam na atualização dos padrões ou requerem a abertura de um A3 para solução de problemas. As metodologias dos 5 porquês e A3 são rigorosamente utilizadas.

- **Reflexão pós-fato (*postmortem*):** Este é o evento de lições aprendidas sobre o que funcionou e o que não funcionou. Representantes das áreas funcionais revisam o desempenho e os gerentes de programa (não os engenheiros chefes) dão *feedback* e sintetizam as reflexões em um pequeno número de lições aprendidas, que são compartilhadas com outros gerentes de programa em reuniões específicas.

Em suma, enquanto na abordagem tradicional um novo produto resulta do desdobramento dos requisitos em especificações de engenharia, na Toyota um novo produto “emerge” a partir da utilização do conhecimento.

## 2.2.9 Outros Aspectos Relevantes do PDP Toyota

Além dos elementos discutidos até aqui, existem ainda outros aspectos relevantes que não foram abordados em seções específicas por serem de natureza geral e aplicados ao longo de todo o PDP.

### 2.2.9.1 Mecanismos de Integração do PDP

Segundo SOBEK et al. (1998), um dos fatores-chave para o sucesso do modelo de desenvolvimento de produto da Toyota é o alto nível de integração entre o projeto do produto e do processo, e destes com marketing, suprimentos, finanças e outras áreas funcionais. Para esse mesmo autor, é possível agrupar suas práticas gerenciais em seis mecanismos de integração, conforme descrito a seguir e sintetizado no quadro 2.9.

- **Ajuste mútuo:** a comunicação escrita é priorizada. Quando um assunto requer coordenação interfuncional, primeiro é redigido um relatório – cujo formato é padronizado para não gerar burocracia (ver tópico 2.2.9.2) – com o diagnóstico do problema, o qual é enviado às pessoas envolvidas, normalmente acompanhado de um telefonema para destacar os pontos-chave e a importância da informação. Após uma ou duas interações entre os envolvidos – sempre de forma escrita – quase sempre se chega a um acordo, e somente então, e se necessário, parte-se para uma reunião – geralmente rápida e objetiva devido ao nível de entendimento prévio do problema - para que a decisão final seja tomada frente-a-frente. Finalmente, a pessoa que iniciou o processo formula o relatório final. Este processo documenta e sumariza a análise e tomada de decisões e faz com que pessoas de diferentes áreas conheçam as opiniões umas das outras e os impactos das decisões tomadas;
- **Supervisão direta:** supervisores e gerentes devem estar profundamente envolvidos nos detalhes do trabalho de seus subordinados, ensinando-os a pensar e compreender completamente um problema antes de sair em busca da solução. Não se deve dar ordens ou dizer como o trabalho deve ser feito, mas sim responder perguntas com perguntas e orientar a busca pelas respostas, mesmo que estas já sejam conhecidas. Os engenheiros chefes, gerentes funcionais e supervisores devem ser acima de tudo especialistas em atividade, aperfeiçoando continuamente suas

habilidades, mantendo-se atualizados, ampliando seus contatos e participando ativamente do processo criativo;

- **Liderança Integrativa:** talvez a mais poderosa maneira de integrar o trabalho de pessoas com diferentes especialidades seja a existência de uma líder com visão do todo. Conforme previamente discutido, na Toyota este líder é o engenheiro chefe, que juntamente com um pequeno grupo de auxiliares diretos, mantém total responsabilidade por um determinado programa de desenvolvimento, integrando o trabalho de diferentes funções e assegurando que todas trabalhem de forma coesa. Muitos conflitos surgem quando pessoas de diferentes áreas funcionais interagem e apresentam seus pontos de vista, mas quando bem gerenciados estes conflitos resultam em projetos altamente integrados. Deve haver equilíbrio entre a habilidade do engenheiro chefe em enxergar o todo, e a habilidade dos gerentes funcionais em conter o seu entusiasmo e conduzir a soluções exequíveis;

- **Padrões de competências:** quando se sabe o que esperar da equipe, é possível atribuir tarefas específicas com esforço de coordenação relativamente pequeno. Deve-se priorizar o treinamento dentro da empresa, por meio da constante orientação pelos supervisores diretos. A rotatividade normalmente é feita entre diferentes especialidades (ou níveis de especialidade) de uma mesma função e não entre funções diferentes, ocorrendo em intervalos de tempo maiores do que os ciclos de desenvolvimento para que as pessoas tenham a oportunidade de aprender também com o resultado do seu trabalho. O conhecimento profundo dentro de cada especialidade é essencial ao modelo de desenvolvimento adotado pela Toyota;

- **Padrões de trabalho:** em busca de uma melhor coordenação e controle do trabalho, tende-se normalmente a especificar em detalhe o conteúdo de cada passo do processo, com o planejamento expresso na forma de um cronograma. Entretanto, cada projeto apresenta exceções que forçam o desvio da seqüência de atividades prevista. Para ser consistente, o processo de desenvolvimento deve padronizar os procedimentos rotineiros de trabalho e conter um plano simplificado com marcos (*milestones*) bem determinados e regulares, limitando o detalhamento a um nível que permita que a implementação varie de produto para produto. A simplificação do plano de trabalho permite flexibilidade, entendimento comum e melhoria contínua, e os marcos mantêm o projeto no caminho e dentro do prazo. É imprescindível que os

padrões sejam criados pelas pessoas que irão utilizá-los e que sejam constantemente atualizados;

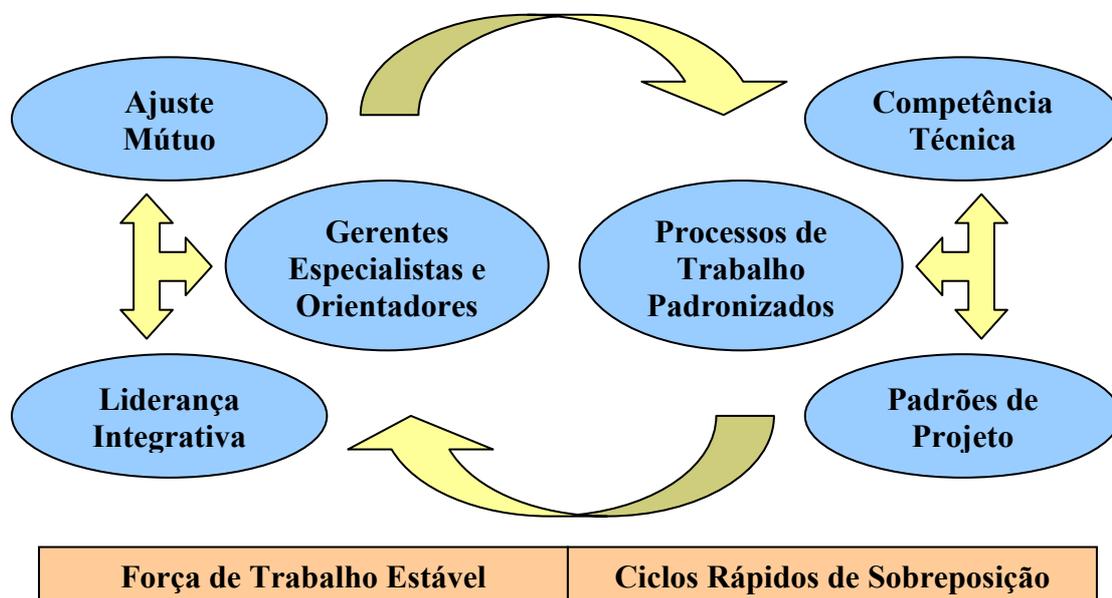
- **Padrões de projeto:** volumosas listas de verificação (*checklists*, ou guias de melhores práticas) são mantidas para guiar o trabalho de projeto. Se um projeto está de acordo com os parâmetros da lista de verificação, espera-se que ele atinja um certo nível de funcionalidade, manufaturabilidade, qualidade e confiabilidade. As listas de verificação facilitam a aprendizagem entre projetos, pois cada novo conhecimento deve ser incorporado e aplicado aos projetos subsequentes, sendo disseminado para toda a organização. As listas devem ser documentos vivos, atualizadas pelos engenheiros de produto e processo a cada ciclo de desenvolvimento.

#### QUADRO 2.9 – Mecanismos organizacionais de integração do PDP.

<b>Formas de Integração</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ajuste mútuo:</b> chegar ao consenso por meio da combinação entre comunicação escrita e reuniões.</li> <li>• <b>Supervisão direta:</b> cada estágio de desenvolvimento é examinado e o conhecimento passado adiante.</li> <li>• <b>Liderança Integrativa:</b> o engenheiro chefe é responsável por todo o programa e trabalha juntamente com cada uma das funções envolvidas.</li> </ul>
<b>Formas de Padronização</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Padrões de competências:</b> alto nível de especialização em cada função. Baixa rotatividade de pessoal, exceto nos níveis mais altos.</li> <li>• <b>Padrões de trabalho:</b> processos consistentes, mas flexíveis para acomodar as variações de cada programa.</li> <li>• <b>Padrões de projeto:</b> listas de verificação para todos os aspectos relevantes do processo de projeto, atualizadas frequentemente.</li> </ul>

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de SOBEK et al. (1999b).

SOBEK et al. (1998) afirmam que juntos estes mecanismos proporcionam à Toyota um sistema de desenvolvimento de produto fortemente encadeado, conforme ilustrado pela figura 2.22, que consegue coordenação interfuncional ao mesmo tempo em que constrói especialização funcional. Este balanceamento permite a integração de projetos individuais e entre projetos.



Fonte: SOBEK (2002).

**FIGURA 2.22 – Mecanismos de integração do PDP.**

### 2.2.9.2 Relatório A3

O relatório A3 é uma ferramenta de comunicação padronizada e amplamente empregada pela Toyota para propostas de novas iniciativas, reportar o status de projetos em andamento, compartilhamento de informações e solução de problemas (MORGAN & LIKER, 2006).

Este nome é devido ao relatório ter o formato de uma folha A3 na horizontal (apenas um dos lados) dividida em duas colunas, cuja seqüência de leitura é de cima para baixo na coluna esquerda e de cima para baixo na coluna direita.

Segundo SOBEK (2004) um relatório A3 normalmente divide-se em 7 partes, a saber:

1. Título indicando claramente o problema a ser resolvido, acompanhado de informações que ajudem a entender a extensão e relevância do problema (como foi descoberto, porque é importante para a organização, as partes envolvidas, os sintomas, etc.);
2. Situação atual, descrita preferencialmente por meio de diagramas indicativos de como o sistema ou processo que produz o problema funciona atualmente,

acompanhados de dados quantitativos, obrigatoriamente coletados por meio de observação direta;

3. Análise da causa raiz, imperativa para que o problema não reincida. Uma técnica útil para ajudar nesta análise é o método dos cinco porquês;
4. Situação futura, descrita por meio de outro diagrama indicando como o sistema ou processo deveria funcionar depois de melhorado. A Toyota chama as melhorias de contramedidas, pois considera que a situação futura valerá apenas até que se encontre outra contramedida ainda melhor;
5. Plano de implementação, descrevendo as atividades a serem realizadas para que a situação futura seja alcançada, com os respectivos prazos e responsáveis;
6. Plano de acompanhamento, designando quando e como a melhoria será medida para averiguar se o novo sistema ou processo é de fato melhor que o anterior e quanto, devendo ser prevista uma meta quantitativa;
7. Relatório de resultados, confrontando os resultados alcançados com as estimativas iniciais. Se o novo sistema ou processo ainda apresentar problemas, um novo relatório A3 deve ser aberto.

Podem ser apontados como benefícios do uso desta ferramenta (SOBEK, 2004): a) o método demanda a documentação do estado atual através da observação direta; b) requer apenas papel e lápis e não necessita de treinamento altamente especializado, o que possibilita às pessoas mais próximas ao trabalho resolverem os problemas; c) sua natureza gráfica torna a representação mais precisa e fácil de ser entendida pelos demais envolvidos; d) representa uma abordagem completa para a solução de problemas, desde a identificação até o acompanhamento da implementação.

A figura 2.23 apresenta um modelo simplificado de relatório A3 utilizado para solução de problemas.

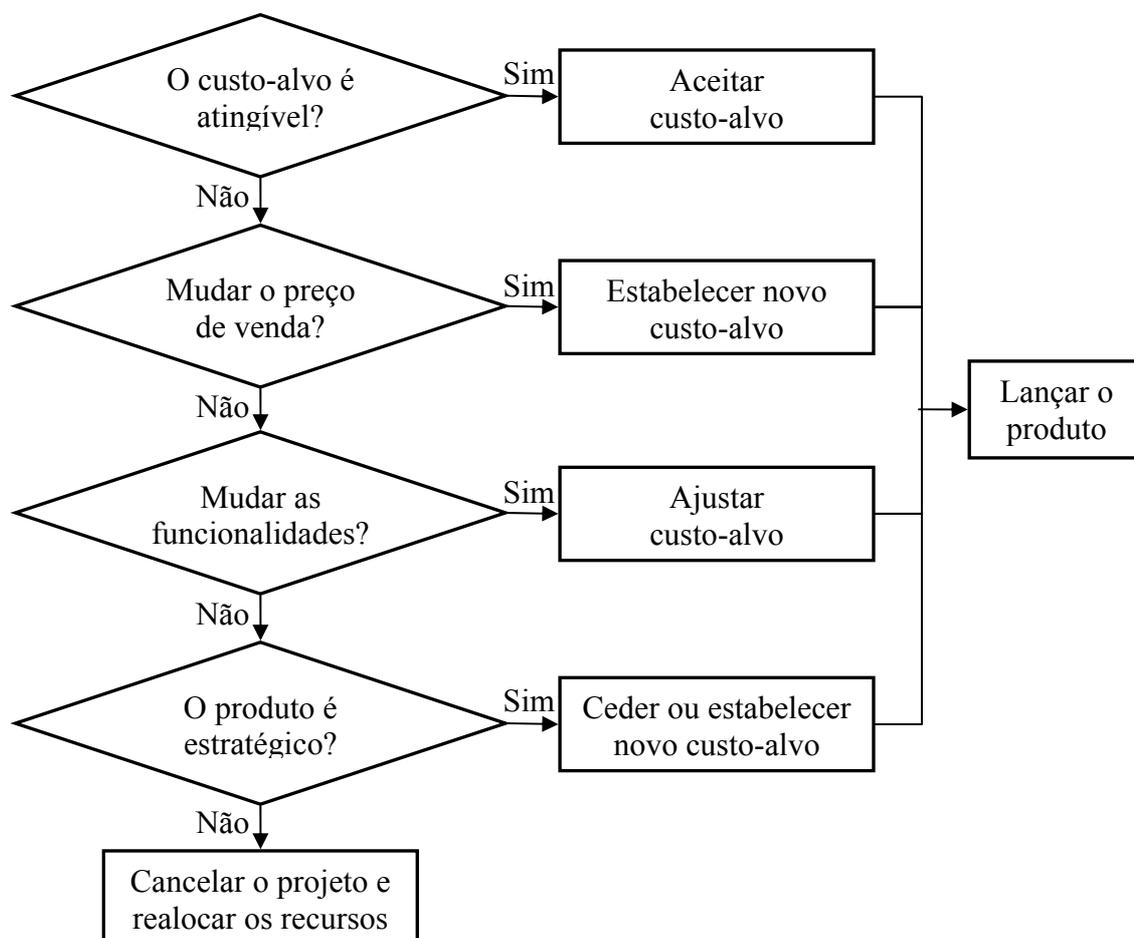
<b>Título</b>															
O que estamos tentando fazer?															
<b>Situação Atual</b>		<b>Contramedidas</b>													
<ul style="list-style-type: none"> <li>- O padrão</li> <li>- Situação atual</li> <li>- Disparidade / extensão do problema</li> <li>- Razão para atacar o problema (importância para o negócio, metas ou valores da empresa)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temporárias</li> <li>- De longo prazo</li> </ul> (Resultantes da análise das causas)													
<b>Alvo / Meta</b>		<b>Implementação</b>													
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Descrição mensurada daquilo que se pretende mudar ou melhorar (quantidade, tempo, custo, qualidade, etc.)</li> </ul>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>O que</th> <th>Onde</th> <th>Quem</th> <th>Quando</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ações</td> <td>Local</td> <td>Responsável</td> <td>Tempo/data</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Custo:</td> </tr> </tbody> </table>		O que	Onde	Quem	Quando	Ações	Local	Responsável	Tempo/data	Custo:			
O que	Onde	Quem	Quando												
Ações	Local	Responsável	Tempo/data												
Custo:															
<b>Análise das Causas</b>		<b>Acompanhamento</b>													
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Causas potenciais</li> <li>- Causa direta mais provável</li> <li>- Por quê? - Por quê? - Por quê? - Por quê?</li> <li>- Causa raiz</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Assuntos não resolvidos e ações a tomar</li> <li>- Como os resultados serão mensurados?</li> <li>- Quando os resultados serão mensurados?</li> <li>- Como os resultados serão reportados?</li> <li>- Quando os resultados serão reportados?</li> </ul>													
		Autor: _____ Data: _____													

Fonte: MORGAN & LIKER (2006).

**FIGURA 2.23 – Exemplo de relatório A3 para solução de problemas.**

### 2.2.9.3 Gestão do Custo-Alvo

MASCITELLI (2004) define custo-alvo como o custo máximo admissível para o produto de modo que sejam atingidas as metas de preço de venda (definida pelo mercado) e margem de lucro (definida pela empresa). Segundo esse mesmo autor, é fundamental que o custo-alvo seja monitorado durante todo o desenvolvimento, e se o mesmo não puder ser atingido o projeto deve ser cancelado o quanto antes. A figura 2.24, ilustra o processo decisório baseado no custo-alvo, de acordo com esse mesmo autor.



Fonte: MASCITELLI (2004).

**FIGURA 2.24 – Processo de decisão baseado no custo-alvo.**

Segundo OKANO (1995), a gestão do custo-alvo apresenta duas funções básicas: a primeira é a de um sistema de cálculo para o processo de composição do custo, itens incluídos no custo-alvo, níveis de decomposição do custo (por componente, por projetista, etc.), entre outros; e a segunda é a função de sistema de gestão das várias atividades envolvidas no atingimento do custo-alvo geradas pela função anterior. A função de sistema de gestão está intimamente relacionada ao sistema econômico e à cadeia de suprimentos desenvolvida pela empresa, não sendo portanto facilmente transplantada para plantas de outros países, enquanto a função de sistema de cálculo pode ser mais facilmente transplantada (OKANO, 1995).

De acordo com esse mesmo autor, a gestão do custo-alvo também pode ter duas orientações: a primeira enfatiza o monitoramento do custo do produto pelos

engenheiros até o início da produção, com uma separação clara das responsabilidades da engenharia e de suprimentos; e a segunda enfatiza o monitoramento da margem de lucro, exigindo conhecimento de mercado e maior comprometimento das áreas de marketing, contabilidade e finanças. Empresas que utilizam a primeira orientação (gestão pelo custo do produto) na matriz normalmente mudam para a segunda (gestão pela margem de lucro) quando transplantam seus sistemas para plantas em outros países.

A gestão de custos na Toyota teve início na década de 1950 com técnicas de custeio e controle orçamentário importadas dos EUA. No início da década de 1960, A Toyota dividiu o processo de gestão de custos em três fases: gestão do custo-alvo, manutenção de custos e melhoria contínua da gestão de custos. O processo de gestão do custo-alvo foi empregado pela primeira vez no desenvolvimento do Corolla, lançado em 1966, embora conceitos como preço determinado pelo mercado, engenharia de valor (EV)<sup>8</sup> e análise de valor (AV)<sup>9</sup> já fossem conhecidos desde o desenvolvimento do Publica, na década de 1950 (OKANO, 1995).

Fundamental para o processo de gestão de custos foi a formação em 1963 do sistema *keiretsu*, que fortaleceu a infra-estrutura para implementação da gestão do custo-alvo como uma atividade organizada incluindo fornecedores e sub-contratantes (OKANO, 1995). O *keiretsu* é uma organização hierárquica de fornecedores, onde os de nível mais alto têm participação mais ampla no PDP e gerenciam os de nível mais baixo, atuando como uma extensão do time de desenvolvimento e detendo contratos de longo prazo. A Toyota detém controle acionário e participa da gestão de grande parte dos fornecedores de primeiro e segundo níveis (MORGAN & LIKER, 2006).

WARD et al. (1995) reportam que no início do programa a Toyota determina o preço que o mercado pagará pelo produto e elabora estimativas de custo-alvo para os subsistemas e componentes principais. Estas estimativas são monitoradas pelo engenheiro chefe e passadas aos fornecedores, que são incentivados a projetar e/ou fabricar os componentes de modo a atingir a meta e ainda obter lucro, só cabendo renegociação para cima se isto representar expressivo ganho de desempenho ou redução de peso. Como os contratos com fornecedores são de longo prazo, normalmente são

---

<sup>8</sup> Análise de funções e valores realizada durante o desenvolvimento, antes do início da produção.

<sup>9</sup> Análise de funções e valores realizada após o início da produção, normalmente relacionada à melhoria contínua da gestão de custos, tais como redução de defeitos, refugo, retrabalho, etc.

estabelecidas metas de redução de custo durante o ciclo de vida do produto (ex.: 30% de redução em 3 anos), com o ganho sendo dividido entre a Toyota e o fornecedor (OKANO, 1995).

Conforme discutido anteriormente, o processo de gestão do custo-alvo é tanto um sistema de cálculo e alocação de custos, como uma estrutura de gestão que suporta várias atividades específicas de projeto que são conduzidas pelos times. Na Toyota, a função de sistema de cálculo permaneceu com a divisão contábil, enquanto a função de estrutura de gestão foi transferida para as divisões de engenharia de produto e processos (OKANO, 1995).

Ainda segundo OKANO (1995), a divisão de contabilidade é responsável pelo trabalho de compilação e cálculo referente aos componentes fabricados internamente, enquanto a divisão de suprimentos se encarrega dos componentes adquiridos de fornecedores. A divisão de engenharia de produção, que projeta o processo de fabricação e decide qual planta produzirá o novo produto, tem um importante papel na gestão do custo-alvo dos componentes fabricados internamente, enquanto as divisões de engenharia de produto e suprimentos tem papel central na gestão do custo-alvo dos componentes adquiridos. Esta segregação de responsabilidades é essencial para a gestão desde a origem e para condução multifuncional do PDP.

Com a reestruturação em centros de desenvolvimento na década de 1990, discutida no tópico 2.2.6, a Toyota melhorou o compartilhamento de informações e componentes entre projetos e estabeleceu um sistema de gestão de múltiplos projetos que possibilitou a redução do tempo de desenvolvimento e deslocou a gestão do custo-alvo mais a montante, para a fase de planejamento (OKANO, 1995).

Antes da reestruturação, as metas de custo eram estabelecidas por projeto individual e geridas por engenheiros chefes individuais, assim como as equipes de gestão de custos trabalhavam diretamente para os engenheiros chefes e sua orientação era o desempenho individual do projeto. Com a nova estrutura, foi criada uma divisão de planejamento de produto em cada centro, à qual está alocada a equipe de gestão de custos, que passou a se reportar ao gerente da divisão embora permaneça trabalhando em estreito contato com os engenheiros chefes. Assim, cada centro passou a estabelecer e monitorar metas de custo para todos os projetos do centro, sendo responsável por aumentar o nível de utilização de recursos e o compartilhamento de componentes entre

projetos, uma das melhores formas de redução de custos (CUSUMANO & NOBEOKA, 1998).

#### 2.2.9.4 O Papel da Tecnologia

Segundo SOBEK (1997), quando se trata de empregar novas tecnologias a tolerância ao risco da Toyota é bem menor que a da maioria dos seus competidores, prevalecendo uma mentalidade do tipo “ver para crer”.

A função primária da tecnologia é apoiar pessoas e processos na agregação de valor, e qualquer nova tecnologia só deve ser implementada após passar por uma avaliação rigorosa envolvendo todas as pessoas e processos afetados. Além disso, a tecnologia só deve ser aplicada em processos estáveis, caso contrário se estará apenas aumentando a instabilidade (LIKER, 2005).

MORGAN & LIKER (2006) apresentam cinco princípios seguidos pela Toyota no que tange à seleção e uso da tecnologia.

- **Tecnologias interdependentes devem ser amigavelmente integradas:** a Toyota possui um sistema informatizado denominado V-Comm, o qual integra todas as tecnologias utilizadas no PDP de modo que os engenheiros possam rapidamente acessar os vários ambientes de projeto e os guias de melhores práticas;
- **A tecnologia deve suportar o processo e não direcioná-lo:** mudar o processo para adaptá-lo à tecnologia leva à instabilidade, aumenta a variabilidade e confunde as pessoas. A tecnologia deve ser robusta de modo a se adaptar ao processo e suportá-lo de forma eficiente;
- **A tecnologia deve potencializar as pessoas e não substituí-las:** especialmente em um processo criativo como o PDP, é imperativa a escolha de tecnologias que permitam aos engenheiros utilizarem seu tempo e conhecimento da maneira mais produtiva possível, sendo uma extensão de suas competências;
- **A tecnologia deve ser focada em uma solução específica:** não existe tecnologia do tipo “faz tudo”. Antes de buscar uma nova tecnologia é preciso definir claramente o seu foco de utilização, tendo em mente que não é possível substituir o árduo trabalho necessário para se desenvolver um bom produto e um bom sistema de desenvolvimento de produto;

- **A tecnologia deve ter o tamanho adequado:** não se deve buscar a melhor, a mais rápida ou a mais nova tecnologia, mas aquela mais adequada ao processo no qual será aplicada. Da mesma forma, só se deve aplicar tecnologia onde ela efetivamente puder contribuir para a melhoria do processo.

Por exemplo, quanto ao uso de Análise de Elementos Finitos (CAE), menos de um terço dos componentes são analisados. Isto é possível graças à padronização do processo de projeto, assegurando que se o componente foi projetado de acordo com os parâmetros estabelecidos nos guias de melhores práticas, muito provavelmente não apresentará problemas de conformação, resistência e confiabilidade (MORGAN & LIKER, 2006).

Quanto ao processo de fabricação, SOBEK (1997) afirma que a Toyota geralmente não se compromete com a utilização de uma nova tecnologia de processo até que ela prove ser confiável para o volume desejado. Se o projeto de um produto requer um novo processo, mas a engenharia de processo não está totalmente confiável, o projeto do produto muda. O novo processo será então estudado e desenvolvido de forma desvinculada e, quando confiável e com os padrões de utilização devidamente definidos, poderá ser empregado em um programa subsequente. Assim não se corre o risco de atrasar um programa devido ao emprego de um processo que não esteja devidamente provado.

Finalmente, a Toyota não considera o simples uso de tecnologia como fonte de vantagem competitiva, pois qualquer concorrente pode comprar ou desenvolver soluções semelhantes. O que faz a diferença é como a tecnologia se molda ao sistema no qual ela é empregada, melhorando continuamente seu desempenho. A tarefa de pensar e resolver problemas sempre será das pessoas (MORGAN & LIKER, 2006).

### **2.2.10 Síntese do Capítulo**

Este capítulo apresentou o PDP da Toyota visto como um sistema e os vários elementos associados à sua estruturação e gestão.

No nível de processo foi abordado entre outros o planejamento descentralizado e baseado em responsabilidade, a liderança técnica do engenheiro chefe, o desenvolvimento de múltiplas alternativas de projeto, a antecipação da solução de

problemas, o amplo uso de guias de melhores práticas e padrões de projeto e a divisão do processo em estágios de criação (flexível) e execução (rígida).

No nível organizacional foi tratada a divisão em centros de desenvolvimento, a estrutura matricial e as responsabilidades dos engenheiros chefes versus gerentes funcionais, o balanceamento entre especialização funcional e coordenação interfuncional, além do foco na economia de escala e escopo e o compartilhamento de componentes e subsistemas entre projetos.

No nível operacional mereceu destaque a orientação do PDP para a produção enxuta, a integração produto-processo e o papel preponderante da engenharia de processo, passando também pela especialização técnica da força de trabalho e a integração com fornecedores.

Finalmente, no nível cultural foi evidenciada a convergência de todos os elementos em direção a um objetivo comum, que é a geração e compartilhamento do conhecimento, tanto explícito quanto tácito.

### **3 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA**

São objetivos deste capítulo:

1. Apresentar o delineamento da pesquisa, iniciando pelos fundamentos de metodologia científica, passando por uma visão geral da pesquisa, o método de pesquisa adotado, sua organização e desenvolvimento;
2. Desenvolver um relato da situação atual do objeto de estudo e seus principais problemas, o que servirá de base para a formulação das propostas de melhoria que constituem o objetivo principal deste trabalho.

#### **3.1 Fundamentos de Metodologia Científica**

Segundo ALVES (1995), a ciência se inicia com problemas (desordem), e o que não é problemático não é estudado. A fim de resolver tais problemas (restaurar a ordem) a ciência lança mão de modelos, que são artefatos construídos pelos cientistas com o auxílio de conceitos. Chega-se a estes modelos por meio de pesquisas, que são procedimentos racionais e sistemáticos que visam proporcionar respostas aos problemas propostos, necessários quando não há informações suficientes ou quando estas se encontram em tal estado de desordem que não possam ser adequadamente relacionadas aos problemas (GIL, 1991).

De acordo com GIL (1991) uma pesquisa pode ser de natureza pura (básica) – quando objetiva gerar conhecimentos novos úteis para o avanço da ciência sem aplicação prevista – ou aplicada – quando objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos.

Esse mesmo autor sugere a classificação da pesquisa segundo seus objetivos gerais, podendo ser exploratória, descritiva ou explicativa. A primeira visa explicitar um problema ou construir hipóteses, a segunda busca descrever as características de determinada população ou fenômeno e a última procura identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos.

Quanto à abordagem, ou a maneira de aproximação e focalização do problema ou fenômeno que se pretende estudar, uma pesquisa pode ser quantitativa ou qualitativa. Uma abordagem quantitativa requer o comprometimento com uma sistematização das investigações, medição, causalidade, generalização e repetibilidade,

tendo como características a seleção de amostras e a distância ou ausência de contato entre o pesquisador e o objeto de estudo, considerando o ambiente social como algo pré-existente (BRYMAN, 1989; BERTO & NAKANO, 1999). Em contraste, uma abordagem qualitativa tem como principal característica a ênfase na perspectiva dos indivíduos estudados e o seu entendimento em relação ao seu ambiente social. O enfoque da pesquisa qualitativa pode ser mais desestruturado, não sendo imperativo a formulação de hipóteses fortes no início da pesquisa, o que lhe confere bastante flexibilidade (BRYMAN, 1989; BERTO & NAKANO, 1999).

Finalmente, para que os objetivos da pesquisa sejam atingidos, é preciso definir a linha de raciocínio e os procedimentos intelectuais e técnicos a serem empregados, ou seja, o método científico.

Segundo MENEZES (2000), os métodos que fornecem as bases lógicas à investigação são: 1) dedutivo, cujo objetivo é explicar o conteúdo das premissas, chegando à conclusão por intermédio de uma cadeia de raciocínio descendente do geral para o particular; 2) indutivo, segundo o qual o conhecimento é fundamentado na experiência e a generalização deriva de observações de casos da realidade concreta; 3) hipotético-dedutivo, cujo objetivo é buscar evidências empíricas para derrubar (falsar) as conseqüências deduzidas das hipóteses; 4) dialético, um método de interpretação totalizante da realidade que considera que os fatos não podem ser considerados fora de um contexto social, político, econômico, etc.; 5) fenomenológico, onde a realidade é entendida como o compreendido, o interpretado, existindo tantas quantas forem as suas interpretações e comunicações.

### **3.2 Visão Geral da Pesquisa**

A partir dos fundamentos apresentados no tópico anterior é possível posicionar metodologicamente a presente pesquisa.

Trata-se de uma pesquisa de natureza aplicada, pois almeja gerar conhecimento e propor ações para solução de problemas reais previamente identificados.

Seus objetivos a caracterizam como pesquisa descritiva, dada a necessidade de entender e relatar a situação atual e seus problemas como base para a formulação e discussão das propostas de melhoria para o objeto de estudo.

A abordagem é feita de forma qualitativa, dado que os objetivos propostos são altamente dependentes do contexto organizacional e da participação e envolvimento dos indivíduos estudados. Some-se a isto o fato de o pesquisador ser membro da organização e portanto manter estreita proximidade com o objeto de estudo.

Finalmente, por se tratar de uma pesquisa de cunho empírico realizada em uma organização específica, entende-se que o método de pesquisa deva seguir o raciocínio indutivo.

As próximas seções apresentam o método de pesquisa utilizado e as justificativas que levaram à escolha, e também a forma como a pesquisa foi organizada e desenvolvida.

### **3.3 Método de Pesquisa**

O método adotado para este trabalho foi a pesquisa-ação, posicionada por THIOLENT (1998) como uma linha de pesquisa associada a diversas formas de ação coletiva, orientada em função da resolução de problemas ou de objetivos de transformação.

Trata-se uma proposta de pesquisa mais aberta, com características de diagnóstico e de consultoria, para tentar clarear uma situação complexa e encaminhar possíveis ações, especialmente em situações insatisfatórias ou de crise (THIOLENT, 1997).

THIOLENT (1998) define o método de pesquisa-ação como um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.

A escolha da pesquisa-ação em detrimento aos outros métodos de pesquisa empírica disponíveis se deu principalmente por:

1. A realização da pesquisa em uma única empresa e o uso de abordagem qualitativa automaticamente descartam o uso do método *survey*;
2. O fato de o pesquisador ser membro da organização estudada e ter poder de intervenção junto ao objeto de estudo inviabiliza lançar mão de estudo de caso;

3. Por se tratar de um assunto complexo e desestruturado, onde o contexto organizacional e a perspectiva dos indivíduos estudados apresentam-se como dois aspectos importantes e não contemplados pelos métodos *survey* e estudo de caso, fica claro tratar-se a pesquisa-ação da melhor alternativa metodológica para a consecução dos objetivos propostos.

A pesquisa-ação requer legitimidade e constante compromisso com a verdade, não devendo ser posta a serviço de interesses particulares e não podendo ser conduzida à revelia dos participantes nas situações que são objeto de investigação e de possível ação. THIOLENT (1997) aponta que o espírito participativo, o procedimento interrogativo e imparcial, a perspectiva crítica e de cunho prático, o foco na melhoria de desempenho, a delimitação clara dos objetivos e o caráter científico são os principais compromissos a serem assumidos quando se lança mão deste método de pesquisa.

Estes compromissos foram os balizadores do presente trabalho, permeando todas as etapas descritas no tópico a seguir. Além disso, o fato de o pesquisador ser membro da organização pesquisada exigiu cuidado extra com a questão da imparcialidade, cuja falta gera vieses e é apontada por COUGHLAN & COGHLAN (2002) como a principal ameaça à validade de um trabalho de pesquisa-ação.

### **3.4 Desenvolvimento da Pesquisa**

Esta seção apresenta uma síntese de como a pesquisa foi desenvolvida, tendo sido organizada de acordo com THIOLENT (1998), o qual propõe alguns temas a serem percorridos mas admite que o planejamento de uma pesquisa-ação seja bastante flexível, não sendo necessário seguir uma seqüência rígida de fases devido ao constante vaivém entre as diversas preocupações, imprevistos e a própria dinâmica da situação investigada. Os doze passos da pesquisa-ação propostos por esse autor apresentam-se condensados no quadro 3.1, seguido de uma descrição de como a pesquisa foi desenvolvida levando em consideração os referidos passos.

**QUADRO 3.1 – Passos da Pesquisa-Ação**

<b>Passo</b>	<b>Descrição</b>
1. Fase exploratória	Descobrir o campo de pesquisa, os interessados e suas expectativas, estabelecendo um primeiro levantamento da situação atual e dos principais problemas
2. Tema da pesquisa	Designação do tema, do problema prático a ser resolvido e da área de conhecimento a ser abordada
3. Colocação dos problemas	Colocação dos problemas de modo que o tema escolhido adquira sentido, permitindo um melhor entendimento do objeto de estudo e viabilizando as ações decorrentes
4. Lugar da teoria	A teoria deve gerar idéias ou diretrizes para orientar a pesquisa, suas interpretações e o equacionamento das ações, utilizando linguagem comum e adequada ao nível de compreensão daqueles que não dispõem de uma formação teórica
5. Hipóteses	A declaração de hipóteses não está excluída, mas suavizada, devendo servir como diretriz e mantendo-se sujeita a modificações ou substituição em função das informações coletadas ou dos argumentos discutidos entre pesquisadores e participantes
6. Seminário	Meio pelo qual pesquisadores e participantes examinam, discutem e tomam decisões acerca do andamento da pesquisa
7. Campo de observação, amostragem e representatividade	Consiste na delimitação do campo de observação empírica
8. Coleta de dados	Obtenção das informações necessária para o andamento da pesquisa
9. Aprendizagem	Além de investigar, o esforço de pesquisa deve paralelamente gerar e transmitir conhecimento
10. Saber formal e saber informal	Buscar o equilíbrio entre o saber formal (pesquisador) e o saber informal (pessoas da organização), confrontando-os e estabelecendo-se uma compreensão mútua entre eles
11. Plano de ação	A formulação de um plano de ação é uma exigência fundamental para que a pesquisa-ação corresponda ao conjunto dos seus objetivos
12. Divulgação externa	Além dos grupos implicados, divulgar os resultados externamente ao local pesquisado, tal como outras organizações e ou instituições

Fonte: THIOLENT (1998).

O trabalho foi coordenado pelo pesquisador (autor desta dissertação) e realizado segundo o mesmo *modus operandi* definido pela organização para a realização de melhorias no PDP, que é o emprego de um comitê multidisciplinar composto pelo gerente executivo de engenharia, gerentes de projetos (dentre eles o pesquisador), representantes dos principais grupos funcionais envolvidos no PDP e sempre que necessário por um assessor externo. Este comitê é responsável pela gestão e melhoria do PDP, cabendo a ele a análise, priorização e implementação das mudanças.

Inicialmente foram definidos o tema e o objetivo da pesquisa: estudo de melhores práticas para o PDP com ênfase no modelo de PDP da Toyota e a formulação de um conjunto de propostas para melhoria do PDP da empresa estudada com base nestas práticas. Conforme justificado no capítulo 1, uma das principais razões para a escolha do tema foi o fato de a empresa já empregar os princípios do modelo Toyota de produção e necessitar de uma maior contribuição do PDP para as práticas em curso na manufatura.

A partir de então foi realizada (pelo pesquisador) uma breve revisão da literatura clássica sobre o PDP e uma revisão mais profunda e específica sobre o PDP na Toyota (capítulo 2). Este material foi disponibilizado aos membros do comitê, servindo para nivelar o conhecimento e também como referencial teórico no decorrer da pesquisa.

Durante toda a extensão da pesquisa, o conhecimento formal do pesquisador foi frequentemente compartilhado com os participantes por meio de exposições teóricas com associações práticas e divulgação de material didático, e em contrapartida o conhecimento informal dos participantes foi transmitido ao pesquisador tanto de forma tácita, durante as inúmeras reuniões e discussões individuais, quanto explícita, por meio de acesso aos padrões e procedimentos existentes.

Procedeu-se então a análise da situação atual e seus principais problemas (capítulo 3). A coleta de dados foi feita sem o intermédio de entrevistas formais ou questionários estruturados. As informações foram obtidas através de discussões principalmente com o grupo de participantes de maior representatividade (comitê de engenharia) e também através de pesquisa documental das informações já existentes.

Com base no referencial teórico e no estudo da situação atual, passou-se então à formulação de um conjunto de propostas para melhoria do PDP (capítulo 4),

tendo sido definida a seguinte situação futura desejável: um PDP mais ágil, focado no cliente, com visão de longo prazo e que resulte em produtos de qualidade, rentáveis, competitivos e concebidos para o sistema de produção enxuta. O pesquisador teve papel ativo na transmissão de conceitos fundamentais aos participantes, coleta, síntese e armazenamento de informações, concepção e discussão das propostas e reflexão global para possíveis generalizações.

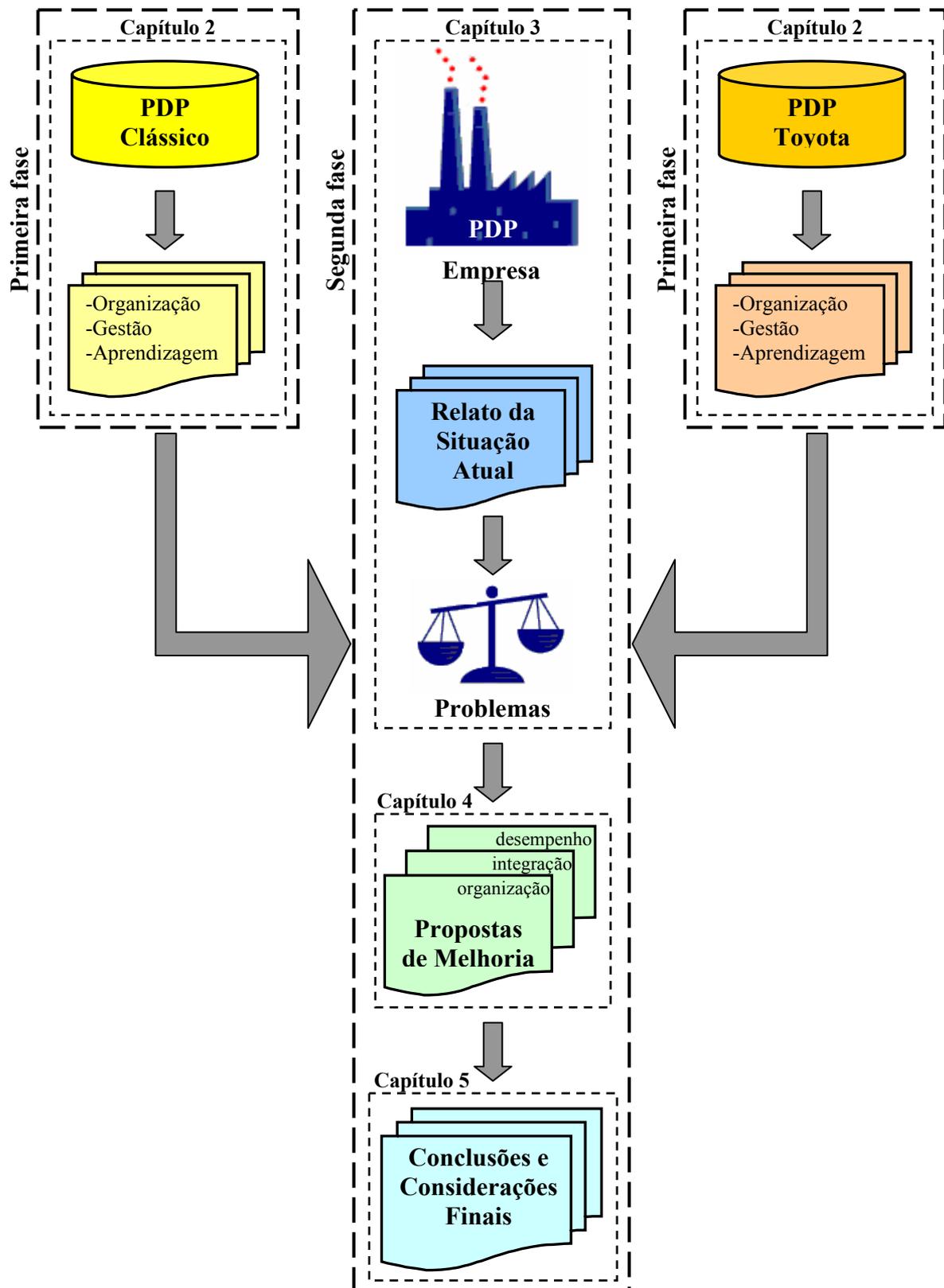
Embora a implementação das propostas não tenha cabido no horizonte de tempo destinado à pesquisa, foi possível propor um plano de implementação, discutir suas possíveis dificuldades e sugerir alguns critérios para priorização das ações.

O processo de aprendizagem mútua se deu por meio de apresentações temáticas, reuniões entre pesquisador e participantes (tanto para interpretação das informações coletadas como para formulação das propostas) e divulgação de material didático no decorrer da pesquisa. O conhecimento gerado pela pesquisa e suas contribuições, seja para o objeto de estudo ou para a área de conhecimento, encontram-se registradas neste volume e serão futuramente disponibilizadas e divulgadas a outras organizações e ou instituições.

Em suma, o desenvolvimento da pesquisa se deu em duas fases:

- A primeira, teórica, consistiu em uma revisão da literatura clássica sobre a área de conhecimento (PDP) e específica sobre o tema da pesquisa (PDP na Toyota). Esta fase é compreendida pelo capítulo 2;
- A segunda, aplicada, consistiu no posicionamento metodológico e organização da pesquisa, seguido por um estudo da situação atual do objeto de estudo e seus principais problemas, culminando com a formulação de um conjunto de propostas de melhoria baseadas na análise crítica quanto à aplicabilidade dos principais elementos extraídos da revisão da literatura, chegando-se às conclusões e considerações finais. Esta fase é compreendida pelos capítulos 3, 4 e 5.

O desenvolvimento da pesquisa também pode ser ilustrado pelo esquema descrito na figura 3.1.



Fonte: Elaborado pelo autor.

**FIGURA 3.1 – Visão geral da pesquisa.**

### **3.5 Contextualização do Objeto de Estudo**

#### **A Empresa**

O estudo doravante apresentado foi desenvolvido em uma empresa nacional de médio porte, tradicional fabricante de implementos agrícolas, situada entre as líderes no mercado interno e exportadora para mais de 20 países nos 5 continentes. Fundada em 1936, encontra-se na terceira geração de administradores, sempre sob controle familiar. Conta atualmente com cerca de 450 colaboradores diretos, distribuídos em duas plantas fabris localizadas no mesmo município. Em 1996 obteve a certificação NBR-ISO9001 versão 1994, tendo sido recertificada pela versão 2000 no ano de 2002. Num processo de crescente desverticalização, possui atualmente cerca de 60% do seu processo de manufatura terceirizado, seguindo uma tendência desta indústria apontada por DALL'AGNOL, citado por ROMANO (2003).

A partir de 2002 a empresa passou a estudar e moldar o seu processo de manufatura segundo os princípios do Sistema Toyota de Produção (Produção Enxuta) e desde então tem conseguido avanços significativos refletidos na redução do tempo de ciclo, aumento de produtividade, redução dos níveis de estoque, etc.

Como forma de suportar os esforços em curso na manufatura, em 2004 iniciou-se um programa de reestruturação do PDP, cujo objetivo era sistematizar o processo de seleção e desenvolvimento de produtos, tornando-o mais rápido, mais barato e de melhor qualidade, além de puxado pelo mercado e orientado para o sistema de produção enxuta. As fases e a situação atual deste programa, bem como as melhorias já implementadas, serão discutidas mais a frente neste capítulo.

#### **O Mercado**

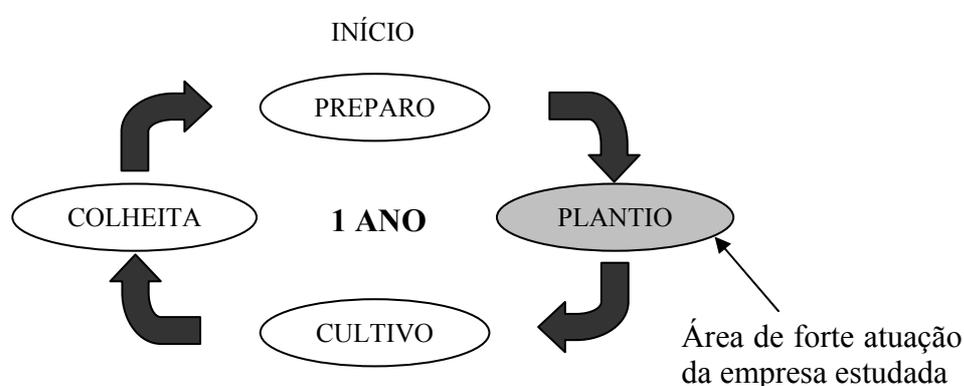
O agronegócio tem sido historicamente estratégico para o país, mas especialmente entre os anos de 2001 e 2003 atravessou um momento de forte expansão, consolidando-se como uma atividade organizada e tecnificada, a chamada agricultura empresarial. Neste período, o PIB do agronegócio apresentou um crescimento médio de 5,7% ao ano contra apenas 1,3% ao ano do PIB total. Com este desempenho, no ano de 2003 o agronegócio foi responsável por 30% do PIB brasileiro, 42% das exportações, 37% do total de empregos gerados e pela totalidade do superávit da balança comercial,

com um saldo positivo de US\$ 25,8 bilhões (CNA). Mesmo sem contar com subsídios internos e sendo fortemente prejudicado pelos externos, o Brasil se consolidou como o principal produtor e exportador mundial de álcool, açúcar, café e suco de laranja, e como principal exportador mundial do complexo soja, carne bovina, tabaco e carne de frango, além de ocupar posição de destaque em vários outros produtos (MAPA).

Entretanto a partir de meados de 2004, uma conjunção de fatores como a queda dos preços internacionais das *commodities* agrícolas devido à elevação dos estoques mundiais, a valorização do real frente ao dólar, a elevada taxa de juros da economia brasileira e a quebra de produção em alguns estados devido a problemas climáticos desencadeou especialmente no setor de grãos (soja, milho, arroz, algodão, etc.) uma crise sem precedentes nos últimos 40 anos.

Esta crise afetou duramente a empresa, dado que naquele momento mais de dois terços de suas receitas advinham de produtos voltados ao setor de grãos, o que exigiu um rápido reposicionamento estratégico e tornou sua sobrevivência mais do que nunca dependente da diversificação da linha de produtos e de um PDP ágil e focado na realização da nova estratégia.

Um aspecto importante do agronegócio é que muitas de suas atividades apresentam caráter cíclico, e portanto sazonal e com épocas de realização bem definidas, conforme exemplificado pela figura 3.2. Tal característica impacta diretamente o PDP das empresas que atuam neste mercado, já que o atraso no lançamento de um produto resulta em perda do momento (ciclo) de utilização, o que pode retardar o início das vendas e o retorno do investimento em até 1 ano, além do risco de antecipação dos concorrentes e mudanças de mercado.



Fonte: Elaborado pelo autor.

**FIGURA 3.2 – Ciclo típico do processo de produção de grãos.**

### 3.6 Retrospecto do PDP

Esta seção apresenta um histórico do PDP na empresa estudada, iniciando pela situação até 2003 e passando pelas duas intervenções realizadas no processo desde então.

#### 3.6.1 Situação até 2003

Historicamente e até 2003 o PDP da empresa empregava uma estrutura funcional, com três subdivisões de engenharia trabalhando de forma seqüencial e pouco integrada:

- **Pesquisa e Desenvolvimento do Produto:** responsável pelo projeto desde a pesquisa até a aprovação do protótipo, incluindo a concepção, elaboração dos desenhos básicos, construção do protótipo e execução dos testes;
- **Engenharia de Produtos:** responsável pelo projeto até a aprovação do modelo industrial<sup>10</sup>, incluindo a elaboração dos desenhos definitivos, normalização, especificação de tolerâncias, elaboração da estrutura de produto, manuais de instruções, etc.;
- **Engenharia de Processos:** responsável pelo projeto até a aprovação do lote piloto, incluindo o projeto e construção de ferramentas e dispositivos, *tryout*<sup>11</sup>, elaboração de seqüências de operações (SO's), instruções de trabalho (IT's), etc.

Cada projeto possuía um “pai”, correspondente a um gerente de projeto “peso-leve” que normalmente era o próprio projetista, o qual acumulava as funções de concepção e administração do projeto.

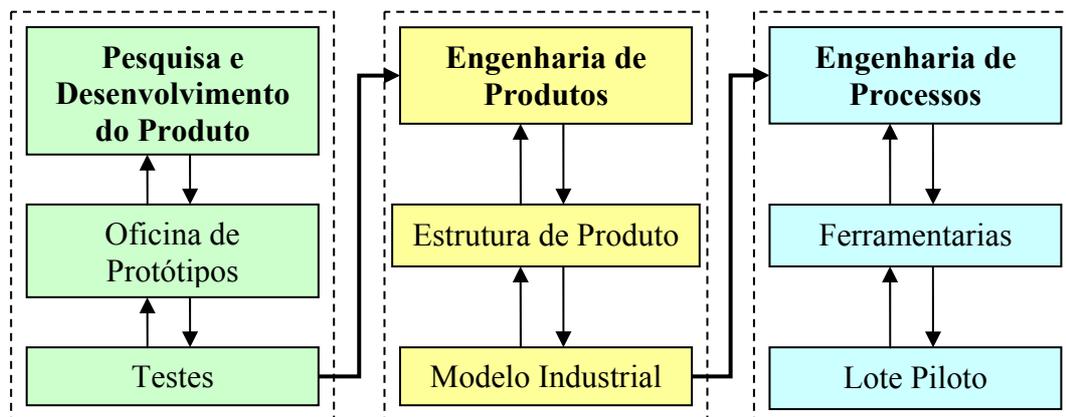
Esta forma de organização gerava altos níveis de retrabalho, falta de documentação e histórico do projeto, problemas de coordenação e integração, resultando em um ciclo de desenvolvimento excessivamente longo.

O desempenho do processo também era prejudicado devido à falta de sistematização para a seleção de projetos, levando a decisões emocionais e por vezes impositivas que resultavam em um número excessivo de projetos ativos.

---

<sup>10</sup> Basicamente um segundo protótipo, construído pela ferramentaria a partir dos desenhos definitivos, cujo objetivo é a checagem final do projeto e da estrutura de produto, além do estudo e construção do ferramental.

<sup>11</sup> Teste do ferramental fora da linha de produção para verificar se o mesmo atende às especificações do produto, com qualidade e produtividade.



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

**FIGURA 3.3 – Estrutura funcional até 2003 (simplificada).**

Além da organização funcional e seqüencial, um detalhe importante é que a empresa era focada quase que exclusivamente em uma única linha de produtos, responsável por mais de dois terços das receitas, mas com concentração em apenas quatro meses do ano devido à natureza cíclica e sazonal do mercado. Isto gerava inúmeros problemas, como por exemplo demissões em épocas de baixa produção e contratações temporárias e pagamento de horas extras nas épocas de pico, não permitindo manter uma força de trabalho estável e bem treinada, e principalmente, pondo em risco o crescimento sustentável da empresa no longo prazo.

### 3.6.2 2004: Segmentação

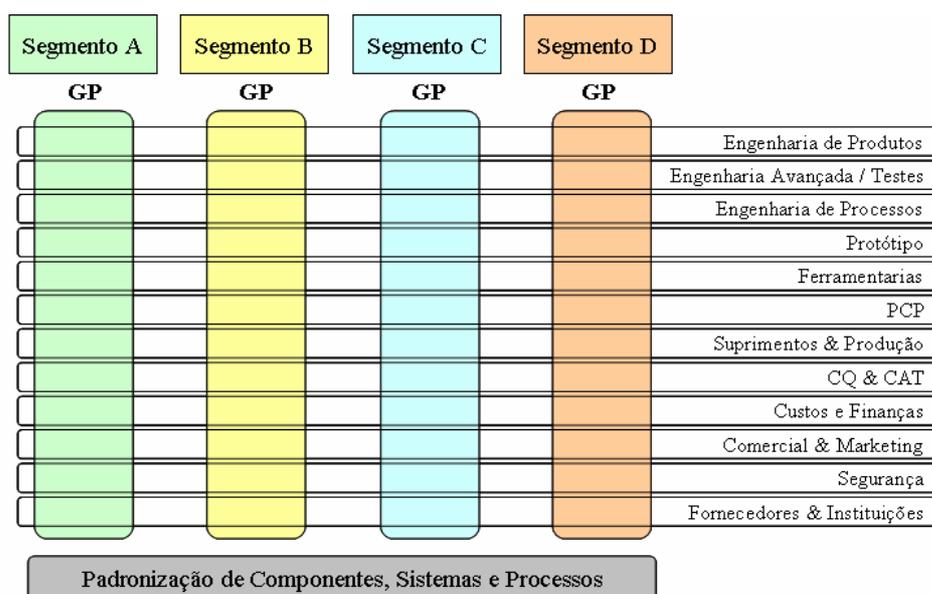
No início de 2004, para diluir os riscos e minimizar o efeito da sazonalidade, a empresa adotou uma estratégia de diversificação da linha de produtos, com foco no desenvolvimento de novos produtos e novos mercados buscando a geração de receitas de forma mais nivelada ao longo de todo o ano.

#### Principais Mudanças

O redirecionamento estratégico exigiu uma reorganização do PDP. Neste novo contexto as principais mudanças implementadas foram:

- Segmentação da engenharia em famílias de produtos agrupados de acordo com o ramo de negócio e a similaridade de construção e aplicação;

- Nomeação de gerentes de projetos para cada segmento (família de produtos), com dedicação em tempo integral e responsabilidades técnicas e gerenciais mais amplas que o antigo “pai de projeto”;
- Junção das áreas de Pesquisa e Desenvolvimento do Produto e Engenharia de Produtos, prevalecendo o nome da segunda. O objetivo da junção foi melhorar a integração, otimizar o uso dos recursos e minimizar o retrabalho, buscando com isso a redução do ciclo de desenvolvimento;
- Substituição da estrutura funcional por uma estrutura matricial balanceada, com os gerentes de projetos sendo responsáveis pela gestão do projeto durante todo o ciclo de desenvolvimento e melhorias durante o ciclo de vida, e os gerentes funcionais responsáveis pela provisão de recursos para os projetos nos momentos adequados, desenvolvimento e avaliação das pessoas e coordenação das atividades rotineiras de cada área;
- A Engenharia de Produtos e Engenharia de Processos, além de provedoras de recursos, tornaram-se responsáveis também pela padronização de componentes, sistemas, processos de fabricação e procedimentos entre todos os segmentos;
- Implantação de um sistema CAD 3D (até então era utilizado um sistema 2D) e consolidação do uso de ferramentas de análise estrutural (CAE) e instrumentação dinâmica na área de Engenharia Avançada / Testes.



Fonte: Elaborado pelo autor.

**FIGURA 3.4 – Estrutura matricial a partir de 2004.**

### 3.6.3 2005: Programa PDP *Lean*

Posteriormente às mudanças descritas no tópico anterior, deu-se continuidade ao processo de reestruturação com a criação do “Programa PDP *Lean*”, o qual foi formalizado no início de 2005. Diferentemente da primeira intervenção, cuja motivação foi essencialmente organizacional e estratégica, este programa teve como objetivo identificar, priorizar e implementar uma série de projetos de melhoria no PDP, com vistas à solução dos principais problemas e melhoria geral de desempenho por meio da introdução de boas práticas de gestão.

Para orientar a condução do programa foi contratada uma assessoria externa e criado um comitê interno (chamado Comitê de Engenharia) composto pelo gerente executivo de engenharia, gerentes de projetos (sendo um deles o autor desta pesquisa) e gerentes funcionais da engenharia de produtos, engenharia de processos e centro de desenvolvimento tecnológico, além do coordenador do escritório de projetos. Este grupo reunia-se periodicamente para discussão, priorização e acompanhamento dos projetos de melhorias. Outra função do grupo era auxiliar os gerentes de projetos e gerentes funcionais na tomada de decisões durante o PDP.

O programa foi idealizado segundo os princípios de gestão por processos de negócio (ver tópico 2.1.3), buscando a integração das atividades independente das áreas funcionais envolvidas, tendo como sustentáculos dois elementos fundamentais:

1. **PDP Formalizado:** estabelecer um padrão de como as atividades de desenvolvimento devem ocorrer, formalizando todos os passos desde a escolha dos projetos até o lançamento, buscando obter um processo estável e com um mínimo de previsibilidade;
2. **Programa de Melhoria Contínua do PDP:** fornecer um instrumento para o melhoramento contínuo e disciplinado do PDP, viabilizado por meio de um conjunto de projetos de melhoria, cada qual interferindo em aspectos específicos do processo mas cuja soma resulte em melhoria geral de desempenho.

### Principais Mudanças

No momento em que a presente pesquisa foi documentada, o Programa PDP *Lean* encontrava-se em curso. A seguir apresenta-se uma síntese das principais mudanças introduzidas até então, estabelecendo-se assim um marco para a descrição da

situação atual, levantamento dos principais problemas, formulação das propostas de melhoria e outras discussões contidas no trabalho.

- Conforme citado no tópico 3.6.2, uma das principais mudanças realizadas na primeira intervenção (2004) foi a introdução de uma estrutura matricial balanceada em substituição à estrutura funcional vigente. Apesar desta iniciativa ser anterior ao Programa PDP *Lean*, a sua consolidação, principalmente no que tange à melhoria da integração interfuncional e a divisão de responsabilidades nas tomadas de decisão, tem sido um dos principais esforços do programa;
- A primeira mudança decorrente do Programa PDP *Lean* foi a implantação da técnica de gestão de portfólio, que possibilitou disciplinar e sistematizar do processo de seleção e planejamento de projetos, bem como estabeleceu diretrizes para a tomada de decisão quanto à priorização, despriorização e cancelamento de projetos;
- Com o objetivo de criar um banco de dados para melhorar o planejamento e o controle de horas de engenharia, foi implantado um sistema de gestão de recursos inicialmente para a área de engenharia de produtos, posteriormente estendido para a engenharia de processos e demais áreas ligadas à engenharia. Trata-se de um conjunto de planilhas consolidadas semanalmente e nas quais são apontadas as atividades realizadas (identificação do projeto e classificação da atividade de acordo com uma lista padrão) e o tempo de duração. Com isto, além de melhorar a gestão de tempo e custo dos projetos, também foi possível identificar e combater uma série de desperdícios no processo, como por exemplo o tempo gasto com atividades não planejadas, interrupções, problemas com a estação de trabalho (hardware e/ou software), etc.;
- Outra mudança foi a criação do escritório de projetos, cuja incumbência é dar apoio à gestão de projetos por meio da geração e divulgação e manutenção de informações necessárias à tomada de decisão, como o monitoramento dos indicadores de desempenho, gráficos de alocação de recursos, compilação do apontamento de horas trabalhadas em cada projeto, etc. Outra importante função do escritório de projetos é a disseminação dos padrões de trabalho e a manutenção de um sistema de gestão à vista, onde não só o nível gerencial mas todos os envolvidos possam conhecer as metas e acompanhar a evolução dos projetos;

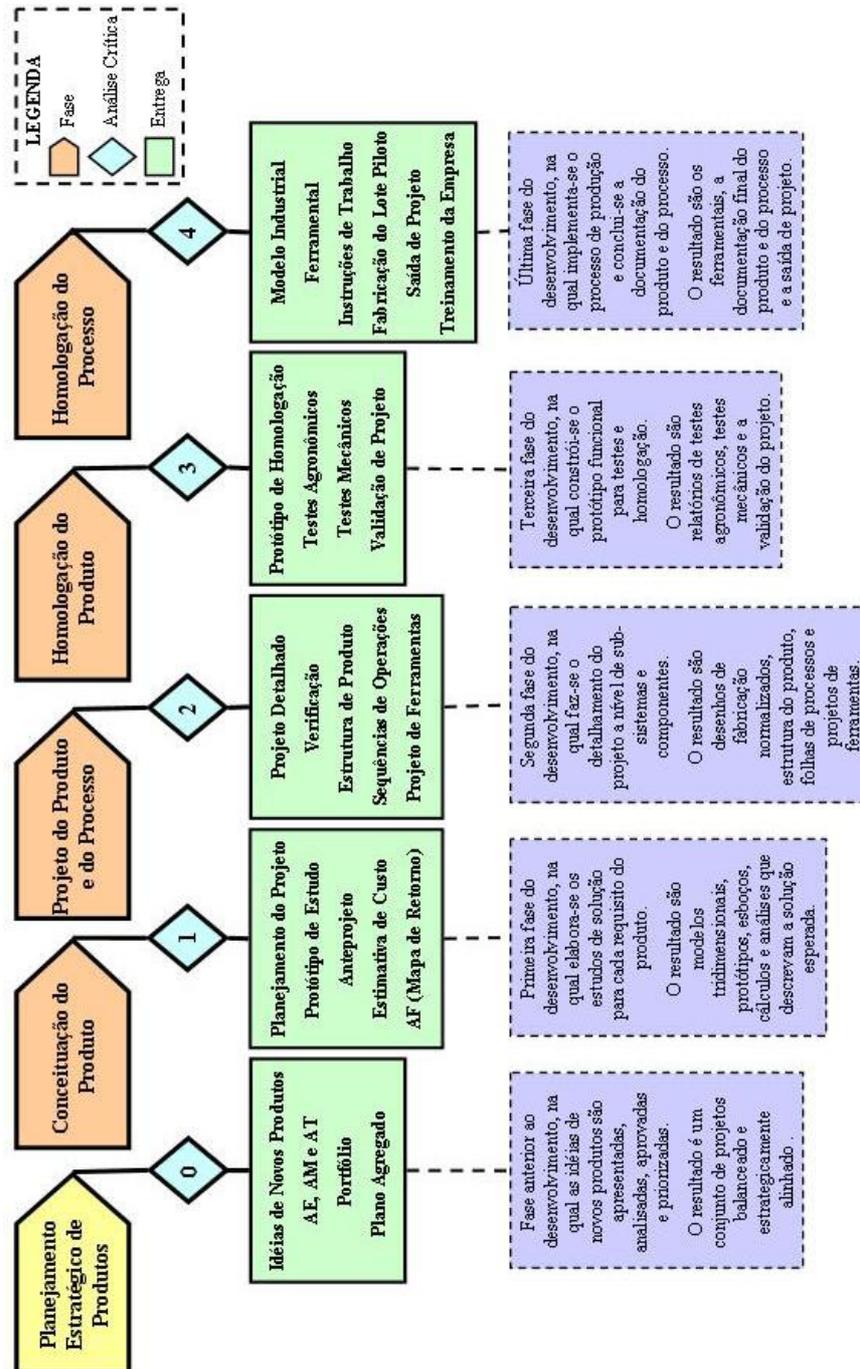
- Foi feito um esforço de mapeamento do PDP com o objetivo de formalizar as fases e as principais entregas de cada fase, chegando-se a um modelo de referência geral (ilustrado na figura 4.5) que passou a ser utilizado por todos os segmentos para planejamento, execução de controle dos projetos;
- Houve também uma melhoria na medição de desempenho – que até então era baseada puramente na relação tempo decorrido versus porcentagem de tarefas realizadas – com a introdução dos indicadores de custo e qualidade;
- As áreas de Engenharia Avançada / Testes e Protótipo foram agrupadas, dando origem a uma nova área denominada Centro de Desenvolvimento Tecnológico (CDT). Além de melhorar a integração entre as atividades de construção de protótipos e testes, o CDT viabilizou a condução de projetos de pesquisa (separados dos projetos comerciais) e a introdução de testes parciais em laboratório, melhorando também o nível de utilização dos recursos;
- Foram iniciados também esforços de redefinição do organograma funcional da engenharia, com a atualização da descrição dos cargos e responsabilidades e elaboração de um plano de carreira (ainda não finalizado), melhoria do fluxo de informações entre a engenharia e as demais áreas, mudanças de *layout* e aproximação entre áreas (ex.: aproximação entre protótipo e ferramentaria, engenharia e CAT), introdução do conceito de avaliação e transição de fases (*stage gates*) e melhorias no processo de industrialização sob encomenda (terceirização).

As ações descritas acima representaram o primeiro passo a partir de uma situação anterior instável em direção a um PDP mais previsível e formalizado, cujos resultados colhidos até o momento foram principalmente uma maior disciplina na seleção de projetos e uma melhor utilização dos recursos. O objetivo final é um processo totalmente formalizado, com fases, entregas, momentos de integração e responsabilidades bem definidos.

O assessor externo integrou o Comitê de Engenharia até o início de 2006, e a partir de então o Programa PDP *Lean* passou a ser conduzido pelos demais integrantes do comitê.

### 3.7 Relato da Situação Atual

O relato da situação atual foi construído sem o uso de uma ferramenta formal de diagnóstico, baseado na pesquisa documental e experiência dos participantes do processo. A figura 3.5 ilustra o modelo de referência atual do PDP, cujas fases e principais atividades encontram-se descritas a seguir.



Fonte: Elaborado pelo comitê do Programa PDP *Lean*.

**FIGURA 3.5 – Fluxograma da situação atual.**

### 3.7.1 Planejamento Estratégico de Produtos

Até 2004, a seleção de projetos era centralizada e baseada apenas no empirismo ou até mesmo imposição das pessoas com maior poder hierárquico, portanto pouco democrática e com emprego escasso de pesquisas de mercado ou ferramentas estruturadas de seleção de projetos.

A partir de 2005 iniciou-se a implantação da técnica de gestão de portfólio, pela qual a seleção de projetos foi sistematizada e passou a seguir uma série de passos bem definidos e brevemente descritos a seguir:

- **Proposição da idéia:** As idéias de novos produtos (que podem ser propostas por qualquer pessoa) são encaminhadas aos gerentes de projetos, que as transcrevem em um formulário padrão contendo o nome do produto, aplicação, características básicas e principais concorrentes (quando aplicável). Este formulário é encaminhado para apreciação da área comercial, que deve responder a uma série de questões relativas à demanda potencial para o produto em cada região (mercado interno e externo), preços praticados pelos concorrentes, pontos fortes e fracos dos concorrentes, nível de confiança no sucesso do produto, etc. As respostas são tabuladas e devolvidas aos gerentes de projetos para análise das informações e continuidade do processo de avaliação;
- **Análise Estratégica (AE):** É realizada por um comitê composto pelas gerências executivas de engenharia, comercialização, produção e pós-venda, além dos gerentes de projetos. O objetivo é analisar e pontuar o produto em relação ao alinhamento estratégico, de acordo com critérios previamente estabelecidos;
- **Análise Mercadológica (AM):** É realizada por uma equipe comercial. O objetivo é avaliar e pontuar o produto em relação a uma série de parâmetros mercadológicos como situação do mercado, adequação do canal de distribuição, exclusividade, diferenciais competitivos, valor percebido pelo cliente, etc.;
- **Análise Técnica (AT):** É realizada por uma equipe de engenharia. O objetivo é avaliar e pontuar o produto em relação a uma série de parâmetros técnicos como patenteabilidade ou colidência, domínio da tecnologia envolvida, nível de complexidade, impacto na produção, etc.;

A partir do resultado das análises AE, AM, AT, faz-se a aprovação ou não do produto em uma reunião envolvendo a alta administração, gerências executivas

de engenharia, comercialização, produção e pós-venda e gerentes de projetos. Os projetos aprovados compõem o portfólio e uma vez priorizados (com datas de início e término definidas e recursos alocados) formam o plano agregado de projetos.

- **Análise Financeira (AF):** Na fase de conceituação o projeto é submetido a uma análise financeira realizada pelos gerentes de projetos com o objetivo de verificar se o escopo proposto atende ao custo-alvo desejado, determinar o custo do projeto, a taxa interna de retorno (TIR) e o ponto de equilíbrio<sup>12</sup>. A análise financeira deve ser aprovada pela alta administração e pelas gerências executivas para que o projeto siga adiante.

A empresa possui três categorias de projetos:

1. **Novos produtos:** podendo ser do tipo plataforma (que gerará uma família de produtos, conceito introduzido recentemente), derivado (filho de um produto plataforma), produto (que não terá produtos derivados) ou acessório (nova funcionalidade acrescida ao escopo original). A escolha e priorização destes projetos segue a sistemática recém apresentada;
2. **Alterações:** aplicável a produtos existentes, podem ser do tipo corretiva, preventiva ou oportunidade de melhoria (de produto, de processo, redução de custo, etc.);
3. **Pesquisas:** conduzidas pelo CDT de forma separada dos projetos de novos produtos e cujo objetivo é a geração de conhecimento tecnológico e o desenvolvimento de novas tecnologias a serem empregadas em projetos comerciais futuros, geralmente inovadores.

A partir de 2006 os projetos passaram a receber também uma classificação (cor) de acordo com o tempo necessário para o seu desenvolvimento:

- **Vermelho:** curto prazo, com tempo de desenvolvimento de até 6 meses;
- **Amarelo:** médio prazo, com tempo de desenvolvimento de 6 a 12 meses;
- **Azul:** longo prazo, com tempo de desenvolvimento maior que 12 meses;

---

<sup>12</sup> Quantidade mínima a ser comercializada para o retorno do investimento. É obtida dividindo-se o lucro líquido unitário acumulado pelo investimento.

### 3.7.2 Conceituação do Produto

A primeira fase de desenvolvimento propriamente dita é a conceituação do produto, tendo início com o planejamento do projeto, que consiste na elaboração de um cronograma com as principais atividades de cada fase e de um documento de ativação denominado Relatório de Entrada de Projeto (REP), que contém as seguintes informações:

- Número e nome do projeto;
- Equipe responsável (GP e membros-chave);
- Escopo do projeto, o que vai e o que não vai ser feito;
- Importância e benefícios para a empresa e para o cliente (mercado);
- Datas de início e término (lançamento);
- Principais marcos;
- Custo-alvo para o produto;
- Critérios de acompanhamento;
- Política de alterações no escopo;
- Requisitos gerais sobre logística, segurança, patentes, etc.

Ao final do planejamento o cronograma e o REP são analisados criticamente, aprovados e divulgados às áreas envolvidas.

Com base nos requisitos do REP, inicia-se o estudo do anteprojeto (conceito), normalmente dividindo-se o projeto em seus subsistemas principais. A empresa utiliza CAD desde 1995, tendo atualmente 100% dos projetos desenvolvidos de forma tridimensional (3D). Quando necessário, faz-se uso de desenvolvimento artesanal em bancada, construindo-se protótipos parciais para estudo ou pré-testes previamente ao modelamento 3D.

Os componentes e subsistemas são dimensionados tanto empiricamente quanto pelo uso de cálculos manuais e também com emprego de cálculo estrutural computacional pelo método de elementos finitos (CAE). Normalmente trabalha-se com apenas uma alternativa de solução para cada subsistema, refinando-a através de discussões entre o GP e os membros da equipe.

Durante esta fase realiza-se uma análise preliminar de quais itens serão comprados, restrita apenas a componentes de prateleira (comerciais). Também é analisada a possibilidade de utilização de componentes e subsistemas existentes.

A fase de conceituação termina com uma análise crítica coordenada pelo GP, cujo objetivo é a aprovação do anteprojeto do ponto de vista técnico – com a participação dos membros chave do time de desenvolvimento e representantes das demais áreas funcionais, que verificam se todos os requisitos técnicos estão atendidos e propõem sugestões de melhorias – e do ponto de vista gerencial – com a participação alta administração e das gerências executivas, que avaliam os dados financeiros do projeto, custo-alvo do produto, projeção de demanda, etc. Uma vez aprovado, o projeto passa para a fase de detalhamento.

### **3.7.3 Projeto do Produto e do Processo**

Nesta fase são elaborados os desenhos detalhados, de acordo com as normas internas da empresa e/ou normas nacionais e internacionais. Cada desenho recebe um código identificador único e contém todas as informações necessárias para a fabricação ou aquisição do componente ou subsistema. Os desenhos são mantidos em um banco de dados único e gerenciado por um sistema PDM.

Na medida em que são concluídos, os desenhos detalhados de cada subsistema são liberados para a fabricação do primeiro protótipo. Neste momento, a engenharia de processos determina o processo de fabricação para cada componente e elabora a seqüência de operações<sup>13</sup> (SO), além de um estudo preliminar dos ferramentais necessários.

Os desenhos são cadastrados em um sistema informatizado (MRPII) para elaboração da estrutura de produto, que é concluída durante a montagem do protótipo.

Nesta fase as áreas de PCP, suprimentos e engenharia de processos definem quais componentes ou subsistemas serão feitos internamente ou terceirizados, avançando no desenvolvimento de fornecedores.

Ao longo desta fase são realizadas análises críticas pelo GP e representantes das demais áreas funcionais para verificar se o projeto se mantém fiel ao escopo e se as metas de custo e prazo estão sendo atingidas, tomando-se ações corretivas sempre que necessário.

---

<sup>13</sup> Folha de processo padrão que contém informações como descrição da matéria-prima, peso bruto para cálculo de suprimentos e custo, identificação da máquina operatriz, descrição da operação, tempo de preparação e operação, número de peças/hora, etc.

### 3.7.4 Homologação do Produto

A fase de homologação do produto tem início com a construção do protótipo, o que ocorre paralelamente ao detalhamento do projeto. A construção dos componentes do protótipo é feita pela produção (internamente ou por fornecedores) e a montagem é feita na oficina de protótipos, com acompanhamento do GP, do projetista responsável e da equipe do CDT. Os problemas encontrados são identificados e transmitidos aos projetistas para estudo e correção.

Uma vez concluído, o protótipo é submetido às condições reais de trabalho para determinar se sua qualidade/desempenho atende aos requisitos do projeto. Esta atividade é planejada e coordenada pelo GP, com a participação de engenheiros e técnicos do CDT, ou mesmo de instituições de ensino e pesquisa quando necessário. Os testes tem sua duração determinada de acordo com a complexidade do projeto e do prazo de lançamento, e geralmente são realizados em propriedades de clientes parceiros, podendo quando necessário contar com a participação direta destes na avaliação do produto.

Durante os testes pode-se lançar mão de ferramentas de instrumentação e análise dinâmica, que consiste na instalação de sensores de deformação em pontos críticos da estrutura (determinados pela análise estrutural na fase de conceito) para verificar se os esforços reais condizem com as simulações computacionais realizadas anteriormente. Esta tecnologia é de suma importância para o correto dimensionamento dos componentes e geração de dados reais de campo para análise estrutural de futuros projetos.

Paralelamente à execução dos testes as ocorrências são documentadas, as correções de projeto necessárias são discutidas, implementadas e se necessário testadas novamente até que o desempenho geral do produto esteja satisfatório. Ao final dos testes é elaborado um relatório de desempenho indicando as ocorrências, as ações tomadas e determinando a aprovação ou reprovação total ou parcial do projeto.

Reprovação parcial significa que um ou mais requisitos do projeto não apresentaram desempenho satisfatório, cabendo ao GP e equipe analisar se isto impede a continuidade do projeto. Se por ventura ocorrer uma reprovação total, isto pode exigir o retorno à fase de anteprojeto e a construção de um novo protótipo para testes, sendo normalmente necessário adiar o lançamento do produto.

Esta fase termina com uma análise crítica, coordenada pelo GP e da qual participam a equipe responsável pelo projeto e representantes das demais áreas funcionais. O objetivo é analisar as ocorrências durante a fabricação e montagem do protótipo e captar sugestões de melhorias, bem como discutir e comunicar o resultado dos testes e planejar as próximas fases do projeto.

Uma vez aprovado nos testes o projeto torna-se validado, ou seja, seu desempenho atende total ou parcialmente (caso tenha havido uma reprovação parcial que não comprometa a continuidade do projeto) aos requisitos do REP. Significa que o produto está apto a ser lançado, embora o seu processo de fabricação ainda não esteja totalmente definido e implementado.

### **3.7.5 Homologação do Processo**

Após a aprovação do protótipo, os desenhos são corrigidos, conferidos e disponibilizados à engenharia de processos para a construção dos ferramentais e finalização do processo de fabricação.

A construção dos ferramentais é feita pela área de ferramentaria mediante projeto elaborado pela engenharia de processos ou empiricamente pelos profissionais da área. Para tanto pode ser necessária a construção de um modelo industrial, uma espécie de segundo protótipo cujo objetivo é auxiliar a construção de ferramentas e promover os acertos finais dos desenhos. A empresa constrói internamente e faz a manutenção periódica na quase totalidade dos ferramentais, mesmo aqueles relativos a componentes ou subsistemas adquiridos de fornecedores.

Após a construção e *tryout*, os ferramentais são disponibilizados para a produção interna ou envio para os fornecedores.

Neste momento também são feitos os ajustes finais da estrutura de produto, desenhos de fabricação e seqüências de operações (SO's), bem como a elaboração de instruções de trabalho (IT's).

A homologação do processo de fabricação é feita com a construção do lote piloto, que consiste na fabricação de algumas unidades do produto, cujo objetivo é testar o processo de fabricação (e a cadeia de suprimento) em condições normais. Nesta fase são feitos os acertos finais no processo, antes que o produto seja definitivamente liberado para produção seriada. As unidades piloto podem ser comercializadas ou

utilizadas pela área comercial para demonstrações de campo e divulgação do produto. A fabricação e aprovação do lote piloto encerra o ciclo de desenvolvimento no que tange ao projeto do processo, e a partir de então o produto é comercializado.

Por mais planejado e cuidadoso que os testes possam ser, nem sempre é possível submeter o produto a todas as variáveis e condições de trabalho possíveis. Assim, eventualmente uma unidade do lote piloto pode ficar à disposição da engenharia para continuidade dos testes em condições diferenciadas e identificação de melhorias pós-lançamento. As demais unidades do lote piloto também têm o seu desempenho acompanhado pela engenharia para identificação de possíveis problemas e alterações.

Neste momento conclui-se toda a documentação do projeto, tal como manuais de instruções, catálogos de peças, roteiros de inspeção e ensaios finais, colantes, material publicitário, etc.

Esta fase termina com a saída de projeto, que é o documento de encerramento, o qual contém todas as características e configurações do produto, requisitos para o uso, requisitos previstos no REP que tenham sido objeto de reprovação parcial nos testes e deverão ser reavaliados, requisitos não previstos mas que foram ou poderão ser desenvolvidos a título de aprimoramento técnico, etc. Este documento comunica toda a organização de que o produto já pode ser comercializado e as condições para tanto.

É prevista também a realização de uma análise crítica final com objetivo de refletir sobre o projeto, discutir as práticas bem sucedidas e principalmente identificar os pontos falhos para que os mesmos não se repitam em projetos posteriores.

Com base nas descrições apresentadas, o quadro 3.2 resume as principais entradas, saídas e ferramentas empregadas em cada fase do PDP atual.

**QUADRO 3.2 – Entradas, saídas e ferramentas do PDP atual.**

<b>Fase</b>	<b>Entrada(s) (Início)</b>	<b>Saída(s) (Término)</b>	<b>Ferramentas</b>
<b>Planejamento Estratégico de Produtos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necessidades do mercado</li> <li>• Formulários de Propostas de novos produtos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Portfólio de projetos</li> <li>• Plano Agregado de Projetos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestão de portfólio</li> <li>• Análise estratégica, mercadológica e técnica</li> </ul>
<b>Conceituação do Produto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formulários de propostas de novos produtos</li> <li>• Plano Agregado de Projetos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relatório de Entrada de Projeto (REP)</li> <li>• Cronograma</li> <li>• Anteprojeto</li> <li>• Análise crítica do anteprojeto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gerenciamento de projetos</li> <li>• MS Project</li> <li>• CAD / CAE / PDM</li> <li>• Análise financeira</li> </ul>
<b>Projeto do Produto e do Processo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• REP</li> <li>• Anteprojeto</li> <li>• Análise crítica do anteprojeto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenhos detalhados</li> <li>• SO's</li> <li>• Estrutura do produto</li> <li>• Projetos de ferramentas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gerenciamento de projetos</li> <li>• CAD / PDM</li> <li>• MRPII</li> <li>• Normas internas e externas</li> </ul>
<b>Homologação do Produto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• REP</li> <li>• Desenhos Detalhados</li> <li>• SO's</li> <li>• Estrutura do Produto</li> <li>• Relatórios de análise estrutural</li> <li>• Planejamento dos testes</li> <li>• Análises críticas do anteprojeto, protótipo e testes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protótipo</li> <li>• Análise crítica do protótipo</li> <li>• Relatório de testes</li> <li>• Análise crítica dos testes</li> <li>• Manual de instruções</li> <li>• Relatório de Validação de Projeto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gerenciamento de projetos</li> <li>• Instrumentação e análise dinâmica</li> </ul>
<b>Homologação do Processo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• REP</li> <li>• Desenhos detalhados</li> <li>• Estrutura do produto</li> <li>• Relatório de Validação de projeto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelo industrial</li> <li>• Ferramental</li> <li>• SO's e IT's</li> <li>• Lote piloto</li> <li>• Relatório de aprovação do lote</li> <li>• Relatório de Saída de Projeto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gerenciamento de projetos</li> </ul>

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.7.6 Gestão de Projetos

#### Escritório de Projetos

Conforme definição do PMBOK (2004), um escritório de projetos é uma unidade organizacional que centraliza e coordena o gerenciamento de projetos sob seu domínio, concentrando-se no planejamento, priorização e execução coordenada de projetos vinculados aos objetivos gerais da organização. Sua principal função é o apoio ao gerenciamento de projetos na forma de treinamento, desenvolvimento de políticas padronizadas e procedimentos, monitoramento de prazos, orçamentos e recursos humanos, geração de relatórios consolidados para tomada de decisões gerenciais, etc.

Este conceito foi introduzido na empresa em 2005 e possui atualmente uma pessoa com dedicação exclusiva à sua coordenação. O objetivo é a geração de informações gerenciais sobre cada projeto e sobre o conjunto de projetos e a manutenção de um sistema de gestão à vista, onde sejam disponibilizadas a todos os envolvidos ou interessados as principais informações sobre os projetos em andamento.

#### Indicadores de Desempenho

A empresa classifica seus indicadores de desempenho em duas categorias: 1) diretos, são aqueles analisados sob a ótica do cliente e impactam no seu nível de satisfação; 2) indiretos, são aqueles analisados sob a ótica da empresa e impactam na sua produtividade. Para medir o desempenho do PDP são utilizados três indicadores específicos:

- **Tempo:** porcentagem de projetos dentro do prazo planejado em relação ao total de projetos em andamento;
- **Custo:** porcentagem de projetos dentro do custo-alvo (de produto e de projeto) em relação ao total de projetos em andamento;
- **Qualidade:** porcentagem de alterações corretivas pós-lançamento em relação ao total de alterações de projeto planejadas (corretivas + preventivas + melhorias). As alterações preventivas e oportunidades de melhoria de desempenho têm peso positivo e as alterações corretivas (decorrentes de defeitos) tem peso negativo.

Os indicadores de tempo e custo são considerados indiretos e medidos durante o desenvolvimento, antes do produto chegar ao mercado. Já o indicador de qualidade é considerado direto e medido após o desenvolvimento, depois do produto chegar ao mercado.

Cada indicador recebe um peso e a meta é uma eficiência mínima de 80%, obtida a partir de uma média ponderada dos resultados de cada indicador, ressaltando que o resultado final é do conjunto de projetos em andamento não de cada projeto.

### **3.8 Apresentação dos Problemas**

Esta seção faz uma descrição das principais dificuldades e barreiras encontradas no decorrer do Programa PDP *Lean* e também dos problemas que ainda existem e que serão alvo das propostas de melhoria discutidas no próximo capítulo. Estas informações foram coletadas pelo pesquisador através da observação direta dos fatos e também por meio de discussões com os participantes do processo e durante as reuniões do comitê de engenharia.

#### **Dificuldades Organizacionais**

Na estruturação do Programa PDP *Lean*, umas das maiores dificuldades foi fazer com que este fosse encarado pelos envolvidos (principalmente os membros do Comitê de Engenharia) como uma prioridade e principalmente como um sistema “vivo”, isto é, que a melhoria contínua do PDP fosse incorporada à rotina do grupo. Neste aspecto o papel do assessor externo foi fundamental para criar disciplina entre os envolvidos, manter o foco nos objetivos estabelecidos e dar força e credibilidade às mudanças, além do fato de que muitas vezes a visão externa trazida pelo assessor ajudou a encontrar soluções que estavam invisíveis aos participantes membros da organização.

No início, as atividades operacionais do programa foram delegadas as gerentes de projetos, o que causou lentidão devido à carga de trabalho rotineiro destes no gerenciamento dos projetos de novos produtos. Esta tarefa foi então transferida a um dos colaboradores da engenharia, que passou a se dedicar ao programa em tempo parcial sem se desligar das suas atividades funcionais, também sem sucesso, pois mais uma vez

as atividades do programa foram relegadas ao segundo plano em função das outras atividades funcionais rotineiras deste colaborador. Concluiu-se então que o programa só avançaria de fato se houvesse pelo menos uma pessoa dedicada em tempo integral à sua coordenação. Isto foi feito em meados de 2005 e mais tarde esta pessoa passou a coordenar também o recém-criado escritório de projetos.

Outra dificuldade enfrentada no decorrer do programa foi a quebra de barreiras interdepartamentais para implementação de alguns projetos mais sistêmicos devido à falta de uma visão de processos. Como exemplo, pode-se citar um projeto envolvendo uma maior participação da engenharia de processos no desenvolvimento e qualificação de fornecedores e definição e melhoria dos processos de fabricação externos, tarefa que até então era de incumbência exclusiva das áreas de suprimentos e PCP. Mesmo estando claro que este projeto seria restrito à melhoria da integração entre engenharia de processos, PCP e suprimentos na gestão dos processos terceirizados e não interferiria nas negociações de compra, o mesmo não evoluiu a contento devido à existência de barreiras entre departamentos.

Finalmente, houve e ainda há dificuldades em fazer com que as novas práticas sejam incorporadas à rotina, transformando-se em hábitos. Isto exige atenção constante dos gestores em impedir a continuidade ou recorrência das práticas antigas, atuando como facilitadores para consolidação das mudanças.

### **Principais Problemas do PDP Atual**

Conforme discutido anteriormente, o Programa PDP *Lean* em curso já trouxe avanços importantes, como a sistematização da seleção e priorização de projetos, melhor utilização dos recursos e visualização dos principais desperdícios, melhoria na padronização das atividades, maior previsibilidade do processo, melhor organização do histórico dos projetos, melhoria na qualidade das informações gerenciais para tomada de decisões, gestão baseada em números, entre outros.

Não obstante, a situação atual ainda apresenta alguns problemas não combatidos que provocam entraves, gargalos e desperdícios, prejudicando o desempenho do processo. A seguir, faz-se um relato dos principais problemas existentes em cada fase do processo.

### **Problemas de Ordem Sistêmica**

1. Apesar dos esforços de reorganização buscando a implementação de uma estrutura matricial balanceada, o PDP da empresa ainda apresenta em muitos momentos o aspecto de uma estrutura funcional. Exemplo disso é o ainda pouco envolvimento e intervenção da engenharia de processos e de áreas externas à engenharia durante a elaboração do anteprojeto (conceito), fazendo com que inúmeros problemas “invisíveis” aos olhos da engenharia de produtos permaneçam sem solução até estágios mais avançados do projeto, causando retrabalho, comprometendo as metas de prazo e custo e dificultando a prática de engenharia simultânea;
2. Falta ainda uma maior formalização do processo, com a definição mais clara das responsabilidades de cada área funcional no PDP, cuja atual falta acaba por consumir um tempo muito grande dos GPs em atividades de coordenação e controle. Esta indefinição, associada à falta de mecanismos de integração consistentes reflete diretamente na dificuldade de integração interfuncional;
3. Não há um sistema que garanta que o conhecimento adquirido em um projeto (o que funciona e o que não funciona) seja devidamente documentado e facilmente recuperado para reutilização em projetos futuros, visando eliminar a recorrência e diminuir o número de problemas a serem resolvidos a cada projeto. As informações registradas são basicamente aquelas exigidas pelo sistema de gestão da qualidade (ISO 9001), e muitas vezes se desiste da procura pela dificuldade de localização;
4. Apesar de previsto no modelo de processo, ao término de um projeto não existe qualquer atividade de pós-desenvolvimento onde seja possível discutir, documentar e disseminar as lições aprendidas (o que deu e o que não deu certo). Há também uma falta de comunicação e integração entre os GPs, tornando difícil a padronização de melhores práticas de gestão de projetos;
5. As análises críticas realizadas normalmente ao término de cada fase são superficiais, não seguem um padrão de verificação bem definido e não conseguem identificar e eliminar a maioria dos problemas nas fases iniciais do projeto. Isto se deve em parte ao fato de que a maioria dos participantes

geralmente não ter tido contato com projeto desde os estágios iniciais e portanto não ter conhecimento de causa para identificar problemas e sugerir mudanças;

6. Embora haja uma ferramenta para definição do custo alvo do produto e estimativa do custo de desenvolvimento, o monitoramento no decorrer do projeto é difícil e impreciso. Em relação ao custo alvo do produto, só é possível obter um cálculo confiável na fase de homologação do produto, com a construção do protótipo, momento em que ações de redução de custo são dispendiosas e demandam muito retrabalho, comprometendo as metas de prazo e custo de desenvolvimento. Por sua vez, o custo de desenvolvimento é ainda mais difícil de ser mensurado, pois apesar do sistema de gestão de recursos permitir o apontamento da quantidade de horas de engenharia, não há informações sobre as horas trabalhadas pelas demais áreas. Assim, apesar do indicador de desempenho em custos contemplar o produto e o projeto, apenas o primeiro é monitorado, ainda que de forma imprecisa e não preventiva;

### **Planejamento Estratégico de Produtos**

7. Apesar das técnicas de gestão de portfólio, normalmente o número de projetos ativos é maior que a capacidade de engenharia, o que causa escassez de recursos. Devido ao número excessivo de projetos, frequentemente é alocado apenas 01 projetista por projeto, ocasionando parada total sempre que houver qualquer problema com esta pessoa. Isto resulta em uma taxa de conclusão de projetos muito baixa, com muitos projetos iniciados e não concluídos;
8. Apesar da linha de produtos estar segmentada em famílias, a empresa praticamente não faz uso de projetos do tipo plataforma, o que dificulta o compartilhamento de componentes e subsistemas entre projetos e resulta em um número grande de novos componentes (muitas vezes com grande similaridade ou em alguns casos até duplicidade) a cada projeto, exigindo maior esforço de administração e controle e impedindo a redução de custos via aumento de escala;

### **Conceituação do Produto**

9. A fase de anteprojeto segue basicamente o sistema de engenharia ponto-a-ponto discutido no capítulo 2, pelo qual busca-se escolher rapidamente um conceito e refiná-lo até que o mesmo atenda aos requisitos do projeto ou se mostre inviável. Na prática percebe-se uma ansiedade dos projetistas em definir o quanto antes o conceito a ser desenvolvido, com a falsa impressão de que isto diminui a turbulência no processo criativo, sendo muito comum a frase “temos que definir logo o conceito para podermos avançar”. Ao contrário, esta falta de uma maior exploração e solução de problemas na fase de criação reflete em um grande número de mudanças de engenharia nas fases de implementação, alongando o tempo de desenvolvimento e inibindo o trabalho simultâneo;
10. No planejamento do projeto, principalmente na formulação do escopo, é comum serem declaradas algumas especificações finais que acabam por se mostrar inviáveis no decorrer do projeto, obrigando a geração de documentos para justificar as alterações. O planejamento também é falho na avaliação de riscos e na definição clara de momentos de integração e critérios de avaliação para transição de fases. Além disso, tende-se a detalhar muito o cronograma de execução (chegando ao nível de atividades) com a falsa impressão controle, mas na prática isto apenas dificulta o acompanhamento;
11. O planejamento do projeto é feito em grande parte pelo GP, com pouca participação dos gerentes funcionais das áreas de engenharia e nenhuma participação dos gerentes funcionais das demais áreas. Além disso, o plano final não é divulgado de forma abrangente, não havendo portanto um comprometimento geral em relação às metas. Como o GP não tem autoridade formal sobre as pessoas e precisa de apoio para a execução do projeto, esta falta de comprometimento acaba por demandar um grande esforço de controle que resulta em desperdício de tempo, desgaste de relacionamento e dificuldade para atingir os resultados esperados;
12. Durante o estudo do conceito, os projetistas não contam com qualquer tipo de guia que os oriente quanto às restrições de fabricação e melhores práticas de projeto para diferentes tipos de componentes, ou que os auxilie na definição do melhor material ou processo de fabricação para cada situação. É comum a

solicitação de alterações de projeto pela engenharia de processos na fase de construção de protótipo ou até mesmo quando o produto já está em produção, devido à dificuldade ou impossibilidade de fabricar o componente tal qual ele foi projetado;

13. Além da inexistência de guias de melhores práticas ou restrições de fabricação, a participação de engenharia de processos durante a definição do conceito é pequena e restrita apenas à eliminação de dúvidas pontuais. Não há uma análise efetiva de manufaturabilidade ou qualquer tipo de filtro que impeça o nascimento de componentes difíceis de serem fabricados;
14. Não há uma forma sistemática para análise do tipo *make-or-buy* que permita determinar com precisão e antecedência quais componentes ou subsistemas serão de prateleira (padrão de mercado) e principalmente, quais serão fabricados internamente e quais serão adquiridos de fornecedores. Sem isto, torna-se difícil integrar os fornecedores no PDP, pois, salvo para alguns poucos tipos de componentes ou subsistemas específicos, não é possível determiná-los com antecedência;
15. Também não há uma forma de garantir a máxima reutilização de componentes já existentes, ficando esta análise normalmente restrita ao bom senso e à memória do projetista. Este problema pode ser decorrente tanto da falta de projetos do tipo plataforma (discutido anteriormente) quanto de um sistema de informação eficiente que permita categorizar os componentes por função ou aplicação, ou ainda pelo não envolvimento de pessoas que possam contribuir para uma análise de reutilização mais abrangente;

### **Projeto do Produto e do Processo**

16. Não existe um guia de engenharia que permita aos projetistas e desenhistas trabalharem de forma padronizada e terem fácil acesso às normas internas ou externas aplicáveis para cada tipo de componente. É comum a elaboração de desenhos detalhados de componentes similares de formas distintas, ou mesmo a falta de informações;

17. Devido ao número excessivo de projetos simultâneos e a conseqüente escassez de recursos, é muito comum o próprio projetista elaborar os desenhos detalhados, prática que se traduz em grande desperdício da capacidade criativa do projetista (além de se tratar de um recurso mais caro) em trabalhos braçais que se devidamente padronizados poderiam ser executados por desenhistas;
18. Embora seja prevista a elaboração dos projetos de ferramentais durante a fase de projeto do produto e do processo, isto normalmente não é feito, seja devido à falta de recursos (projetistas de ferramentais) na engenharia de processos e também pelo fato de ainda ocorrerem muitas alterações de projeto nesta fase, o que acaba por inibir o desenvolvimento simultâneo do processo de fabricação.

### **Homologação do Produto**

19. Uma das etapas que mais comprometem as metas e onde ocorrem os maiores desperdícios (principalmente de tempo) é a construção do protótipo. A responsabilidade pela fabricação ou compra dos componentes e sua entrega no local determinado é das áreas de PCP e suprimentos, respectivamente. Entretanto, é comum o atraso na chegada dos componentes, extravios, componentes fabricados fora das especificações, etc. Esta etapa consome muito tempo em atividades de controle (procura por componentes extraviados, cobrança pelo cumprimento de prazos, etc.), ficando claro o não comprometimento de diversas áreas em relação às metas do projeto;
20. Falta uma participação mais ativa da engenharia de processos na construção do protótipo afim de que os problemas de fabricação e montagem possam ser identificados e eliminados já nesta fase;
21. A empresa praticamente não realiza testes com subsistemas, ou seja, normalmente espera-se pela construção de um protótipo completo para a realização dos testes. Esta prática aumenta os custos e o tempo de desenvolvimento, além de dificultar uma análise mais profunda de cada aspecto funcional do projeto de forma isolada;
22. A pressão pela redução do ciclo de desenvolvimento, seja pela necessidade de antecipação do lançamento, atrasos em fases anteriores ou pelo início tardio do projeto, tem comprometido e limitado muito o tempo disponível para testes de

campo, o que resulta em muitas alterações de projeto pós-lançamento, altos riscos de *recall*, obsolescência de ferramentais, dificuldade de rastreabilidade, entre outros;

### **Homologação do Processo**

23. A engenharia de processos praticamente não influencia na determinação das especificações, interferindo apenas de forma corretiva quando algum componente projetado não tem como ser fabricado, mas não de forma preventiva, impedindo o nascimento destes componentes e garantindo que os projetistas concebam produtos fáceis de serem fabricados e montados, principalmente considerando-se o fato de que a empresa adota a filosofia de produção enxuta na manufatura;
24. O não envolvimento da engenharia de processos desde os estágios iniciais e durante todo o ciclo de desenvolvimento torna extremamente difícil e demorada a transição do projeto da engenharia para a fábrica, e conseqüente demora para que a produção absorva o novo produto. É comum os projetistas de produto afirmarem que não conseguem “ficar livres” do projeto teoricamente encerrado para se dedicarem ao próximo, pois tem que acompanhar a produção;
25. Os ferramentais são em sua maioria construídos de forma empírica e artesanal pela área de ferramentaria (apenas alguns são previamente projetados), alongando excessivamente o tempo de desenvolvimento do processo de fabricação e dificultando o envolvimento dos fornecedores. É comum as primeiras unidades do produto serem fabricadas sem parte dos ferramentais, atrasando as entregas e sobrecarregando a própria ferramentaria, que normalmente acaba sendo incumbida da montagem dos componentes para os quais ainda não existe ferramental;
26. A empresa constrói internamente até mesmo os ferramentais de componentes que serão fornecidos por terceiros, correndo o risco destes ferramentais não serem ideais e os mais produtivos para o processo de fabricação adotado pelos fornecedores.

O quadro 3.3 apresenta uma síntese dos principais problemas sistêmicos e em cada fase do PDP atual.

**QUADRO 3.3 – Principais problemas do PDP atual.**

Fases do PDP	Principais Problemas
<b>Sistema</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Falta de consolidação da estrutura matricial</li> <li>2. Falta de formalização do processo, com a definição clara das responsabilidades e mecanismos de integração</li> <li>3. Não há uma sistemática para capturar, armazenar e disponibilizar o conhecimento</li> <li>4. Falta de eventos pós-desenvolvimento para discussão e registro das lições aprendidas e padronização das melhores práticas</li> <li>5. As análises críticas são superficiais e não impedem que problemas passem às fases seguintes</li> <li>6. Dificuldade de mensuração do custo do produto e do projeto</li> </ol>
<b>Planejamento Estratégico de Produtos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>7. Excesso de projetos ativos, causando escassez de recursos e prejudicando a taxa de conclusão</li> <li>8. Pouco uso de projetos plataforma, dificultando a padronização e o compartilhamento de sistemas e componentes</li> </ol>
<b>Conceituação do Produto</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>9. Iteração com uma única alternativa, congelamento precoce do conceito e falha na solução de problemas, resultando em muitas mudanças nas fases a jusante</li> <li>10. Declaração de especificações no escopo, falta de análise de riscos, falta de definição de momentos de integração e detalhamento excessivo do cronograma</li> <li>11. O planejamento não é multifuncional, além de pouco divulgado, resultando em falta de comprometimento das áreas funcionais e aumento do esforço de controle</li> <li>12. Inexistência de guias de melhores práticas e restrições de projeto</li> <li>13. Participação restrita da engenharia de processos na definição do conceito, não impedindo a criação de componentes de difícil fabricação</li> <li>14. Não há uma análise <i>make-or-buy</i> no início do projeto, dificultando a participação dos fornecedores no PDP</li> <li>15. A análise de padronização e compartilhamento de componentes não é sistemática, restrita apenas ao bom senso e à memória dos projetistas</li> </ol>

<p align="center"><b>Projeto do Produto e do Processo</b></p>	<p>16. Inexistência de guias de engenharia para padronização do trabalho</p> <p>17. Desperdício de tempo e capacidade criativa dos projetistas na geração de desenhos detalhados</p> <p>18. O projeto de ferramental não é feito devido à falta de projetistas e ao grande número de alterações de projeto em curso</p>
<p align="center"><b>Homologação do Produto</b></p>	<p>19. Grande desperdício de tempo na construção de protótipos devido à extravios e demora na chegada de componentes</p> <p>20. Falta de participação da engenharia de processos na construção de protótipos para identificação de problemas de fabricação e montagem</p> <p>21. Emprego escasso de testes parciais com subsistemas</p> <p>22. Atropelamento dos testes para compensar atrasos em fases anteriores ou início tardio do projeto</p>
<p align="center"><b>Homologação do Processo</b></p>	<p>23. Falta de intervenção da engenharia de processos não impede a criação de componentes de difícil fabricação</p> <p>24. Falta de simultaneidade no processo dificulta e retarda o início da produção</p> <p>25. Construção empírica dos ferramentais dificulta o envolvimento de fornecedores, sobrecarrega a ferramentaria e atrasa a entrega das primeiras unidades</p> <p>26. Construção interna de ferramentais a serem utilizados por fornecedores</p>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Este capítulo apresentou o desenvolvimento da pesquisa, passando pela descrição do método de pesquisa utilizado, a forma de organização do trabalho, a contextualização do objeto de estudo, o retrospecto e o relato da situação atual e a apresentação dos seus principais problemas. O próximo capítulo apresenta um conjunto de propostas para melhoria do PDP da empresa estudada, baseadas nas práticas do PDP da Toyota e orientadas para solução dos problemas identificados.

## 4 PROPOSTA DE AÇÕES PARA MELHORIA DO PDP

Este capítulo compreende o objetivo principal do presente trabalho de pesquisa, que é a proposta de um conjunto de ações para melhoria do objeto de estudo, tendo como base o arcabouço teórico desenvolvido no capítulo 2 e o relato da situação atual apresentado no capítulo 3.

Tais ações baseiam-se também na experiência do pesquisador como participante do processo e membro do comitê de gestão do Programa PDP *Lean*, além de inúmeras discussões com os demais membros do referido comitê e outros envolvidos.

O que se pretende é “puxar” as principais práticas adotadas pela Toyota e adaptar seus princípios para a realidade da empresa estuda, com vistas à solução ou minimização dos problemas existentes e, principalmente, ao estabelecimento de uma cultura de excelência e melhoria contínua no desenvolvimento de novos produtos.

### 4.1 Estruturação Para a Mudança

KENNEDY (2003) apresenta dois métodos para implementação de mudanças:

1. **Método persuasivo:** um especialista (ou um time de especialistas) define as mudanças e tenta persuadir o resto da organização a aceitá-las e segui-las;
2. **Método participativo:** o líder estabelece as metas e desafia o time a definir e executar as mudanças por meio de um processo de discussão, convergência e tomada de decisões coletivas.

A diferença fundamental é que no método participativo os líderes não dão ordens, mas participam do processo de aprendizagem e tomada de decisões, os especialistas não definem as mudanças, mas provisionam conhecimento, e as pessoas que compõem a força de trabalho não são apenas o alvo da mudança, mas participantes no aprendizado e na tomada de decisões (KENNEDY, 2003).

Conforme discutido no capítulo 3, a forma de organização adotada pela empresa estudada para a implementação de mudanças no PDP foi a criação de um Comitê de Engenharia composto pelos principais representantes do processo e sempre que necessário assessorado por um consultor externo cuja principal função é prover

conhecimento, contribuir com uma visão imparcial e ajudar o time a manter o foco no plano de ação estabelecido. Tal forma de atuação se assemelha ao método participativo apresentado por KENNEDY (2003), onde as propostas de mudança são discutidas e formatadas pelo comitê e posteriormente apresentadas aos demais envolvidos para serem consensadas e implementadas.

Dado que tal método é bem aceito e tem sido praticado de forma rotineira pela empresa, sugere-se que o mesmo seja utilizado também na análise e implantação futura das propostas contidas neste capítulo. Entretanto, para evitar a recorrência das dificuldades encontradas no decorrer da primeira fase do Programa PDP *Lean* (descritas no tópico 3.8), sugere-se duas mudanças na forma de condução:

- Que além de um patrocinador da alta administração, o programa tenha também um facilitador, isto é, uma pessoa cuja função seja o acompanhamento dos projetos de melhoria e a transformação das novas práticas em rotina. Entende-se que tal cuidado é necessário para que a importância das mudanças não se esvaia ao longo do tempo. A princípio, pode-se determinar que esta pessoa seja o atual coordenador do escritório de projetos;
- Que o comitê passe a ter um caráter mais sistêmico, contando sempre que necessário com a participação de pelo menos um representante dos processos de comercialização, produção e pós-venda no planejamento e execução dos projetos de melhoria, como forma de ampliar a integração da engenharia com as demais áreas.

## **4.2 Apresentação e Discussão das Propostas**

Nesta seção são apresentadas e discutidas as propostas de melhoria para o PDP da empresa estudada, concebidas com base no relato da situação atual e na análise práticas empregadas pela Toyota, com vistas à sua adaptação à realidade da empresa e com foco na solução dos problemas atuais. A ordem de apresentação das propostas não é cronológica ou seqüencial, mas apenas uma linha de raciocínio que tenta evidenciar a interdependência entre elas.

Trata-se de um conjunto de quinze propostas relacionadas à organização, gestão e melhoria do PDP. Para melhor entendimento, elas foram agrupadas em três

categorias como mostra o quadro 4.1, que também traz uma síntese sobre o conteúdo de cada uma delas e a correlação com os problemas apresentados na seção 3.8.

A categoria Aspectos Organizacionais trata das propostas que requerem algum tipo de alteração na forma de organização das atividades de desenvolvimento e cujo principal intuito é conferir maior formalização e previsibilidade ao processo.

A categoria Melhoria de Desempenho compreende práticas específicas com esta finalidade. Cada prática pode isoladamente proporcionar melhorias pontuais, mas entende-se que o seu conjunto é que facilitará a integração e promoverá a melhoria global do desempenho.

Finalmente, a categoria Abordagens Integradoras compreende as práticas de caráter multifuncional, que são dependentes das demais propostas e vão exigir esforços significativos de coordenação e liderança. A dependência mencionada não é de precedência, mas relativa à conscientização e convencimento acerca da sua necessidade.

Evidentemente não se pretende oferecer uma receita para a solução de todos os problemas, mas sim um norte cuja validade deve ser constantemente analisada e ajustada pelos participantes do processo.

**QUADRO 4.1 – Síntese das propostas agrupadas por categoria.**

<b>Grupo</b>	<b>Tópico</b>	<b>Proposta</b>	<b>Síntese</b>	<b>Problemas Alvo</b>
<b>Aspectos Organizacionais</b>	4.2.1	Formalizar o PDP e Consolidar a Estrutura Matricial	Formalização do modelo de processo e das revisões de fases para melhor integração. Tomada de decisões compartilhadas entre GP e GFs.	1, 2
	4.2.6	Separar os Estágios de Criação e Execução	Disponibilizar mais tempo para a concepção do projeto e fazer com que a execução seja rápida e simultânea.	9, 16, 17
	4.2.12	Expandir o Conceito de Engenharia na Fonte ( <i>Genchi Genbutsu</i> )	Incentivar a realização de atividades práticas. Desenvolver a competência de relatar os fatos de forma clara e objetiva.	9

	4.2.13	Ampliar a Participação de Fornecedores no PDP	Homologar fornecedores de acordo com a capacidade de produção e desenvolvimento. Estabelecer momentos para realização de análise <i>make-or-buy</i> .	14, 25, 26
<b>Melhoria de Desempenho</b>	4.2.2	Aumentar a Taxa de Conclusão de Projetos	Reduzir o número de projetos simultâneos e maximizar o número de recursos por projeto.	7, 17
	4.2.3	Estruturar as Atividades de Planejamento e Controle de Projeto	Planejar as metas agregadas e os eventos de integração de forma multifuncional, baseados na data de lançamento.	6, 10, 11
	4.2.4	Ampliar a Reutilização de Projetos	Utilizar projetos plataforma. Melhorar os critérios de busca e análise para reutilização de projetos e criar metas para reduzir a criação de componentes novos.	8, 15
	4.2.9	Empregar uma Visão de Projeto para Manufatura	Considerar os aspectos de manufaturabilidade durante o desenvolvimento e conceber produtos adequados ao sistema de produção enxuta.	12, 13, 17, 18, 23, 24
	4.2.11	Padronizar Produtos, Processos e Competências	Padronizar para aumentar escala e reduzir riscos, aumentar a previsibilidade dos processos e melhorar a qualidade e a velocidade da solução de problemas.	12, 15, 16
	4.2.14	Melhorar o Processo de Testes	Ampliar o emprego de testes parciais de ferramentas CAE para diminuição de incertezas. Estruturar uma área experimental auto-sustentável.	21, 22

<b>Abordagens Integradoras</b>	4.2.5	Implantar a Sala de Comando	Criar um “quartel general” onde os GPs possam se reunir com a equipe para planejar e acompanhar o projeto. Implantar sistema de gestão visual.	11
	4.2.7	Adotar a Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos (ESBC)	Conceber pelo menos duas alternativas de solução para os principais subsistemas, de forma multifuncional e antecipando a solução de problemas.	5, 9, 23
	4.2.8	Reforçar o Papel da Engenharia de Processo	Estruturar, capacitar e dar maior poder de intervenção à engenharia de processo, vetando projetos caros e de difícil produção e montagem.	13, 17, 18, 20, 23, 24
	4.2.10	Melhorar a Integração Intra e Interprojetos	Estabelecer mecanismos de integração entre os grupos funcionais e entre os segmentos (famílias) de produtos.	5, 18, 19
	4.2.15	Enfatizar a Gestão do Conhecimento	Sistematizar a criação, disseminação e reutilização do conhecimento explícito e tácito. Estabelecer momentos de aprendizagem antes, durante e após o projeto.	3, 4, 15

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### **4.2.1 Formalizar o PDP e Consolidar a Estrutura Matricial**

Antes de avançar nas propostas propriamente ditas, vale lembrar, conforme já discutido no capítulo 3, que a base para as mudanças em curso foi estabelecida no ano de 2004, quando a empresa adotou a estratégia de diversificação da sua linha de produtos e dividiu a linha existente em famílias (ou segmentos) de

produtos, cada qual tendo à sua frente um gerente de projeto (GP) responsável pelo desenvolvimento de novos produtos e manutenção dos existentes (ver seção 3.6.2).

Esta mudança na estrutura organizacional foi baseada na organização em centros de desenvolvimento empregada pela Toyota, discutida na seção 2.2.6, onde os produtos de cada segmento foram agrupados por similaridade de aplicação e construção, e cujo intuito é que cada segmento funcione de forma análoga a um centro de desenvolvimento, havendo ainda o papel de padronização de componentes, sistemas e processos atribuído à engenharia de produtos e engenharia de processos, conforme ilustrado pela figura 3.4.

A partir desta segmentação, buscou-se reorganizar o PDP em torno de uma estrutura matricial balanceada, onde a tomada de decisões fosse compartilhada entre os GPs e os GFs, tendo sido estabelecido ainda um comitê de engenharia para a priorização de projetos, solução de conflitos e apoio à tomada de decisões estratégicas.

No entanto, na prática ainda se nota que, a menos que o GP puxe as demais áreas funcionais para o projeto, o processo tende a acontecer de maneira funcional e pouco integrada, evidenciando que a estrutura matricial não está totalmente consolidada e que o comprometimento para com o projeto ainda é mais do GP, o que dificulta o alinhamento das ações para o cumprimento das metas e exige um grande esforço em atividades de coordenação e controle.

Para resolver este problema, julga-se fundamental a formalização do processo de desenvolvimento de produto, padronizando as fases, principais entregas de cada fase e as responsabilidades de cada área funcional no atendimento destas entregas. O fluxograma descrito no capítulo 3 (figura 3.5) já descreve o PDP atual com boa fidelidade, devendo ser melhorado com a inclusão das responsabilidades de cada área e a definição de mecanismos e momentos de integração (*gates*), sendo finalmente divulgado e entendido por toda a empresa. O fluxograma deve descrever o PDP de forma geral, cabendo ao GP identificar, de acordo com a natureza e a complexidade de cada projeto, se todas as entregas deverão ser cumpridas e em que nível.

Esta formalização deve reforçar o papel das áreas funcionais (principalmente aquelas externas à engenharia) no processo e espera-se que, conhecidas as metas e as responsabilidades, estas passem a atuar de maneira mais orgânica e efetiva.

Entende-se que a formalização do modelo de processo para o PDP é essencial para orientação das equipes de desenvolvimento em relação aos resultados esperados em cada fase do projeto, estabelecimento dos principais pontos de análise crítica e momentos de integração. Como proposto por KENNEDY (2003) e KAMATH & LIKER (1994) na seção 2.2.5.1, o modelo deve ser de alto nível (prever apenas os pacotes de trabalho e não atividades), explicitando as responsabilidades de cada área funcional e mantendo a flexibilidade necessária para permitir que a estratégia de execução seja adaptada de acordo com a necessidade de cada projeto.

A dificuldade reside em fazer com que este modelo de processo seja entendido e praticado de forma integrada por todas as áreas, principalmente no que tange à interdependência das decisões, ou seja, como as decisões tomadas por uma área afetam as demais, mas tal dificuldade pode ser amenizada pelo planejamento multifuncional proposto no tópico 4.2.3, pelo emprego da Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos discutida na seção 2.2.5.3 e tópico 4.2.7, mais especificamente quanto ao emprego da técnica denominada *nemawashi*, que consiste na tomada de decisões por consenso, com completo entendimento do problema e considerando o ponto de vista de todos os envolvidos.

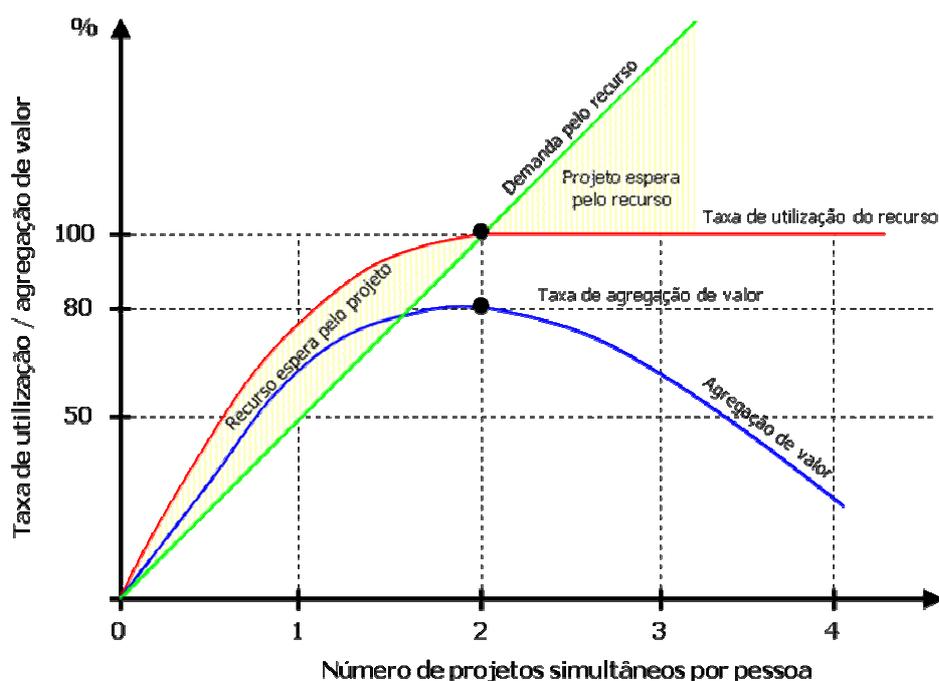
O arranjo matricial buscado pela empresa torna fundamental o papel do gerente de projeto – cuja atuação deve ser análoga a do engenheiro chefe apresentada com base em LIKER (2005) na seção 2.2.5.2 – o qual deve desenvolver, além da competência técnica, a competência gerencial e uma visão sistêmica que o permitam atuar como o principal facilitador e catalisador da integração interfuncional. Para tanto o mesmo deve possuir uma boa capacidade de comunicação, persuasão, negociação e influência, além de trânsito em todos os níveis e áreas funcionais, visto que não possui autoridade formal sobre os integrantes da equipe, dependendo portanto destas competências para conseguir o apoio e recursos da alta administração, dos gerentes funcionais e dos especialistas.

#### **4.2.2 Aumentar a Taxa de Conclusão de Projetos**

Apesar dos esforços recentes para melhoria do processo de análise e seleção de projetos, a empresa ainda tem conduzido muitos projetos simultaneamente, o que prejudica a conclusão e a liberação dos recursos. Em consequência do excesso de

projetos ativos, normalmente há apenas 1 recurso de engenharia de produtos (projetista ou desenhista) alocada a cada projeto, causando escassez e aumentando o risco de paradas totais caso esta pessoa tenha algum contratempo, sem contar a dificuldade de planejamento de férias, viagens, sobrecarga, etc. Há ainda com certa frequência solicitações para entrada de projetos não planejados, dificultando a manutenção de um período de congelamento mínimo para o portfólio de projetos aprovados, prejudicando o cumprimento de prazos para os projetos planejados e priorizados.

A figura 4.1, adaptada de CLARK & WHEELWRIGHT (1993), sugere como ponto de partida que, considerando a demanda linear de 1 recurso (pessoa) por projeto, o ideal é haver 2 projetos ativos por pessoa (um deles prioritário), situação em que teoricamente se obtém a máxima taxa de utilização do recurso (100%) e a máxima taxa de agregação de valor (em torno de 80%). Com apenas 1 projeto por pessoa pode haver ociosidade (recurso espera pelo projeto, representado pela área acima da curva de demanda até a curva de utilização do recurso) ou sobrecarga e perda de foco (projeto espera pelo recurso, representado pela área abaixo da curva de demanda até a curva de utilização do recurso) no caso de mais de 2 projetos simultâneos por pessoa.



Fonte: Adaptado de CLARK & WHEELWRIGHT (1993).

**FIGURA 4.1 – Taxa de utilização versus número de projetos simultâneos.**

Com base nesta indicação, a presente proposta objetiva buscar a maximização da taxa de conclusão de projetos com a limitação do número de projetos simultâneos por recurso para no máximo dois, adequação da lista de projetos ativos aos recursos existentes e a concentração do maior número de recursos possível por projeto para acelerar sua conclusão e a liberação dos recursos para iniciarem outro projeto.

Como exemplo, supondo que a engenharia conte com 12 recursos (entre projetistas e desenhistas) e que sejam iniciados 6 projetos simultâneos com *time to market* médio de 12 meses cada, a taxa de conclusão teórica será de 6 projetos a cada 12 meses. Por outro lado, se o número de projetos prioridade 1 for reduzido de 6 para 3 e dobrado o número de recursos por projeto, o *time to market* será teoricamente reduzido para 6 meses e a taxa de conclusão passará a ser de 3 projetos a cada 6 meses. Os outros 3 projetos podem ser planejados como prioridade 2, sendo trabalhados sempre que os projetos prioridade 1 sofrerem alguma interrupção, passando automaticamente ao status de prioridade 1 na medida em que os projetos que ocupam esta posição forem concluídos.

Com isso, os lançamentos passam a acontecer em intervalos de tempo menores, e como o produto produzido pela empresa é sazonal (com período de utilização bem definido), isto pode facilitar o lançamento de novos produtos no momento certo para poderem ser comercializados, maximizando a geração de valor do portfólio do ponto de vista global.

Como alternativa à escassez de recursos internos deve-se considerar também a realização de projetos em parceria com terceiros, modalidade denominada por WHEELWRIGHT & CLARK (1992) como projetos de alianças e parcerias, assim como a participação dos fornecedores no desenvolvimento de partes do projeto, como praticado pela Toyota e discutido na seção 2.2.7.4 com base em KAMATH & LIKER (1994) e outros.

O aumento da taxa de conclusão depende fundamentalmente de um bom processo de análise e seleção de projetos aliado a uma definição clara da estratégia de produtos, pois a tendência é que o número de projetos simultâneos diminua de modo a se adequar à disponibilidade de recursos, principalmente se for considerada a idéia de aumentar o número de recursos por projeto para redução do tempo de desenvolvimento.

O sucesso desta iniciativa exigirá também disciplina para manter o foco nas prioridades definidas e barrar a entrada de projetos paralelos não previstos. Para isolar os projetos prioritários das possíveis turbulências e interrupções, deve-se cogitar a alocação de parte dos recursos para tratar exclusivamente das pequenas alterações em produtos existentes e das demandas imprevistas. O tamanho da equipe de engenharia atual, extremamente enxuta se considerado o portfólio de produtos e a demanda por novos produtos em todos os segmentos de negócios, representa a maior dificuldade para a implementação desta prática.

#### **4.2.3 Estruturar as Atividades de Planejamento e Controle de Projeto**

Internamente tem sido muito enfatizada a idéia de que quem desenvolve produtos não é a engenharia e sim a empresa, e que o PDP é um processo que possui atividades permeando praticamente todas as áreas funcionais e como tal exige o comprometimento e a integração interfuncional.

Contudo, para que todas as áreas funcionais se comprometam com as metas do projeto é preciso que, além de conhecê-las, seus representantes participem da sua definição e não que estas lhes sejam impostas, ou seja, planejamento e execução devem ser realizados pelas mesmas pessoas. Este conceito, associado à definição dos marcos (momentos de integração) e atribuição das responsabilidades pelos resultados, constitui a forma de planejamento e controle empregada pela Toyota, denominada por KENNEDY (2003) de sistema baseado em responsabilidade (em detrimento do sistema baseado no controle), discutida na seção 2.2.5.1. Assim, ao GP cabe negociar junto aos *stakeholders* (patrocinadores e demais interessados) a data de início do projeto, a data de lançamento e os recursos necessários para a sua realização, além do gerenciamento do projeto com foco na integração e cumprimento dos marcos ou metas intermediárias.

Os principais elementos desta proposta são o conceito de que a data de lançamento (ou de conclusão) é a principal informação para o planejamento e controle, que o projeto deve iniciar com metas e desdobrá-las até chegar às especificações e que a engenharia não detém todo o conhecimento necessário para o desenvolvimento de um novo produto. Isto significa que o planejamento e a definição da data de lançamento devem ser objeto de ampla discussão e consenso, o que exige a participação e o comprometimento de todas as áreas funcionais. A dificuldade está em vencer a

tendência de detalhar excessivamente o planejamento de tempo, restringindo-o apenas à determinação das metas agregadas de cada fase e ao estabelecimento de momentos de integração para checar a convergência global do projeto em relação aos requisitos de tempo, custo e qualidade. Entende-se que quanto maior for o nível de envolvimento e comprometimento das áreas funcionais na fase de planejamento, menor será o esforço de coordenação e controle necessário ao cumprimento das metas.

Como foi proposto anteriormente, é esperado que a formalização do PDP e a consolidação da estrutura matricial estabeleçam um padrão de fases e entregas de cada fase, explicitando e reforçando a responsabilidade de cada área funcional, estabelecendo uma visão comum das interdependências e abrindo caminho para que o planejamento e controle do projeto sejam feitos de forma mais participativa e integrada.

Com base no modelo de processo formalizado, sugere-se que o planejamento seja feito de trás para frente, ou seja, do fim para o começo de modo que prevaleça a data de lançamento e que os recursos sejam dimensionados para que todas as fases possam ser cumpridas sem atropelos. Isto pode ser feito por exemplo respondendo-se às questões a seguir, cujas respostas devem definir os principais marcos, metas intermediárias e pontos de análise crítica do projeto:

1. Qual a data de lançamento do produto? Esta resposta determina a data limite para conclusão dos testes, análise crítica dos testes, homologação do processo de fabricação e início da produção;
2. Para ser lançado nesta data, quando deverá ser testado? Esta resposta determina a data limite para a construção do protótipo de homologação e análise crítica do protótipo, reservando-se um período suficiente para realização dos testes e possíveis correções;
3. Para ser testado neste período, quando a construção do protótipo deve ser iniciada? Esta resposta determina a data limite para início da liberação dos desenhos detalhados para a produção e/ou compra dos componentes;
4. Para que a construção do protótipo seja iniciada nesta data, quando o anteprojeto deve ser aprovado? Esta resposta determina a data limite para aprovação do anteprojeto (especificações + estimativa de custo + mapa de retorno);
5. Para que o conceito seja aprovado nesta data, quando o projeto deve ser iniciado? Esta resposta determina, considerando os recursos disponíveis, quando

o projeto deve ser iniciado, respeitando-se o tempo necessário à maturação do conceito.

É fundamental que estas questões sejam respondidas com a participação de todos os grupos funcionais envolvidos. Se os recursos disponíveis forem insuficientes para o cumprimento das metas, cabe ao gerente do projeto renegociá-las junto à alta administração ou buscar mais recursos para o projeto. Vale lembrar, com base em CRAWFORD (1993), que não é conveniente acelerar demasiadamente a fase de criação (inclusive a pesquisa) afim de que a data de lançamento seja cumprida, sob o risco de tal atitude resultar em um projeto conceitualmente imaturo.

Uma vez elaborado, este planejamento de alto nível deve ser formalizado no Relatório de Entrada de Projeto (REP), que é o documento padrão utilizado para ativação e orientação do projeto. Além de planejamento temporal (data de lançamento e marcos principais), o REP deve ser o documento de declaração do conceito – de forma análoga ao PDP da Toyota, conforme discutido na seção 2.2.5.2 com base em MORGAN & LIKER (2006) e FORD & SOBEK (2005) – contendo número de registro do projeto, nome e função do produto, equipe responsável, escopo bem definido, configurações, importância para a empresa e para o mercado, custo alvo para o produto e para o projeto, normas de acompanhamento, requisitos de segurança, patenteabilidade, etc.

Recorrendo novamente ao PDP da Toyota, conforme discutido com base em KENNEDY (2003) e LIKER (2005) na seção 2.2.5.2, é importante frisar que o REP deve declarar apenas metas e requisitos básicos, pois as especificações finais devem ser resultado do projeto (por exemplo, ao invés de declarar como requisito um disco de corte oscilante e pivotante de 24", declarar a necessidade de um sistema de corte de palha eficiente e que permita acompanhar as irregularidades do terreno). Finalmente, o REP deve ser aprovado e divulgado a todas as áreas funcionais envolvidas, sendo o documento de referência durante a execução do projeto. É recomendável que esta divulgação contemple também um evento de iniciação do projeto, através de uma apresentação das metas e da importância do projeto para a empresa.

No que tange ao controle do projeto, é previsto que além do escopo, sejam controlados também o tempo e o custo (do produto e do projeto). O maior entrave tem sido o controle de custo, principalmente do projeto, que é uma informação essencial

para a determinação do ponto de equilíbrio e *payback* do investimento. Em relação ao custo do produto, recentemente foi determinado que antes da aprovação do conceito (evento que precede o detalhamento do projeto) seja feita uma estrutura de produto preliminar e o cálculo do custo, o qual deve ser comparado ao custo meta determinado no início do projeto, possibilitando que ações corretivas sejam tomadas. Já quanto ao custo do projeto, deve-se melhorar o sistema de apontamento de horas trabalhadas e fazer um acompanhamento mensal dos desembolsos. Este controle deve melhorar com a implantação do sistema integrado de gestão (ERP), já em andamento e que prevê a criação e o gerenciamento de centros de custo para cada segmento ou até mesmo para cada projeto.

#### **4.2.4 Ampliar a Reutilização de Projetos**

Conforme discutido na seção 2.2.6.2 com base em NOBEOKA (1995) e CUSUMANO & NOBEOKA (1998), um dos principais objetivos do PDP da Toyota, que norteou a mudança na estrutura organizacional e a implantação dos centros de desenvolvimento no início da década de 1990, é a economia de escala e escopo proporcionadas com o máximo compartilhamento de tecnologias, subsistemas e componentes (e conseqüentemente de conhecimento) entre projetos.

Segundo relatos encontrados na literatura, a Toyota consegue índices de reaproveitamento de até 60% (o conceito é mudar o que é visível para o cliente e reaproveitar todo o resto), o que diminui drasticamente o tempo, os riscos e os custos de desenvolvimento. Entretanto, isto só é possível com um bom processo de planejamento e gestão de plataformas.

Um exemplo interessante do poder dos projetos de plataforma é apresentado por KENNEDY (2003), onde supondo que uma fábrica de bicicletas possua 3 alternativas funcionais para os 5 subsistemas principais (quadro, transmissão, freios, rodas e suspensão), e que estes sejam livremente intercambiáveis, pode-se criar 243 ( $3^5$ ) produtos finais diferentes a partir da combinação entre eles.

Na seção 3.6.2 foi relatado que na empresa estudada o primeiro passo para a gestão de plataformas foi dado em 2004, com a segmentação da engenharia em famílias de produtos, inspirada justamente na organização em centros de desenvolvimento da Toyota, tendo como principal critério para agrupamento dos

produtos a similaridade de construção e aplicação. No entanto, o processo de planejamento e gestão de plataformas não avançou até meados de 2006, quando foi criada a categoria de produto plataforma e alterados os nomes da categoria inovador para novo (produto que nasce sem a previsão de produtos derivados) e incremental para derivado (originado a partir de um produto plataforma).

Esta redefinição de categorias pode ser considerada um marco para que a empresa passe de fato a empregar e priorizar o desenvolvimento de produtos ou subsistemas do tipo plataforma. É preciso ter claro o potencial de redução de incertezas, tempo e custo (de desenvolvimento e do próprio produto) possibilitados pela reutilização do conhecimento existente, além do impacto desta padronização na produção através da economia de escala. Para que a gestão de plataformas passe a existir de fato, propõem-se as seguintes ações:

- As possíveis configurações de um novo produto devem começar a ser pensadas desde a fase de pesquisa e refinadas durante o planejamento. É preciso analisar e definir corretamente qual parte do produto será denominada de plataforma (lembrando que plataforma é a parte comum que poderá ser reutilizada nos produtos derivados). Por exemplo, no caso da empresa estudada, que fabrica implementos agrícolas, a plataforma para uma nova linha de semeadoras serão as unidades de corte, adubação e semeadura (e provavelmente rodagem), e não o chassi e depósitos de fertilizante, como se costuma definir.
- Antes de se desenvolver um componente ou subsistema novo, deve-se fazer uma busca e análise rigorosa de componentes ou subsistemas existentes (cujas descrições devem ser padronizadas) que possam ser utilizados total ou parcialmente no atendimento do requisito de projeto em questão. Esta busca deve ser ampla e não restrita apenas ao banco de dados (PDM), mas estendida também às pessoas envolvidas no projeto e aquelas com maior tempo de experiência e conhecimento de tais componentes e subsistemas existentes. Talvez seja interessante até mesmo formalizar esta prática, estabelecendo metas de reaproveitamento para cada novo produto (ex: estabelecer no planejamento do projeto a porcentagem máxima de componentes novos, variando de acordo com o grau de diferenciação do produto).
- A empresa deve também elaborar um projeto de padronização entre os produtos já existentes, focado no compartilhamento de subsistemas e eliminação de produtos

sobrepostos (concorrentes) com o objetivo de proporcionar um ganho de escala, redução de custos e flexibilidade de produção, buscando também a redução do número de plataformas ativas. É importante que ao se definir pelo desenvolvimento de um novo produto em uma família existente, seja feito também um estudo para identificar qual produto será extinto, não devendo-se evitar a existência de mais de 3 plataformas ativas para cada família.

O grande desafio por trás desta proposta está em obter o maior índice de reutilização possível sem comprometer a unicidade de cada produto e sem criar produtos que venham a competir entre si, reforçando a necessidade de um bom planejamento. Esta dificuldade aumenta quando se considera que esta padronização deve acontecer entre produtos da mesma família (mesmo segmento) e entre produtos de segmentos diferentes, evidenciando também a necessidade de bons mecanismos de integração intra e interprojetos.

#### **4.2.5 Implantar a Sala de Comando**

Na visão do autor deste trabalho, o sistema *obeya*, ou sala de comando, apresentado no tópico 2.2.5.1 nada mais é do que um escritório de projetos com algumas funções adicionais àquelas previstas pelo PMBOK (2004). Um dos motivos da criação deste sistema na Toyota foi, além de facilitar o planejamento e controle do programa, suprir a falta de conhecimento sistêmico do seu idealizador, Takeshi Uchiyama, engenheiro chefe do Prius e um dos líderes da reorganização do PDP da Toyota no início da década de 1990 (LIKER, 2005).

A empresa estudada já utiliza o conceito de escritório de projetos, o qual possui atualmente uma pessoa responsável por organizar e disponibilizar informações gerenciais, manter os padrões vigentes e apoiar os GPs e GFs na gestão dos projetos. Entretanto estas informações ficam atualmente disponíveis apenas de forma virtual, não havendo um local específico para que as mesmas sejam apresentadas visualmente e possam ser utilizadas por qualquer pessoa, esteja envolvida diretamente no projeto ou não.

A presente proposta visa aproximar o conceito utilizado pela empresa do conceito utilizado pela Toyota, onde além da gestão e disponibilização de informações gerenciais, o escritório de projetos passe a contar também com um espaço físico com

infra-estrutura adequada para se tornar uma espécie de “quartel general” onde o GP possa se reunir periodicamente com a equipe do projeto, com os GFs e demais especialistas funcionais para planejar e acompanhar o andamento do projeto, bem como onde as informações sobre todos os projetos em andamento e a situação de cada um deles estejam disponíveis de forma visual e acessível a qualquer pessoa.

Cada GF ou membro de um grupo funcional envolvido no projeto seria responsável por comunicar periodicamente o *status* dos projetos sob sua responsabilidade ao coordenador do escritório de projetos (sala de comando), o qual trataria as informações e as disponibilizaria visualmente na sala de comando. Entre estas informações poderiam estar as metas de prazo e custo para cada projeto, a fase atual de cada projeto, o planejamento semanal de cada grupo funcional, a sequência de atividades dos projetistas e desenhistas, o planejamento de férias e viagens, o calendário com os principais eventos anuais, informações estratégicas da empresa, etc.

Ao contrário do que ocorre na Toyota, dadas as diferenças proporcionais não há necessidade de que a sala de comando seja itinerante, podendo ocupar um local fixo situado em local estratégico e de livre acesso, o mais próximo possível dos principais grupos funcionais envolvidos nos projetos de desenvolvimento de produtos.

#### **4.2.6 Separar os Estágios de Criação e Execução**

Um dos princípios de gestão da Toyota é que a tomada de decisões seja feita por consenso, de forma bem planejada, com completo entendimento do problema a ser resolvido e considerando todas as alternativas e pontos de vista, e que a decisão tomada seja implementada de forma rápida e precisa (*nemawashi*). Esta prática é citada em diversos momentos na revisão da literatura, mais explicitamente nas seções 2.2.5.3.2 (LIKER, 2005) e 2.2.7.3 (WARD, 2003).

No PDP da Toyota, este princípio é materializado pelo processo de Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos de possíveis soluções (ESBC), discutida na seção 2.2.5.3 com base em SOBEK et al. (1999), que consiste em envolver os especialistas de diversos grupos funcionais em um processo de síntese, análise e experimentação de diversas alternativas de solução para determinados subsistemas do produto, eliminando gradualmente as alternativas mais pobres e retardando a escolha da

solução final até o momento em que o nível de maturidade seja adequado ou a não definição possa comprometer o prazo de lançamento.

Para que a ESBC se torne possível, é preciso haver mais tempo disponível e maior flexibilidade na fase criativa do projeto, e em contrapartida, um processo padronizado e disciplinado de execução que garanta a rápida implementação, de modo que o tempo total seja mantido ou até reduzido pela minimização de mudanças de engenharia nas fases a jusante. Segundo MORGAN (2002) e MORGAN & LIKER (2006), a Toyota faz isto dividindo o PDP em dois estágios distintos de criação e execução, tendo a aprovação do estilo (evento chamando de *clay freeze* pela indústria automobilística) como ponto de transição. Assim, a Toyota consegue não só uma maior qualidade de projeto, mas também uma maior previsibilidade por meio da solução antecipada do maior número possível de problemas (ver THOMKE & FUJIMOTO (2000), seção 2.2.5.3), essencial para a produtividade nas fases a jusante.

Neste contexto, e considerando que a estabilização e previsibilidade do PDP estão entre os principais objetivos buscados pela empresa desde o início do programa de reestruturação em 2004 propõe-se, de forma análoga à empregada pela Toyota, a divisão do processo em dois estágios, como segue:

- **Estágio 1: Criação:** inclui as fases de planejamento estratégico de produtos e a conceituação, encerrando com a aprovação do anteprojeto e do mapa de retorno.
- **Estágio 2: Execução:** inclui as fases de projeto do produto e do processo, homologação do produto e homologação do processo.

Assim como na Toyota, o objetivo é racionalizar o ciclo de desenvolvimento, com mais tempo dedicado à solução de problemas nas fases de criação, permitindo maior velocidade, controle e padronização nas fases de execução.

No estágio 1 o GP, o(s) projetista(s) responsável(eis) e os representantes das demais áreas funcionais atuam de forma integrada e colaborativa na concepção e projeto do sistema (anteprojeto), considerando aspectos como diferenciação, resistência, funcionalidade, manufaturabilidade, custo, padronização, etc., incluindo idas a campo para melhor entendimento das necessidades e análise de produtos concorrentes.

O ponto de transição entre os estágios 1 e 2 é a aprovação do conceito e da análise financeira do projeto em análise crítica envolvendo a equipe base do projeto,

representantes de todas as áreas funcionais e da alta administração (análise crítica 1, conforme figura 3.5).

Com esta separação, sugere-se a criação de duas divisões na engenharia de produtos: uma composta por projetistas, com menor rotatividade e maior especialização na família de produtos; outra composta pelos demais projetistas e desenhistas, trabalhando de forma flutuante entre todos os projetos e atuando principalmente no detalhamento e documentação do projeto de acordo com padrões previamente determinados, liberando os desenhos para a engenharia de processos e construção do protótipo na medida em que são concluídos. A adoção desta prática atualmente tem como obstáculo o tamanho extremamente reduzido da equipe de engenharia versus o número de projetos simultâneos e o portfólio de produtos existentes.

A disponibilização de mais tempo para a solução de problemas, discussão e experimentação das possíveis alternativas de projeto na fase de concepção exige uma mudança cultural, saindo da costumeira “pressa” em congelar o conceito para uma abordagem onde a solução final seja resultado de ampla discussão entre os grupos envolvidos, considerando todos os pontos de vista e explorando o máximo de alternativas possível, em benefício de uma fase de execução mais previsível, padronizada, simultânea e conseqüentemente mais rápida.

#### **4.2.7 Adotar a Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos (ESBC)**

Espera-se que com a separação entre as fases de criação e execução, a segunda seja acelerada e possibilite dispor de um tempo maior na concepção sem que a pressão do tempo empurre o projeto para a fase de detalhamento antes do conceito ter sido suficientemente discutido e amadurecido.

Isto posto, tem-se a base para introduzir na empresa o conceito de Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos de possíveis soluções, prática discutida na seção 2.2.5.3 e definida por KENNEDY (2003) como o coração do PDP da Toyota. Evidentemente, o que se propõe é a aplicação do conceito em menor escala do que o nível praticado pela Toyota, mas o suficiente para fazer com que as soluções propostas para os principais subsistemas sejam otimizadas e considerem os diversos pontos de vista e elementos envolvidos. O objetivo final é, além de buscar soluções de projeto

mais robustas do ponto de vista sistêmico, intensificar a identificação e solução de problemas a montante para reduzir variabilidade e minimizar o retrabalho nas fases a jusante, melhorando conseqüentemente a simultaneidade entre o projeto do produto e do processo.

Antes de avançar na proposta, julga-se importante rever a definição de engenharia simultânea. Entre as várias disponíveis na literatura, apresenta-se aqui uma definição alternativa elaborada pelo autor e que agrega a essência das definições clássicas: a engenharia simultânea é um processo de projeto multidisciplinar e integrado que consiste no envolvimento de todos os especialistas – engenheiros e não-engenheiros – e na consideração de todos os elementos do ciclo de vida do produto desde as fases iniciais do processo de desenvolvimento, visando a solução antecipada de problemas por meio da cooperação e do compartilhamento de informações e experiências, buscando consenso na toma de decisões e transmitindo confiança de modo que todos possam avançar paralelamente na execução do trabalho.

Como evidenciado no capítulo 2, a Toyota elevou a utilização do conceito de engenharia simultânea a um patamar superior, onde além de envolver os diversos especialistas e considerar todos os elementos do ciclo de vida desde o início do processo, ela o faz considerando também várias alternativas de solução para os principais subsistemas que compõem o produto, eliminando as mais fracas na medida em que o projeto avança até que reste apenas a solução final, geralmente otimizada.

Trata-se essencialmente de uma mudança de paradigma, saindo da tradicional tendência de congelar o conceito o quanto antes para evitar turbulência – conceito denominado de engenharia ponto-a-ponto por WARD et al. (1995b) e SOBEK et al. (1999) – para uma abordagem que consiste em adiar as definições e explorar várias alternativas de solução (de forma virtual ou experimental) até o momento em que seja absolutamente necessário escolher a solução final, ficando a cargo do engenheiro chefe identificar qual é este momento.

Na empresa estudada, normalmente não há recursos suficientes para que se estude várias alternativas de solução para vários subsistemas, portanto é sugerido que se inicie com a escolha de dois ou três subsistemas, preferencialmente aqueles que contenham o maior número de interfaces e/ou representem o maior impacto sobre o desempenho do produto, e se crie pelo menos duas alternativas de solução para cada

um. Deve ser levado em consideração também as necessidades específicas de cada projeto, como por exemplo a identificação dos requisitos críticos ou subsistemas cuja tecnologia tenha que ser melhorada.

Considerando-se que maximizar a padronização e compartilhamento de componentes e subsistemas entre projetos é algo desejável, é pertinente sugerir que sempre que possível as alternativas de solução a serem estudadas tenham como ponto de partida subsistemas similares já desenvolvidos e testados, e portanto com maior probabilidade de sucesso, buscando sempre minimizar a criação de subsistemas ou componentes totalmente novos, mas sem deixar de lado a busca por alternativas com maior grau de inovação e sem perder a unicidade necessária a cada novo produto.

É fundamental que as alternativas difiram substancialmente entre si e privilegiem aspectos distintos como custo, manufaturabilidade, versatilidade, etc., de modo que as relações de compromisso (*tradeoffs*) sejam estimuladas e que a solução final possa resultar da melhor combinação entre os pontos fortes de cada alternativa estudada, aumentando a agregação de valor pelo processo mais refinado de concepção e análise.

Paralelamente à introdução deste conceito, sugere-se que a empresa adote também a prática de FMEA como forma de sistematizar o processo de análise de cada alternativa no que tange às suas funções, possíveis falhas, suas causas e impactos, melhorando conseqüentemente a análise de risco. A adoção desta prática já havia sido identificada anteriormente como um dos projetos integrantes do Programa PDP *Lean*.

#### **4.2.8 Reforçar o Papel da Engenharia de Processo**

Talvez uma das diferenças mais relevantes do PDP da Toyota comparativamente ao PDP tradicional seja o papel da engenharia de processo. Como foi abordado na seção 2.2.7 com base em SOBEK (1997), a Toyota se auto-define como uma empresa de manufatura, e tem há décadas direcionado sistematicamente seus melhores engenheiros para esta área e dado a eles o poder de vetar projetos que não sejam capazes de atender aos requisitos de custo, manufaturabilidade, produtividade e outros exigidos pelo sistema de produção enxuta.

Um argumento bastante eloqüente para esta conduta é que o ciclo de vida do produto é maior que o ciclo de vida do projeto, ou seja, leva-se por exemplo 3 anos

para desenvolver um produto (ou plataforma) que ficará em produção por outros 10, e se os aspectos que impactam o processo de fabricação não forem exaustivamente discutidos e ajustados durante o desenvolvimento, problemas como dificuldade de fabricação e montagem podem se arrastar durante todo o ciclo de vida do produto.

Na empresa estudada, um dos principais problemas é justamente a participação ainda limitada da engenharia de processo no PDP, sobretudo nas fases iniciais, resultando muitas vezes em problemas tardios de fabricação e dispendiosas mudanças de projeto quando o produto já está prestes a entrar em produção ou mesmo após o lançamento, acarretando atraso no prazo de entrega das primeiras unidades vendidas, dificultando atingir o regime de produção, gerando retrabalho, elevando os custos e retardando o retorno do investimento.

Com base no exposto acima, considera-se fundamental que a participação da engenharia de processo no PDP seja antecipada e intensificada, reforçando seu papel e conferindo-lhe maior poder de intervenção. Para tanto, sugere-se algumas ações:

- A empresa deve investir na estruturação e capacitação da engenharia de processo, de modo que os técnicos e engenheiros estejam sempre atualizados em relação ao desenvolvimento tecnológico dentro de suas especialidades e com isso tenham maior credibilidade para intervir no projeto do produto. O investimento em estruturação refere-se principalmente ao número de pessoas, que atualmente é bastante reduzido, gerando sobrecarga e fazendo com que a engenharia de processo se torne um gargalo. Um exemplo é que para o processo de solda, um mesmo técnico acumula as funções de elaboração e manutenção das seqüências de operações, projeto e manutenção de ferramentas e acompanhamento da produção. Desta forma não se pode esperar que esta pessoa disponha de tempo para uma análise mais rigorosa dos novos projetos, criando uma tendência de atuação meramente corretiva e impedindo a melhoria contínua;
- Sugere-se que haja pelo menos dois técnicos qualificados para cada processo principal (estamparia, oxicorte, corte laser, fundição, usinagem, solda, etc.), de modo que um atue na manutenção e melhoria contínua dos processos existentes e o outro possa se dedicar na análise mais criteriosa e acompanhamento da

implementação dos novos projetos e desenvolvimento de novas tecnologias de processos;

- Muitas vezes a tecnologia de produto é limitada pela tecnologia de processo. Um exemplo típico é a impossibilidade de se fazer determinadas operações de estampagem que permitam reforçar estruturalmente uma peça de modo que ela resista ao trabalho com o menor peso possível. A engenharia de processo deve estar constantemente em busca de novas tecnologias de processo que permitam melhorar a tecnologia do produto, aumentar a produtividade e reduzir custos;
- A engenharia de processo deve iniciar também um trabalho de transferência de conhecimento para a engenharia de produto, principalmente por meio da geração e manutenção de guias de melhores práticas que contenham informações tais como: o processo de fabricação mais barato para determinados tipos de componentes, características construtivas padronizadas (abas e raios de dobra, recortes, diâmetro de furos, etc.), tolerâncias admissíveis para cada tipo de operação, etc. O objetivo é que os projetistas de produto utilizem este conhecimento na concepção do projeto, evitando a criação de componentes difíceis de fabricar e minimizando o retrabalho posterior;
- Mesmo com a existência de guias com restrições e melhores práticas, deve haver também um maior envolvimento dos processistas durante a fase de conceituação, auxiliando os projetistas e impedindo, vetando, a criação de componentes que sabidamente serão caros ou difíceis de serem fabricados. Tal prática auxiliaria também na identificação de componentes e subsistemas cujo projeto do processo de fabricação pudesse (ou devesse) ser conduzido paralelamente ao projeto do produto.

O objetivo final desta proposta é que a engenharia de processo passe gradualmente a exercer um papel preponderante no PDP, trabalhando de forma integrada com a engenharia de produto desde as fases iniciais do projeto e com poder de intervenção suficiente para impedir o desenvolvimento de componentes e subsistemas anti-produtivos. Todavia, para que isto de fato ocorra é preciso que além de maior participação e poder da engenharia de processo no PDP, haja também uma orientação para a manufatura, tema que será discutido a seguir.

#### 4.2.9 Empregar uma Visão de Projeto para Manufatura

Uma das principais conclusões que emergem do estudo do PDP da Toyota é que se trata na verdade um processo orientado para a manufatura, estruturado de modo a suportar a produção enxuta. Isto se deve, como já citado, ao seu próprio posicionamento estratégico, pelo qual ela se auto-define como uma empresa de manufatura e não de engenharia.

Conforme apontado por MASCITELLI (2004) e condensado no quadro 2.7, existe uma série de fatores que se levados em conta desde o PDP podem refletir em benefícios para a manufatura. Como exemplo pode-se citar a padronização para ganho de escala e flexibilidade, seleção de fornecedores capazes de entregar componentes e subsistemas freqüentemente e em pequenos lotes diretamente na linha de montagem e gerenciar o estoque no cliente, minimizar o número de operações por componente e o número de componentes por montagem, utilizar matéria-prima padrão e minimizar sobras, utilizar processos padronizados e máquinas flexíveis que permitam a fabricação de pequenos lotes, etc.

A empresa estudada aplica desde 2002 os princípios da Produção Enxuta no chão de fábrica. Desde então a responsabilidade pelos projetos de melhoria na fábrica tem sido em sua maioria dos setores ligados à produção, com pouco envolvimento da engenharia de processo e poucos projetos direcionados à melhoria da integração entre engenharia e manufatura no sentido de que os novos produtos sejam concebidos para suportar o sistema de produção enxuta. Apenas mais recentemente foi designada uma pessoa da engenharia de processos cuja principal incumbência é a identificação e solução de problemas no processo de fabricação, principalmente montagem.

É fato que grande parte dos problemas e desperdícios existentes no processo de manufatura são decorrentes de falhas no desenvolvimento do produto, e portanto é imperativo a qualquer empresa que deseje melhorar o desempenho do seu sistema de produção o direcionamento esforços não só na solução de problemas relativos aos produtos existentes como também na minimização de problemas novos, e isto implica em estender tais esforços ao PDP. Neste sentido, são sugeridas as seguintes ações:

- Primeiramente, como já discutido no tópico anterior, deve-se reforçar o papel da engenharia de processo, seja no PDP ou após o lançamento, e posicioná-la como principal elo entre engenharia e manufatura. Seus membros devem ser treinados nas práticas de produção enxuta e atuar corretiva e preventivamente seja internamente ou nos fornecedores;
- No PDP, entre as fases de conceituação e projeto detalhado, a engenharia de processo deve barrar o surgimento de componentes cujo processo de fabricação seja anti-produtivo. Como exemplo pode-se citar componentes com muitas operações, com dimensões fora dos padrões, que utilizem matéria prima não padronizada, que gerem muitas sobras de material, com tolerâncias muito apertadas, que demandem investimentos não justificados em novos ativos (máquinas, ferramentas, etc.) etc. Pode-se por exemplo formalizar, como parte dos requisitos para transição da fase de conceituação para a fase de detalhamento, a realização de um *workshop* de verificação de manufaturabilidade, organizado conforme proposto por MASCITELLI (2004), cujo foco seria a identificação e solução de possíveis problemas de fabricação e montagem antes da aprovação do anteprojeto;
- A engenharia de processo deve ser co-responsável pela construção de protótipos, com o objetivo de antever possíveis problemas futuros de fabricação e montagem, identificar a necessidade de ferramentas e dispositivos de montagem e sugerir alterações de projeto que facilitem o processo produtivo. Às áreas de PCP e suprimentos também devem ter participação ativa e co-responsabilidade pela construção de protótipos de modo a prevenir o atraso na chegada de componentes e acelerar o desenvolvimento de fornecedores;
- As áreas de montagem devem participar da construção do protótipo de modo a contribuir na identificação e eliminação de possíveis problemas futuros de montagem e produtividade, familiarizando-se com o novo produto desde o seu desenvolvimento e facilitando a posterior introdução na fábrica;
- A demora na chegada de componentes durante a construção de protótipos é um problema comum e que causa muitos desperdícios, comprometendo o cumprimento de prazos. Para minimizar esta situação, sugere-se a alocação de uma pessoa do PCP para tratar exclusivamente da interface entre engenharia e produção no que se refere à fabricação de componentes para protótipo. Esta pessoa poderia ficar alocada na

engenharia, participando da definição de prioridades, cuidando da emissão de ordens de compra e fabricação e do seu acompanhamento;

- O projeto do produto e o projeto do processo devem acontecer simultaneamente. Assim, quando ocorrer a aprovação integral ou parcial do produto nos testes os ferramentais relativos às partes aprovadas devem ter sua construção imediatamente liberada, e se o projeto de tais ferramentas já estiverem prontos o tempo de construção será consideravelmente menor, podendo ser até mesmo terceirizado. Esta proposta tende a diminuir sensivelmente o tempo de introdução de um novo produto na fábrica após a sua homologação, atualmente muito longo.

#### **4.2.10 Melhorar a Integração Intra e Interprojetos**

Como foi discutido no capítulo 2, a Toyota possui uma estrutura organizacional para o PDP que privilegia a integração intra e interprojetos (CUSUMANO & NOBEOKA, 1998), um processo de planejamento de alto nível com metas, responsáveis e momentos de integração claramente definidos (KENNEDY, 2003; KAMATH & LIKER, 1994), uma liderança de projeto (engenheiro chefe) influente e com visão sistêmica (LIKER, 2005) e um conjunto de mecanismos de integração e padronização para garantir a convergência dos resultados para o cumprimento das metas estabelecidas (SOBEK et al., 1998)

Na empresa estudada, uma das principais preocupações quanto à segmentação da engenharia é a de que com o passar do tempo os segmentos se isolem, formando feudos ou mini-engenharias estanques, onde o GP e equipe pensem apenas na família de produtos sob a sua responsabilidade e percam o foco na realização da estratégia global de novos produtos definida pela empresa e que deve estar refletida no portfólio de produtos, dificultando também a comunicação, a padronização e o compartilhamento de tecnologias e conhecimento entre projetos de segmentos diferentes.

Para evitar que isto ocorra, esta proposta sugere a criação de alguns mecanismos para integração entre os GPs e entre o Comitê de Engenharia (formado pelo gerente executivo de engenharia, os GPs e os GFs de engenharia de produtos, engenharia de processos e centro de desenvolvimento tecnológico, além do coordenador

do escritório de projetos), melhorando também a integração da engenharia com as demais áreas funcionais.

- **Reuniões periódicas entre os GPs:** estas reuniões devem ocorrer semanal ou quinzenalmente na sala de comando e seu objetivo deve ser a troca de experiências (o que deu certo e o que não deu certo) de gestão e o compartilhamento de informações sobre os projetos em andamento de forma que todos os GPs tenham um panorama geral sobre todos os projetos e possam se ajudar mutuamente quando necessário. Esta prática ajudaria também na padronização e sistematização das melhores práticas de gestão;
- **Participação do comitê de engenharia nas análises críticas:** as análises críticas são os principais momentos de integração e troca de informações entre todos os grupos funcionais envolvidos no projeto, devendo ser bem planejada e sua realização comunicada com antecedência para que todas as partes envolvidas e afetadas pelas decisões estejam presentes. Sugere-se, como forma de melhorar a integração e a troca de conhecimento, que os membros do comitê de engenharia participem de todas as análises críticas relativas a transição de fases (*gates*);
- **Formalização dos momentos de integração:** as análises críticas ou momentos de integração, sobretudo aqueles realizados nas transições de fases (*gates*) devem ser sistematizados e sua realização prevista e planejada desde o início do projeto. Deve haver listas de verificação identificando o que deve ser analisado e os resultados entregues a cada evento, de modo a garantir que o projeto como um todo esteja convergindo para a realização das metas estabelecidas no planejamento e que as entregas de cada fase estejam sendo cumpridas.
- **Dois GPs para cada projeto:** fundamentada na reorganização em centros de desenvolvimento da Toyota, conforme discutido com base em CUSUMANO & NOBEOKA (1998) na seção 2.2.6.2, esta proposta sugere a alocação de dois gerentes de projeto para cada projeto, sendo o principal deles o responsável pelo segmento ao qual o projeto pertencer. O segundo GP seria “subordinado” ao primeiro, atuando como uma espécie de conselheiro direto na tomada de decisões, bem como assumindo a responsabilidade pelo projeto caso o primeiro GP tenha que se ausentar por motivo de viagem, férias, licença médica, etc., ou mesmo atuando conjuntamente na gestão do projeto. A escolha do segundo GP deve ter como

critério principal a semelhança e a correlação entre produtos, bem como a possibilidade de compartilhamento de conhecimento e subsistemas ou componentes pertencentes a produtos de outro segmento. Esta co-gestão apresenta os seguintes benefícios:

1. O andamento do projeto não é prejudicado caso o GP principal não esteja presente, podendo ser também acelerado com a atuação conjunta dos dois GPs;
2. Melhora a comunicação e a coordenação entre projetos e entre segmentos, potencializando também o compartilhamento de componentes e subsistemas;
3. O conhecimento de cada GP é complementado, melhorando a qualidade do projeto e minimizando o risco na tomada de decisões;
4. Pode possibilitar que, com pequenas alterações, um produto desenvolvido para uma finalidade possa também ser utilizado ou servir como plataforma para uma aplicação diferente;
5. Possibilita que no futuro o GP de um segmento possa assumir com mais segurança projetos de outros segmentos caso a estratégia de desenvolvimento priorize um mercado em especial.

Espera-se que não haja disputas pelo poder, pois deve ficar claro que em caso de divergência de opiniões prevalece a decisão do GP principal, que em última instância é o especialista no segmento ao qual o projeto pertence, ou então a decisão deve ser levada ao comitê de engenharia para que se busque consenso.

Finalmente, é fundamental que os gerentes de projetos desenvolvam habilidades interpessoais e visão sistêmica, atuando como facilitadores da integração interfuncional e garantindo que todas as áreas trabalhem de forma coesa em torno de objetivos comuns. Os gerentes de projetos devem desenvolver também práticas de gestão comuns e mecanismos de integração entre projetos de modo que os segmentos de negócios não se tornem mini engenharias estanques.

#### **4.2.11 Padronizar Produtos, Processos e Competências**

A padronização é uma das principais disciplinas empregadas pela Toyota, seja na manufatura, desenvolvimento de produtos ou em qualquer outro

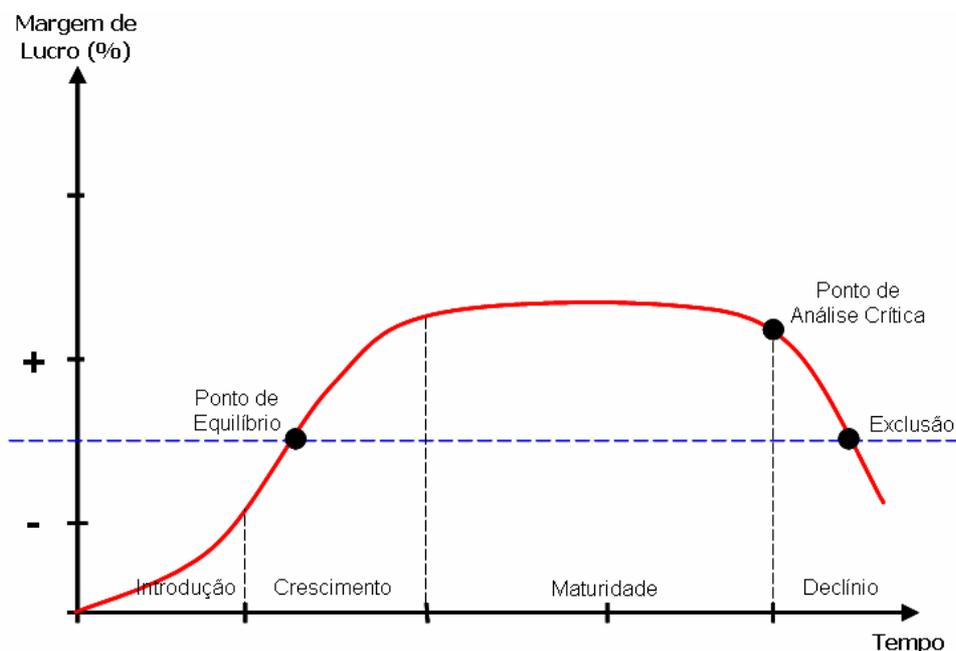
processo. A padronização reduz variabilidade, conduz à estabilização do processo, garante a qualidade e é a base para a melhoria contínua.

No PDP, a padronização suporta a reutilização de plataformas e permite o compartilhamento de componentes, subsistemas e tecnologias entre projetos, resultando em menores custos (economia de escala) e menor número de componentes proprietários (economia de escopo), diminuindo a incerteza, aumentando a previsibilidade e a qualidade.

De acordo com MORGAN & LIKER (2006) a padronização de plataformas reduz a necessidade de testes, sustenta a visão de projeto para manufatura e resulta em processos produtivos mais consistentes. Um processo de desenvolvimento padronizado transmite confiança, permite maior sincronismo e simultaneidade e aumenta a velocidade. Finalmente, a padronização de competências conduz à melhoria de desempenho, aumento do nível de profissionalismo, confiança e colaboração entre as pessoas.

Diante do exposto e dos objetivos colocados para o objeto de estudo, julga-se fundamental que a empresa adote e amplie iniciativas que resultem em padronização de produtos, processos e competências. A seguir são sugeridas algumas ações neste sentido.

- A empresa possui atualmente um grande portfólio de produtos, muitos deles com baixo volume anual de vendas, mas que consomem recursos de engenharia (e outros) na sua atualização e suporte. Deve-se, mediante definição de um procedimento padrão, fazer uma análise do portfólio de produtos e eliminar (tirar do mercado) aqueles que não apresentem um volume anual mínimo, ou então promover alguma ação comercial para incrementar as vendas, ou ainda congelar o estágio de desenvolvimento para que tais produtos deixem de consumir recursos de engenharia, cabendo ao mercado determinar o fim do ciclo de vida. Pode-se, por exemplo, monitorar a margem de lucro versus a curva de ciclo de vida, conforme ilustrado pela figura 4.2, estabelecendo pontos de análise crítica para decisões sobre o desenvolvimento de pacotes de melhoria que possam prolongar a vida do produto, congelamento do desenvolvimento ou exclusão. É importante que esta ação esteja associada com a estruturação e utilização de projetos plataforma descrita anteriormente;



Fonte: Elaborado pelo autor.

**FIGURA 4.2 – Margem de lucro versus curva do ciclo de vida.**

- Quanto à padronização do processo de desenvolvimento, conforme descrito anteriormente, a empresa já possui um mapa que descreve bem a situação atual (figura 4.5), faltando ainda deixar mais evidente as entradas e saídas de cada fase e inserir também as responsabilidades de cada área funcional (podem ser criadas listas de verificação para cada entrega) e as atividades executadas por áreas externas à engenharia. Vale lembrar que o objetivo não é ter um fluxograma detalhando todos os passos e atividades, mas sim um guia de alto nível com flexibilidade para ser adaptado pelo GP à necessidade de cada projeto. Outro objetivo fundamental da padronização do processo de desenvolvimento é aumentar a sua previsibilidade, permitir a integração interfuncional e o trabalho simultâneo de modo que os projetos fluam na maior velocidade possível;
- Deve-se iniciar também a criação de um banco de dados de restrições e padrões de projeto (melhores práticas) para orientar o trabalho dos projetistas. Como exemplo, a engenharia de processo deve transferir à engenharia de produto (por meio de informações visuais) o conhecimento sobre os tipos de operação mais baratos, o que pode e o que não pode ser feito, padrões para a especificação de furos, recortes, dobras, soldas, etc., tolerâncias admissíveis e outras informações

relevantes para que os projetistas possam explorar o máximo da capacidade de fabricação com o menor custo possível, e principalmente, não criar componentes que não possam ser fabricados. Por sua vez, a engenharia de produto deve criar padrões de projeto que orientem os projetistas na determinação das especificações, como por exemplo, os ajustes indicados para cada tipo de componente, notas padronizadas, materiais indicados para cada aplicação, acabamento e revestimento superficial, padrões para elaboração de documentação de projeto, etc. A responsabilidade pela criação e atualização dos padrões deve ser das próprias áreas funcionais, cabendo aos líderes de cada área garantir a sua utilização;

- Finalmente, é preciso que o nível de competência técnica seja melhorado continuamente. Neste sentido, a empresa já vem há algum tempo aumentando gradativamente o nível mínimo de escolaridade para novas contratações e concedendo bolsas para realização de cursos técnicos, de graduação e pós-graduação. Especificamente na engenharia, falta ainda uma classificação e análise mais criteriosa de cargos e atribuições juntamente com o perfil e a formação necessária para cada um, a partir de onde se poderia estruturar um plano de treinamento para nivelar e aumentar a competência técnica da equipe. Falta também a elaboração de um plano de carreira, de modo que todos saibam até onde podem chegar e o que é necessário para tal. É fundamental que estas ações estejam associadas a um bom sistema de avaliação de potencial e desempenho – o qual já existe mas precisa ser melhorado principalmente quanto à objetividade e *feedback* – e a critérios equânimes de remuneração e promoção.

#### **4.2.12 Expandir o Conceito de Engenharia na Fonte (*Genchi Genbutsu*)**

O termo *genchi genbutsu* significa ver e fazer por si mesmo, ou ainda, aprender fazendo. Este princípio já era empregado por Sakichi Toyoda (pai de Kiichiro Toyoda, o fundador da Toyota) desde o final do século XIX na construção de teares que mais tarde deram origem à Toyota Automatic Loom Works, a empresa mãe do grupo Toyota, e é um dos cinco princípios que compõem o modelo Toyota de gestão (os outros quatro são: desafio, melhoria contínua, trabalho em equipe e respeito).

Na prática, o princípio significa que todos os colaboradores, seja qual for a sua função, devem passar o maior tempo possível “em campo” executando atividades

práticas. No PDP, significa que para poder projetar bons produtos, engenheiros e projetistas devem saber também, na prática, como estes produtos são produzidos, montados, distribuídos, vendidos e utilizados. Segundo LIKER (2005), Kiichiro Toyoda resumia a importância deste princípio dizendo que é impossível ser um excelente engenheiro sem sujar as mãos.

Na empresa estudada, um grande passo neste sentido foi dado em 2004 com a fusão das áreas de Pesquisa e Desenvolvimento de Produto e Engenharia de Produto, pois até então as atividades práticas de desenvolvimento (pesquisa de campo, construção de protótipos, testes, suporte técnico, visitas a clientes, etc.) eram quase que totalmente concentradas na primeira, cabendo à engenharia de produto apenas a documentação do projeto, muitas vezes sem conhecimento mais profundo do seu conteúdo.

Desde então um número maior de pessoas tem tido a oportunidade de participar destas atividades, embora ainda de maneira esporádica. Assim, o objetivo desta proposta é chamar a atenção para a importância de formar especialistas tanto de cunho teórico quanto prático. O conceito fundamental é que por mais completa e precisa que uma informação recebida possa ser, ela jamais será tão rica quanto a experiência de ver e fazer por si mesmo.

Entender a “voz do cliente” e traduzi-la em especificações de produtos que satisfaçam às suas necessidades não pode ser papel apenas do GP ou da área de marketing. É preciso que os demais envolvidos, sobretudo os projetistas responsáveis, participem da fase de pesquisa e ajudem o GP a definir o conceito, facilitando o alinhamento dos objetivos e diminuindo a ocorrência de desvios durante a concepção e implementação.

A realização dos testes é outro momento onde a participação dos projetistas deve ser obrigatória, pois permite confrontar o desempenho funcional do produto com o que foi especificado no projeto, facilitando a análise e correção de possíveis problemas. Mais que isso, este acompanhamento prático é um dos principais momentos de aprendizagem e aquisição de *know-how* para projetos futuros.

Após o lançamento é possível o surgimento de alguns problemas com as primeiras unidades vendidas, seja por exposição do produto a diferentes condições de trabalho ou mesmo por deficiências técnicas pontuais não detectadas nos testes.

Considera-se importante a participação dos projetistas também nestes primeiros trabalhos de suporte técnico para que estes percebam o impacto de tais problemas sob a ótica do cliente e contribuam ativamente para a sua rápida solução, evitando a reincidência em projetos futuros.

Outras atividades como a construção de protótipos e o acompanhamento da produção e montagem das primeiras unidades já tem um acompanhamento próximo dos projetistas e entende-se que tal acompanhamento deve continuar.

Quanto à engenharia de processo, conforme já mencionado, deve haver um acompanhamento mais intenso durante a construção de protótipos e eventualmente até dos testes para que seus representantes também tenham algum respaldo prático para atuar de forma mais efetiva no desenvolvimento do processo de fabricação e melhoria da qualidade.

A prática de aprender fazendo está intimamente relacionada à existência de uma cultura de fazer com que os problemas sejam resolvidos no nível hierárquico mais baixo possível. Isso implica que os gestores (sejam os gerentes funcionais ou o gerente de projetos) devem assumir o papel de orientadores, incentivando as pessoas a buscarem as respostas por si mesmas – por meio da experimentação e do acompanhamento dos fatos em tempo real – ao invés de fornecê-las prontas. Além da experiência individual, o compartilhamento de experiências entre as equipes de desenvolvimento também deve ser estimulado, principalmente através da comunicação frente-a-frente, transferência de especialistas entre projetos, prática de engenheiros residentes, *workshops* tecnológicos com fornecedores, etc.

É fundamental que todos os envolvidos desenvolvam a competência de relatar de forma precisa e objetiva as informações e resultados obtidos em campo para que as ações decorrentes sejam efetivas e também para que se forme um banco de dados consistente para utilização em projetos futuros.

#### **4.2.13 Ampliar a Participação de Fornecedores no PDP**

Conforme discutido no capítulo 2, a Toyota definiu como estratégia o foco no desenvolvimento de tecnologia de ponta em carrocerias e motores, e para os demais subsistemas realiza o desenvolvimento conjunto com fornecedores, cujo nível de responsabilidade do fornecedor no PDP depende da categoria na qual se insere, podendo

simplesmente fornecer componentes de prateleira, projetar de acordo com as diretrizes da montadora ou ter total autonomia para propor soluções dentro do escopo do programa.

O fato é que a desverticalização tem sido uma prática cada vez mais comum em vários segmentos industriais e com isto as empresas tendem a definir e focar esforços internos em suas competências fundamentais (*core business*), adquirindo o restante de uma rede de fornecedores especializados.

Na empresa objeto desta pesquisa a realidade não é diferente. Desde meados da década de 1990 o seu processo produtivo vem sendo desverticalizado, tendo atualmente mais da metade da sua produção terceirizada. Todavia, a relação com os fornecedores tem sido quase que exclusivamente de compra e venda, com escassa participação destes no PDP e pouquíssimas ações conjuntas com a montadora para melhoria de processos e redução de custo dos produtos existentes.

Ora, se as competências centrais da empresa tendem a ser desenvolver (com foco nas funcionalidades), montar (cada vez menos produzir internamente) e vender equipamentos, é preciso criar meios de integrar os fornecedores – desde que devidamente qualificados – no PDP e aproveitar melhor o conhecimento de cada um dentro de sua especialidade. Para tanto sugere-se as seguintes ações:

- A empresa já possui uma sistemática para seleção, homologação e avaliação de fornecedores, mas esta se restringe apenas à capacidade de fornecimento de acordo com as especificações determinadas internamente. Sugere-se que esta sistemática seja revista, passando a conter critérios que permitam também a identificação da capacidade e disposição dos fornecedores em participar do PDP. Para tanto, será necessária uma maior integração das áreas de PCP e suprimentos, atualmente as responsáveis pelo desenvolvimento de fornecedores, com a engenharia de produto e a engenharia de processos. Pode-se por exemplo classificar os fornecedores de acordo com as seguintes qualificações:
  - Apto a fornecer componentes conforme especificação;
  - Apto a fornecer subsistemas conforme especificação;
  - Apto a construir os próprios ferramentais;
  - Apto a contribuir na definição das especificações;
  - Apto a projetar componentes conforme diretrizes da engenharia;

- Apto a projetar subsistemas conforme diretrizes da engenharia;
- Na fase de conceito, antes do congelamento das especificações, engenharia de produto, engenharia de processo, PCP e suprimentos devem realizar uma análise *make or buy* para determinar quais componentes e subsistemas são passíveis de serem terceirizados e também o seu custo-alvo. A partir deste momento os fornecedores qualificados já podem ser chamados a participar do PDP;
- Atualmente, com poucas exceções, a empresa projeta e constrói internamente todos os ferramentais, independentemente se a produção será interna ou terceirizada. Acontece que o melhor ferramental para produção interna pode não o ser para o fornecedor, e aí pode-se estar perdendo a oportunidade de reduzir custos via ferramentais mais produtivos e projetados para o processo do fornecedor. Isto posto, a proposta é que a empresa estude a possibilidade de, para os componentes e subsistemas cuja produção for terceirizada, transferir também ao fornecedor o projeto e construção do ferramental, ou então envolver o fornecedor no projeto permitindo que este, como usuário, ajude na concepção do ferramental mais produtivo para o seu processo.

Em um estágio mais avançado, pode-se cogitar inclusive a terceirização completa do projeto, onde o fornecedor realize a concepção e a execução de acordo com as metas e padrões estabelecidos pela empresa (com a coordenação do gerente de projetos), podendo em alguns casos ser responsável pela construção de protótipos, acompanhamento de testes e construção dos ferramentais. O desafio desta proposta é identificar e remover eventuais barreiras internas e cuidar para que a participação de fornecedores não seja interpretada como ameaça ou cause sentimento de incapacidade na equipe interna, mas pelo contrário, seja encarada como uma oportunidade de colaboração, trabalho em equipe e aprendizagem.

#### **4.2.14 Melhorar o Processo de Testes**

A execução de testes é uma das principais fases do PDP, pois é neste momento em que se pode constatar de fato, apesar de todas as simulações, cálculos e estudos que possam ter sido feitos nas fases anteriores, se o produto desempenhará a contento todas as funções para as quais foi projetado. A Toyota se destaca neste aspecto por realizar atividades de experimentação e testes com subsistemas antes da realização

dos testes finais para aprovação do produto, considerando que os testes finais devem apenas confirmar que os subsistemas estão bem integrados, pois individualmente já se sabe que funcionam. Esta prática, além de antecipar a solução de problemas e diminuir a incerteza nas fases a jusante, também contribui para a redução do custo e do tempo de desenvolvimento.

No caso da empresa estudada o fato do produto ser sazonal caracteriza um agravante, pois significa que os testes têm que ocorrer no período de utilização do produto, e em alguns casos este período pode ser bastante reduzido (cerca de 3 meses). Desta forma, é evidente que submeter o produto à aprovação de todas as suas funcionalidades apenas nos testes finais se traduz em um risco muito alto, pois se houverem muitos problemas não será possível corrigi-los e realizar novos testes dentro do mesmo período de utilização e neste caso só há duas alternativas: ou o produto é lançado sem estar devidamente testado, com todos os riscos inerentes a tal decisão, ou espera-se pelo próximo período de utilização para a realização de novos testes (o que pode levar até 1 ano), retardando o retorno do investimento e aumentando a vulnerabilidade em relação aos concorrentes.

Historicamente, a empresa tem incorrido no lançamento de produtos não maduros e pago um preço alto em *recalls*, retrabalho, obsolescência de estoque, perda de ferramentais, grande número de revisões de projeto pós-lançamento que dificultam a rastreabilidade, sem falar no prejuízo à marca. Para evitar que isto continue a ocorrer, sugerem-se algumas iniciativas cujo objetivo não é mudar a forma de realização dos testes de homologação, mas adequar o PDP, principalmente as fases à montante, de modo que estes sejam no futuro apenas a confirmação da integração do produto.

- Conforme proposto anteriormente, o projeto deve ter o seu início com antecedência adequada e dispor de recursos suficientes para permitir que o conceito seja amplamente discutido, o maior número possível de alternativas sejam estudadas e as simulações, cálculos, experimentações e pré-testes sejam feitos antes da construção do protótipo de homologação, e que este esteja pronto no início do período de utilização para que a duração dos testes não fique comprometida e haja tempo para que os ajustes sejam feitos e comprovados;
- A empresa utiliza desde 2002 uma ferramenta de análise pelo método de elementos finitos (CAE) cujos resultados já podem ser comprovados pela

considerável diminuição de problemas em componentes estruturais desde a sua implantação. Considera-se importante estender uso desta ferramenta, hoje limitada a análises do tipo linear estática, incorporando também análises cinemáticas, dinâmicas, de fadiga, etc. A empresa conta também com equipamentos para instrumentação e análise de sinais dinâmicos que, ao contrário da ferramenta CAE, tem sido sub-utilizados e precisam ter o seu uso incrementado, e a empresa já conta com pessoas capacitadas para tanto;

- Deve-se conceber e investir em uma infraestrutura e equipe para a realização de testes com componentes e subsistemas. Experiências recentes com testes laboratoriais em bancada já demonstraram ser possível desenvolver, melhorar e testar várias funcionalidades de um produto sem a necessidade de construção de protótipos completos e realização de testes em campo. Além disso, estes testes em condições controladas permitem um melhor monitoramento e combinação das variáveis, chegando-se a conclusões mais precisas;
- Um boa alternativa que também tem sido discutida e deve ser viabilizada é a criação de uma área experimental auto-sustentável. A idéia consiste em adquirir e sistematizar uma pequena área (de 5 a 10 hectares) para a realização de pré-testes em partes de produtos, com a possibilidade de simulação de diferentes condições de trabalho e realização de testes em qualquer época do ano. Além da realização dos testes propriamente ditos, esta área seria cultivada, tendo a produção vendida e transformada em recursos para serem reinvestidos na própria área, tornando-a auto-sustentável;
- Outro aspecto importante que já foi discutido e deve ser lembrado é a padronização. Quanto mais componentes e subsistemas puderem ser reutilizados entre projetos, menor será a incerteza quanto ao funcionamento e conseqüentemente menor será a necessidade de testes;

#### **4.2.15 Enfatizar a Gestão do Conhecimento**

O desenvolvimento de produto é um processo multidisciplinar de solução de problemas e como tal utiliza o conhecimento como sua principal matéria-prima. Assim, para que qualquer empresa alcance a excelência nesta esfera é fundamental a

existência de um ambiente que estimule e sistematize a geração, disseminação e reutilização do conhecimento.

A Toyota utiliza várias práticas cujo objetivo é estimular a criação e a transferência de conhecimento, como por exemplo a experimentação, exploração de várias alternativas e testes de subsistemas, geração de curvas de *trade-off*, utilização de guias de melhores práticas, investimento na especialização técnica, fazer com que os engenheiros passem o maior tempo possível realizando atividades práticas (*genchi genbutsu*), etc. Tais práticas foram apresentadas no capítulo 2 com base em diversos autores e ao longo deste capítulo foram apresentadas várias propostas de adequação algumas das mesmas ao PDP da empresa estudada.

Além destas práticas, é importante que a empresa estabeleça momentos de aprendizagem bem definidos e que façam parte de todos os projetos de novos produtos, conforme proposto por MORGAN & LIKER (2006) na seção 2.2.8. Sugere-se que isto seja feito de três formas:

- **Antes do projeto:** antes do desenvolvimento propriamente dito, deve-se dedicar o maior tempo possível no entendimento do projeto e seu contexto. Por entendimento do projeto interprete-se a identificação precisa das necessidades do cliente e a tradução destas em características desejáveis para o produto. Já o entendimento do contexto compreende o estudo do mercado e dos produtos concorrentes, identificando as oportunidades e ameaças do primeiro e as forças e fraquezas do segundo, de modo a encontrar diferenciais e o melhor posicionamento para o produto a ser desenvolvido;
- **Durante o projeto:** no decorrer do projeto deve haver momentos dedicados à análise e registro das ocorrências em tempo real, tanto o que deu certo quanto o que não deu. Um bom momento para isto são as análises críticas realizadas ao final de cada fase do PDP, onde pode-se capturar o conhecimento adquirido por meio de resposta à questões do tipo:
  - Quais eram as metas e objetivos até aqui?
  - Como foi o nosso desempenho em relação às metas?
  - Porque isto aconteceu?
  - Como podemos impedir a reincidência?
  - Como podemos melhorar na próxima vez?

- **Após o projeto:** ao final do projeto deve-se fazer uma espécie de auditoria envolvendo todos os integrantes do time para discussão em torno de temas como integração, qualidade das soluções, disponibilidade de recursos, mudanças ocorridas nas fases à jusante devido a problemas não identificados, desempenho em prazo, desempenho em custo, etc., cujo objetivo seja identificar as práticas que deram certo e devem ser incorporadas nos projetos futuros e as que não deram certo e devem gerar um plano de ação para que não se repitam.

Deve-se dar atenção especial às fases de construção de protótipos e testes, as quais representam grandes oportunidades de interação com o produto e aprendizagem, devendo contar com o envolvimento do maior número possível de pessoas e o registro adequado das informações. Ao final do projeto deve-se elaborar um plano de treinamento interno (fábrica) e externo (venda e pós-venda).

Projetos de pesquisa básica e aplicada também são importantes formas de criação de conhecimento. A empresa já conta com uma divisão denominada CDT (Centro de Desenvolvimento Tecnológico), tendo como uma de suas atribuições a realização de projetos de pesquisa, seja para adquirir domínio de tecnologias existentes ou para desenvolver novas tecnologias, sempre em separado dos projetos de desenvolvimento de produtos comerciais. Falta ainda definir melhor a sistemática de gestão para esta categoria de projeto, como por exemplo: a forma de entrada, análise e priorização dos projetos, as fases e a documentação necessária, o momento em que o projeto deixa de ser do tipo pesquisa e dá origem a um projeto comercial, etc.

É importante ressaltar que além de capturar e disponibilizar o conhecimento explícito, deve-se criar formas de compartilhar também o conhecimento tácito, e a literatura aponta a comunicação frente-a-frente, o trabalho colaborativo em equipe e a transferência de pessoas entre projetos como as melhores práticas para se fazer isto. A literatura destaca o conhecimento tácito como a grande fonte de vantagem competitiva no PDP pois, ao contrário do conhecimento explícito formalmente documentado e possível de ser trasladado de uma empresa à outra, o conhecimento tácito é resultado da experiência adquirida com a exposição a diferentes situações e problemas, sendo portanto difícil de ser copiado.

### 4.3 Melhoria Contínua

Além de analisar a viabilidade das propostas recém apresentadas e outras que certamente surgirão, é fundamental que a empresa estabeleça e mantenha um programa de melhoria contínua do PDP, com indicadores de desempenho adequados para medição do progresso.

Conforme discutido no capítulo 4, as bases para melhoria contínua do PDP foram lançadas em 2005 com a criação do Programa PDP *Lean*, cujos objetivos principais eram a formalização e estabilização do processo associada a um programa de melhoria que permitisse o seu aprimoramento contínuo.

A idéia é que a empresa mantenha a metodologia criada para o Programa PDP *Lean*, continuamente identificando as oportunidades, avaliando, priorizando e executando projetos que resultem em melhoria no desempenho do processo.

### 4.4 Plano para Implementação

O objetivo deste tópico é fornecer algumas indicações acerca de como as propostas de melhoria recém apresentadas podem ser priorizadas para implementação. A literatura oferece várias formas para se avaliar e priorizar projetos de mudanças no PDP. Por exemplo, ROZENFELD et al. (2006) sugerem que o processo de mudança do PDP, seja ela incremental ou uma transformação, seja orientado de acordo com o nível de maturidade atual, ou seja, em que grau a empresa aplica as chamadas melhores práticas para este processo. Esses mesmos autores defendem que o ciclo evolutivo relacionado a uma determinada prática segue a abordagem: padronização, medição, controle e melhoria contínua.

Assim, se as propostas apresentadas neste capítulo forem consideradas como um conjunto de melhores práticas, pode-se então sugerir que a priorização das mesmas de acordo com o seguinte critério, baseado em ROZENFELD et al. (2006): se a prática é apropriada à empresa e se a empresa está preparada para adotá-la, ou seja, se ela possui capacitação para isso e atingiu o nível de maturidade necessário.

Conforme apresentado na seção 4.2 (ver quadro 4.1), as propostas foram classificadas em três categorias: aspectos organizacionais, melhoria de desempenho e abordagens integradoras. Com base nesta classificação sugere-se o seguinte critério para priorização, baseado no nível de maturidade em relação às categorias adotadas:

- Se o processo (PDP) não estiver devidamente formalizado e estável, ou seja, com as fases, critérios de aprovação de fases (*gates*), resultados de cada fase (entregas) e respectivos responsáveis bem definidos e funcionando de forma adequada e respeitando um padrão, deve-se priorizar as propostas classificadas como aspectos organizacionais;
- Se o processo estiver formalizado, mas houver problemas de comunicação e cooperação entre as áreas e pouca simultaneidade na realização das atividades, deve-se priorizar as propostas classificadas como abordagens integradoras;
- Se os principais problemas forem inerentes à quantidade de projetos simultâneos, dificuldades no cumprimento de prazos ou baixo índice de padronização, problemas de fabricação e montagem, etc., deve-se priorizar as propostas classificadas como melhoria de desempenho.

Em suma, este critério sugere que seja dada ênfase inicial à estrutura organizacional e à formalização e estabilização do processo, em seguida à integração interfuncional e finalmente à melhoria de desempenho.

Outro critério para priorização das mudanças pode ser atacar os problemas na mesma seqüência em que eles afetam o PDP, ou seja, primeiro aqueles relacionados ao processo como um todo e às fases pré-desenvolvimento, em seguida os relativos às fases de desenvolvimento e por último aqueles correspondentes ao pós-desenvolvimento. O raciocínio por trás deste critério é que um problema que afeta o PDP em suas fases iniciais (por exemplo, na fase de conceito) pode se arrastar por todo o processo e comprometer o seu desempenho final, em muitos casos podendo perdurar por todo o ciclo de vida do produto (por exemplo, um problema de fabricação ou montagem não identificado na fase de conceito ou homologação do produto ou processo).

ROZENFELD et al. (2006) propõem, conforme apresentado na seção 2.1.4, que o processo de melhoria ou transformação do PDP siga as fases de entendimento da motivação (problemas e oportunidades), análise da situação (atual e futura), definição das ações (aprovação e priorização) e implantação (alocação de recursos).

Esses mesmos autores sugerem que para cada proposta de melhoria seja elaborado um projeto de implantação com atividades, prazos, custos, responsabilidades

e critérios de aprovação bem definidos. Estes projetos devem seguir basicamente as seguintes etapas (ver figura 2.3):

- **Planejar o projeto:** alocação dos recursos e pessoas capacitadas para desenvolver o projeto, definição dos critérios de aprovação de fases, prazos, custos, etc;
- **Definir requisitos:** detalhamento das especificações, tomando como base um modelo de referência (no caso deste trabalho o modelo de PDP da Toyota) e definindo-se o nível de maturidade a ser atingido e as melhores práticas a serem implantadas;
- **Desenhar solução:** elaboração do mapa de processo que represente a transformação desejada e atenda aos requisitos determinados, adaptando-o do modelo de referência;
- **Executar:** fazer com que a organização aja conforme o desenho de processo proposto, normalmente por meio de testes piloto, fazendo-se os ajustes e otimizações necessários antes da liberação;
- **Liberar:** documentar as melhores práticas, atualizar os manuais e procedimentos, registrar as lições aprendidas, treinar as pessoas envolvidas e comunicar as mudanças para toda a organização.

No caso da empresa estudada, com base no relato da situação atual e seus principais problemas e nos critérios de priorização previamente discutidos, sugere-se que as propostas de melhorias apresentadas sejam implantadas na seqüência indicada pelo quadro 4.2. Esta priorização é dada pela combinação dos dois critérios propostos, ou seja, primeiro as propostas de cunho organizacional, ordenadas de acordo com a seqüência de fases do PDP (ver figura 3.5), em seguida as propostas integradoras, ordenadas da mesma forma e por último as propostas relacionadas à melhoria de desempenho.

Como a implantação propriamente dita não está contemplada no escopo deste trabalho, não é feita uma discussão profunda acerca da adequação ou aplicabilidade de cada proposta. Entretanto, as discussões com os membros do comitê de engenharia e outros representantes do processo estudado durante a realização da pesquisa pressupõe-se a priori que todas sejam adequadas à empresa. Cabe portanto ao comitê de engenharia ou equivalente promover tal discussão no momento da

implantação, de acordo com a situação vigente em termos de estratégia, recursos disponíveis, capacidade de realização, etc.

**QUADRO 4.2 – Seqüência de implantação proposta.**

<b>Seq.</b>	<b>Proposta</b>	<b>Categoria</b>	<b>Fases Relacionadas</b>
1	Formalizar o PDP e consolidar a estrutura matricial	Aspectos organizacionais	Sistema
2	Enfatizar a gestão do conhecimento	Abordagens integradoras	Sistema, Conceituação do Produto
3	Estruturar as atividades de planejamento e controle de projeto	Melhoria de desempenho	Sistema, Conceituação do Produto
4	Adotar a Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos (ESBC)	Abordagens integradoras	Sistema, Conceituação do Produto, Homologação do Processo
5	Melhorar a integração intra e interprojetos	Abordagens integradoras	Sistema, Projeto do Produto e do Processo, Homologação do Processo
6	Aumentar a taxa de conclusão de projetos	Melhoria de desempenho	Planejamento Estratégico de Produtos, Projeto do Produto e do Processo
7	Ampliar a reutilização de projetos	Melhoria de desempenho	Planejamento Estratégico de Produtos, Conceituação do produto
8	Separar os estágios de criação e execução	Aspectos organizacionais	Conceituação do Produto, Projeto do Produto e do Processo
9	Expandir o conceito de engenharia na fonte	Aspectos organizacionais	Conceituação do Produto
10	Implantar a sala de comando	Abordagens integradoras	Conceituação do Produto
11	Empregar uma visão de projeto para manufatura	Melhoria de desempenho	Conceituação do Produto, Projeto do Produto e do Processo, Homologação do Processo

12	Padronizar produtos, processos e competências	Melhoria de desempenho	Conceituação do Produto, Projeto do Produto e do Processo
13	Reforçar o papel da engenharia de processo	Abordagens integradoras	Conceituação do Produto, Projeto do Produto e do Processo, Homologação do Produto, Homologação do Processo
14	Ampliar a participação de fornecedores no PDP	Aspectos Organizacionais	Conceituação do Produto, Homologação do Processo
15	Melhorar o processo de testes	Melhoria de Desempenho	Homologação do Produto

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.5 Resultados Esperados

Além da consolidação das mudanças já implementadas e daquelas atualmente em curso dentro do Programa PDP *Lean*, espera-se que o conjunto de propostas recém apresentadas possa ajudar a empresa a firmar o PDP como fonte de vantagem competitiva em um mercado cujos clientes tem nos últimos anos se tornando cada vez mais profissionalizados, tecnificados, exigentes e seletivos.

Some-se a isto o fato de que o principal segmento de atuação da empresa (setor de grãos) está retomando uma curva ascendente após ter enfrentado a pior crise dos últimos 40 anos, iniciada por um conjunto de fatores internos e externos no ano de 2004. Imagina-se que esta retomada possa dar início a um novo ciclo, no qual os participantes do mercado estarão muito mais atentos e preocupados em encontrar formas de reduzir os custos de produção e aumentar a produtividade.

Este novo patamar deve ser encarado como uma grande oportunidade, pois na medida em que o mercado evolui ele se torna mais suscetível à quebra de antigos paradigmas e aberto à adesão de novas práticas e novas tecnologias, que por sua vez demandarão produtos igualmente inovadores e com maior potencial de agregação de valor para fabricantes e usuários.

O PDP é sem dúvida nenhuma um processo fundamental para que a empresa consolide a sua estratégia de diversificação como forma de crescimento

sustentável no longo prazo. Ainda no âmbito estratégico, percebe-se uma predominância da estratégia de diferenciação em relação à competitividade em custos, o que também reforça o papel do PDP.

Assim, espera-se com este estudo contribuir efetivamente para a reorganização e melhoria contínua do PDP da empresa, colocando-o em um novo patamar de desempenho e em condições de responder com rapidez e eficácia à demanda de um mercado cada vez mais exigente e competitivo. Espera-se também uma melhor integração e suporte ao sistema de produção enxuta já empregado na manufatura.

Em suma, a situação futura projetada é um PDP mais ágil, focado no cliente, com visão de longo prazo e que resulte em produtos de qualidade, rentáveis, competitivos e concebidos para o sistema de produção enxuta.

## 5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta dissertação apresentou um conjunto de propostas de melhoria para o PDP de uma empresa de máquinas agrícolas com base no modelo de PDP da Toyota. Tais propostas (capítulo 4) foram formuladas a partir de um estudo teórico sobre o tema (capítulo 2), e um relato da situação atual do objeto de estudo e seus principais problemas (capítulo 3).

Apesar da literatura sobre o tema ainda ser escassa, principalmente se comparada à literatura existente sobre o STP, foi possível identificar os princípios e práticas do PDP da Toyota e descrevê-los como parte integrante de um sistema. Por outro lado esta carência de literatura representou uma lacuna de pesquisa, conferindo maior relevância e aumentando a contribuição deste trabalho para a sua área de conhecimento, colocando-o com um dos poucos esforços de adaptação e aplicação dos princípios e práticas do PDP da Toyota em empresas de outros segmentos industriais.

Além de se tratar de um tema ainda pouco estudado e documentado, uma das motivações para a realização do trabalho foi o fato de o objeto de estudo estar inserido em uma empresa que há cinco anos emprega os princípios do Sistema Toyota de Produção (STP) na manufatura, sendo assim oportuno um esforço para melhoria do PDP com base em um sistema de desenvolvimento concebido para suportar o STP.

Optou-se por abordar o tema de forma dissociada do rótulo de Desenvolvimento de Produto Enxuto ou *Lean Development*, sob a consideração de que não se trata apenas do transporte ou adaptação dos princípios enxutos da manufatura para o PDP, mas sim de um conjunto de práticas específicas para este processo, que compartilham a mesma linha de pensamento do STP.

Considerando-se o fato do trabalho ter sido focado em uma empresa específica, não é possível tecer generalizações quanto à sua aplicabilidade a outras organizações, ainda que pertencentes ao mesmo segmento industrial. Entretanto, é plausível pensar que empresas que aplicam os princípios do STP nos processos de manufatura devam considerar também a aplicação de um sistema de desenvolvimento de produto cujo um dos pilares seja a orientação para a produção enxuta.

O modelo de PDP da Toyota apresenta como principais sustentáculos a ênfase na criação, disseminação e reutilização do conhecimento, destacando o

conhecimento tácito como a grande fonte de vantagem competitiva, e uma forte orientação para a manufatura, evidenciada pelo poder conferido à engenharia de processo e por estarem lá os melhores engenheiros. Assim, conforme já apontado, embora o sistema Toyota de produção e o sistema Toyota de desenvolvimento de produto compartilhem uma mesma base científica, não se trata apenas de transladar os princípios enxutos da manufatura para o PDP.

Com a divisão do PDP em estágios de criação e execução, é possível obter um processo flexível para permitir a inovação, podendo-se estabelecer na fase de concepção apenas restrições de acordo com a capacidade do processo de fabricação ou eventualmente suprimi-las dependendo do grau de inovação pretendido. Esta flexibilização do primeiro estágio viabiliza a exploração de múltiplas alternativas de projeto e facilita o trabalho integrado dos grupos funcionais na solução do maior número possível de problemas antes que o conceito final seja escolhido, otimizando conseqüentemente a solução final e reduzindo as incertezas na fase de execução. O comprometimento com as decisões tomadas no estágio de criação aliado à padronização e controle mais rígido no segundo estágio (que se inicia após a aprovação e congelamento do conceito) permite que o tempo de implementação do projeto seja reduzido através do trabalho simultâneo e, considerando-se que a maior parte dos desembolsos ocorrem na fase de execução, é natural concluir que uma fase de criação mais longa, que permita resolver a maioria dos problemas e chegar a um conceito final maduro e otimizado em benefício de uma fase de execução mais rápida e previsível, contribui para reduzir montante e o prazo de retorno do investimento.

O poder de intervenção e a forma de atuação da engenharia de processo são dois aspectos fundamentais em um ambiente de produção enxuta e onde se busca um PDP orientado para a manufatura, como é o caso da empresa estudada neste trabalho, pois neste cenário a engenharia de processo deve ser o elo de ligação entre engenharia de produto e manufatura, atuando como filtro para impedir a criação de produtos que não atendam aos requisitos de manufaturabilidade e também na melhoria contínua dos processos e fluxos de valor.

Considerando-se o fato de que a melhoria do PDP está intimamente relacionada à melhoria da competência técnica para entendimento e solução de problemas, é preciso que a sua organização e dinâmica privilegiem o desenvolvimento

das pessoas, aumentando o seu conhecimento e deixando para o processo em si o papel servir como um guia, orientando as equipes em direção ao objetivo e estabelecendo as restrições e padrões necessários de acordo com o estágio do projeto. Na Toyota, esta ênfase nas pessoas se traduz em uma frase empregada por um ex-engenheiro chefe: “Quem projeta carros são as pessoas e não o sistema”.

O trabalho conseguiu cumprir os seus objetivos, chegando a um conjunto de propostas visando a melhoria do PDP de uma empresa de máquinas agrícolas baseado no estudo do modelo de PDP da Toyota e a partir da identificação dos principais problemas da situação atual do objeto de estudo. Trata-se de uma adaptação das principais práticas empregadas pela Toyota para uma aplicação real, cuja estruturação forma a base para a implementação.

Tais propostas certamente demandarão uma grande dose de esforço, mudança cultural e disciplina para serem implementadas e, sobretudo, incorporadas à rotina. Neste sentido apresentam-se como principais desafios:

- A consolidação do papel dos gerentes de projeto como liderança integradora;
- O planejamento multifuncional buscando um comprometimento de toda a empresa para com as metas do projeto;
- O equilíbrio entre os papéis da engenharia de produtos e engenharia de processos, com aumento gradual do poder de intervenção da segunda;
- A extensão da fase de criação em benefício de uma execução mais rápida, previsível, padronizada e simultânea;
- A consciência de que a facilidade de fabricação e montagem é tão importante quanto o desempenho funcional;
- A ênfase nas pessoas e não no processo;

Embora o escopo do trabalho não tenha compreendido a implementação das ações propostas, no final do capítulo 4 foram sugeridos alguns critérios para priorização e uma sequência de implantação foi proposta para a empresa estudada. Obviamente esta sequência é apenas um ponto de partida e será diferente dependendo da situação do processo no momento em que a implantação ocorrer de fato.

No momento em que este trabalho de pesquisa foi concluído, algumas das propostas apresentadas já haviam sido priorizadas e se encontravam em andamento, são elas:

- Formalização do PDP: a cada projeto o modelo de referência ilustrado na figura 4.5 tem sido rediscutido e melhorado pelo comitê de engenharia e demais participantes do processo;
- Redução do número de projetos simultâneos: tem sido feito um esforço para melhoria dos critérios de análise e seleção de projetos de modo a ajustar gradativamente o número de projetos ativos à capacidade disponível;
- Participação de fornecedores no PDP: a empresa tem procurado ampliar a participação de parceiros no desenvolvimento de subsistemas e componentes que não fazem parte das suas competências essenciais, como por exemplo sistemas hidráulicos, transmissões e parte da construção de ferramentais;
- Padronização de produtos: foi priorizado estrategicamente um projeto de análise e exclusão de produtos sobrepostos ou de baixo volume de vendas e redução do número de plataformas ativas, cujos resultados esperados são o ganho de escala, a diminuição dos estoques e das despesas gerais de fabricação.

Para estimular a continuidade do estudo das práticas de PDP da Toyota e de como estas contribuem para a melhoria contínua de desempenho deste processo, apresenta-se algumas sugestões para pesquisas futuras.

- Adaptação e aplicação dos princípios e práticas do PDP da Toyota a empresas de outros segmentos industriais, especialmente àquelas adeptas da produção enxuta;
- Desenvolvimento de uma metodologia para a implementação do modelo de PDP da Toyota, ou ainda de um modelo de referência para o PDP baseado nas práticas da Toyota;
- Avaliação do papel da engenharia de processos no PDP e como o aumento do seu poder de intervenção pode contribuir para a redução dos custos e do tempo de desenvolvimento, padronização e qualidade do produto final;
- Estudo do impacto da aplicação da ESBC, da prática de retardar o máximo possível a escolha das especificações finais e da experimentação e testes com protótipos parciais na qualidade do projeto final;
- Estudo sobre como os arranjos organizacionais, por exemplo a organização em centros de desenvolvimento da Toyota ou segmentação por negócios da empresa estudada, podem influenciar a integração intra e interprojetos e o compartilhamento de tecnologias subsistemas e componentes;

- Discussão das vantagens e desvantagens de um PDP altamente estruturado, com fases, entregas e atividades bem definidas e baseado no controle versus um PDP resumido em suas fases e momentos de integração e baseado em responsabilidade;

Por fim, cabe relatar o aprendizado do autor como pesquisador, estudioso e praticante do tema, seja através do conhecimento teórico extraído da literatura consultada, ou do conhecimento prático adquirido nas várias horas de discussão de conceitos e trocas de idéias com os demais participantes do processo estudado. A elaboração do trabalho proporcionou ainda um grande aprendizado sobre a importância do estabelecimento de objetivos, planejamento e foco, e do papel fundamental do trabalho em equipe e da busca de consenso nas decisões como uma das melhores formas de conseguir sinergia, alinhamento e comprometimento para a realização das metas.

## REFERÊNCIAS

ADLER, P. S., COLE, R. E. Designed for Learning: a tale of two auto plants. **Sloan Management Review**, Spring 1993, v.34, n.3, p.85-93.

ADLER, P. S. et al. Getting the Most out of Your Product Development Process. **Harvard Business Review**, March-April 1996, v.74, n.2, p.134-152.

ADLER, P. S. Building Better Bureaucracies. **Academy of Management Executive**, November 1999, v.13, n.4, p.36-47.

AGUIAR, A., ROZENFELD, H. Organização para o Desenvolvimento de Produtos. Disponível em: <[http://www.numa.org.br/conhecimentos/.../Times\\_de\\_Desenvolvimento\\_de\\_Produtosv2.htm](http://www.numa.org.br/conhecimentos/.../Times_de_Desenvolvimento_de_Produtosv2.htm)>. Acesso em: 06 ago. 2002.

ALVES, R. **Filosofia da Ciência**: introdução ao jogo e suas regras. 21 ed. São Paulo: Brasiliense, 1995.

AMARAL, D. C. Arquitetura para Gerenciamento de Conhecimentos Explícitos sobre o Processo de Desenvolvimento de Produto. São Carlos, 2001. 215p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Universidade de São Paulo.

AMARAL, D. C. Introdução ao Desenvolvimento de Produtos. In: I SEMANA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – SEMEP, 20 a 24 de Setembro, 2004, São Carlos – SP.

BALLÉ, F., BALLÉ, M. **Lean Development**: a knowledge system. February, 2005. 31p. Disponível em <[http://www.leaninstituut.nl/publications/lean\\_development\\_system.pdf](http://www.leaninstituut.nl/publications/lean_development_system.pdf)>. Acesso em: 23 mai. 2005.

BARBOSA, C. A. **Revista Metalurgia & Materiais**, 2001. Disponível em: <<http://www.anpei.org.br/clip.asp?pub=92>>. Acesso em: 06 nov. 2002.

BERTO, R. M. V. S., NAKANO, D. N. A Produção Científica nos Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção: um levantamento de métodos e tipos de pesquisa. In: **XIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP) e V International Congress of Industrial Engineering (ICIE)**, Rio de Janeiro, Novembro 1999. Anais, UFRJ/ABEPRO, 1999. (CD-ROM).

BLECHER, N. O Melhor Caminho Para Inovar. In: Estudo Exame Inovação & Empreendedorismo. **Revista Exame**, 29 mar. 2006, edição 864, ano 40, n.6. p.2-5.

BRYMAN, A. **Research Methods and Organization Studies**. London: Unwin Hyman, 1989.

BROWN, S. L., EISENHARDT, K. M. Product Development: past research, present findings and future directions. **Academy of Management Review**, 1995, v.20, n.2, p.343-378.

BROWNING, T. R. Value-Based Product Development: refocusing lean. **Engineering Management Journal**, 2000, p.168-172.

CHALMERS, A. F. **O Que é Ciência, Afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1995.

CHASE, James P. **Value Creation in the Product Development Process**. Cambridge, December 2001. 133p. Master of Science in Aeronautics and Astronautics. Massachusetts Institute of Technology.

CLARK, K.B. et al. Product Development in the World Auto Industry. **Brookings Papers on Economic Activity**, 1987, n.3, p.729-781.

CLARK, K.B., FUJIMOTO, T. **Product Development Performance: strategy, organization and management in the world auto industry**. Boston: Harvard Business School Press, 1991.

CLARK, K. B., WHEELWRIGHT, S. C. **Managing New Product and Process Development: text and cases**. New York: The Free Press, 1993. 896p.

CLAUSING, D.. **Total Quality Development: a step-by-step guide to world-class concurrent engineering**. New York: ASME Press, 1994. 505p.

CNA. **Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil**. Disponível em: <<http://www.cna.org.br/cna/index.wsp>>. Acesso em: 19 mai. 2005.

COOPER, R. G. et al. **Portfolio Management for New Products**. Reading, Massachusetts: Perseus Books, 1998.

COOPER, R. G. et al. New Product Portfolio Management: practices and performance. **Journal of Product Innovation Management**, 1999, v.16, n.4, p.333-351.

CORREA, C. Por Dentro da Maior Montadora do Mundo. **Revista Exame**, Maio de 2007, v.41, n.892, p.22-30.

COUGHLAN, P., COUGHLAN, D. Action Research for Operations Management. **International Journal of Operations & Production Management**, 2002, v.22, n.2, p.220-240.

CRAWFORD, C. M. The Hidden Costs of Accelerated Product Development. **IEEE Engineering Management Review**, Summer 1993, v.21, n.2, p.21-28.

CRESWELL, John W. **Research Design: qualitative & quantitative approaches**. London: Sage, 1994.

CROSSAN, M. M. et al. A Organizational Learning Framework : from intuition to institution. **Academy of Management Review**, 1999, v.24, n.3, p.522-537.

CUSUMANO, M. A., NOBEOKA, K. **Thinking Beyond Lean**: how multi-project management is transforming product development at Toyota and other companies. New York: Free Press, 1998. 248p.

DAVENPORT, T. H. **Reengenharia de Processos**. Rio de Janeiro: Campus, 1994. 391p.

DYER, J. H., NOBEOKA, K. Creating and Managing a High-Performance Knowledge-Sharing Network: the Toyota case. **Strategic Management Journal**, March 2000, v.21, n.3, p.271-291.

FORD, D. N., SOBEK, D. K. Adapting Real Options to New Product Development by Modeling the Second Toyota Paradox. **IEEE Transactions on Engineering Management**, May 2005, v.52, n.2, p.175-185.

FUJIMOTO, T. **The Evolution of a Manufacturing System at Toyota**. New York: Oxford University Press, 1999.

FUNK, J. L. Japanese Product Development Strategies: a summary and propositions about their implementation. **IEEE Transactions on Engineering Management**, August 1993, v.40, n.3, p.224-236.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 3ed. São Paulo: Atlas, 1991. 159p.

GRIFFIN, A. Metrics for Measuring Product Development Cycle Time. **Journal of Product Innovation Management**, 1993, v.10, p.112-125.

GUIMARÃES, L. M. Gestão em Projetos e Desenvolvimento de Produtos. **Revista Falando de Qualidade**, Junho de 2004, p.74-82.

HOUSE, C. H., PRICE, R. L. The Return Map: tracking product teams. **Harvard Business Review**, January-February 1991, v.69, n.1, p.92-101.

IANSITI, M. Shooting the Rapids: managing product development in turbulent environments. **California Management Review**, Fall 1995, v.38, n.1, p.37-58.

KAMATH, R. R., LIKER, J. K. A Second Look at Japanese Product Development. **Harvard Business Review**, November-December 1994, v.72, n.6, p.154-170.

KARLSSON, C., AHLSTROM, P. The Difficult Path to Lean Product Development. **Journal of Product Innovation Management**, July 1996, v.13, n.4, p.283-295.

KENNEDY, M. N. **Product Development for the Lean Enterprise:** why Toyota's system is four times more productive and how you can implement. 1<sup>st</sup> ed. Richmond: The Oaklea Press, 2003. 254p.

KOBE, G.. Process of Elimination. **Automotive Industries**, September 2001, v.181, n.9, p.29-31.

KRISHNAN, V., ULRICH, K. T. Product Development Decisions: a review of the literature. **Management Science**, January 2001, v.47, n.1, p.1-21.

LEAN INSTITUTE BRASIL. **Léxico Lean:** glossário ilustrado para praticantes do pensamento lean. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003. 98p.

LIKER, J. K. et al. Integrating Suppliers Into Fast-Cycle Product Development. In: LIKER, Jeffrey K., et al. **Engineered in Japan:** Japanese technology-management practices. New York: Oxford University Press, 1995, p.192-216.

LIKER, J. K. et al. Involving Suppliers in Product Development in the United States and Japan: evidence for set-based concurrent engineering. **IEEE Transactions on Engineering Management**, May 1996, v.43, n.2, p.165-178.

LIKER, J. K., CHOI, T. Y. Building Deep Supplier Relationships. **Harvard Business Review**, December 2004, v.82, n.6, p.104-113.

LIKER, J. K. **O Modelo Toyota:** 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Porto Alegre: Bookman, 2005. 316p.

MCMANUS, H. Product Development Value Stream Analysis and Mapping Manual (PDVSM) – Alpha Draft. **The Lean Aerospace Initiative**, March 2003, MIT, 82p.

MAPA. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.** Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em 20 mai. 2006.

MASCITELLI, R. **The Lean Design Guidebook:** everything your product development team needs to slash manufacturing cost. 1<sup>st</sup> ed. Northridge: Technology Perspectives, 2004.

MENDES, G. H. S., TOLEDO, J. C. Uma Visão dos Principais Arranjos Organizacionais Aplicados ao Desenvolvimento de Produto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO E DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS, 4, 6 a 8 de Outubro, 2003, Gramado – RS.

MORGAN, J. Applying Lean Principles to Product Development. **ASTM International Business**. Spring 2002. Disponível em: <<http://www.astm.org/cgi-bin/SoftCart.exe/BIZLINK/BusLinkA02/morgan.html?L+mystore+xkwz4376>>. Acesso em: 25 fev. 2004.

MORGAN, J. M., LIKER, J. K. **The Toyota Product Development System: integrating people, process and technology.** New York: Productivity Press, 2006. 377p.

MOURA, E. C. O desenvolvimento de produtos. **Revista Banas Qualidade**, Junho de 2002, n.121, p.29.

NOBEOKA, K. Reorganizing for Multi-project Management: Toyota's new structure of product development centers. **Research Institute for Economics and Business Administration**, Kobe University, 1995.

NOBEOKA, K. Inter-Project Learning in New Product Development. **Academy of Management Journal**, 1995b, p.432-436.

NOBEOKA, K, CUSUMANO, Michael A. Multiproject Strategy and Sales Growth: the benefits of rapid design transfer in new product development. **Strategic Management Journal**, March 1997, v.18, n.3, p.169-186.

NONAKA, I. The Knowledge-Creating Company. **Harvard Business Review**, November-December 1991, v.69, n.6, p.96-104.

OHNSMAN, A. Toyota Trimming Auto-Development Time to 12 Months. **Bloomberg.com**. Disponível em: <<http://www.artoflean.com/articles/pdfs/>>. Acesso em: 18 abr. 2006.

OKANO, I. Target Cost Management and Product Development at Toyota. **1995 Annual Sponsors Meeting**, Toronto, 1995.

PMBOK. **Um Guia do Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos.** 3 ed. Four Campus Boulevard, Newton Square, Pennsylvania: Project Management Institute, 2004. 388p. Disponível em: <<http://www.pmi.org/>>. Acesso em: 01 jan. 2006.

PRANCIC, E., MARTINS, R. A. Uma Revisão Teórica Sobre a Medição de Desempenho do Processo de Desenvolvimento de Produto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO E DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS, 4, 6 a 8 de Outubro, 2003, Gramado – RS.

ROMANO, L. N. **Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas.** Florianópolis, 2003, 266p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina.

ROZENFELD, H. Processo de Negócio. Disponível em: <[http://www.numa.org.br/conhecimentos/.../Processo\\_de\\_Negocio.htm](http://www.numa.org.br/conhecimentos/.../Processo_de_Negocio.htm)>. Acesso em: 06 ago. 2002.

ROZENFELD, H., AMARAL, D. C. Conceitos gerais de desenvolvimento de produto. Disponível em: <[http://www.numa.org.br/conhecimentos/.../Desenvolvimento\\_de\\_Produto.htm](http://www.numa.org.br/conhecimentos/.../Desenvolvimento_de_Produto.htm)>. Acesso em: 06 ago. 2002.

ROZENFELD, H. et al. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos**: uma referência para a melhora do processo. São Paulo: Saraiva, 2006. 542p.

RUY, M., ALLIPRANDINI, D. H. Aprendizagem Organizacional no Processo de Desenvolvimento de Produtos: uma revisão bibliográfica. In: **Anais do 2º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto**, São Carlos, Brasil, Anais, p.302-308, Agosto, 2000.

RUY, M. **Aprendizagem Organizacional no Processo de Desenvolvimento de Produtos**: estudo exploratório em três empresas manufactureiras. São Carlos, 2002. 131p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos.

SAKO, M. Supplier Development at Honda, Nissan and Toyota: comparative case studies of organizational capability enhancement. University of Oxford, November 1993, 44p.

SANTOS, J. P. A. **O projeto do Produto em Ambiente de Engenharia Simultânea**. São Carlos, 1995. 131p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Escola de Engenharia de São Carlos.

SANTOS, A. R. et al. **Gestão do Conhecimento**: uma experiência para o sucesso empresarial. Curitiba: Champagnat, 2001. 267p.

SEIBEL, F. O Outro Presidente Operário. **Revista Exame**, 01 mar. 2006, edição 862, ano 40, n.4. Disponível em: <<http://portalexame.abril.com.br/revista/exame/edicoes/0862/internacional/m0080817.html>>. Acesso em: 10 mai. 2006.

SENGE, P. M. et al. **A Dança das Mudanças**: os desafios de manter o crescimento e o sucesso em organizações que aprendem. Rio de Janeiro: Campus, 1999. 676p.

SILVA, E. L., MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2000, 118p.

SILVA, M. M. **Aprendizagem Organizacional no Processo de Desenvolvimento de Produtos**: investigação do conhecimento declarativo no contexto da sistemática de stage-gates. São Carlos, 2003. 151p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos.

SMITH, P. G., REINERTSEIN, D. G. **Desenvolvendo Produtos na Metade do Tempo**: a agilidade como fator decisivo diante da globalização do mercado São Paulo: Futura, 1997. 358p.

SOBEK, D. K., WARD, A. C. Principles from Toyota's Set-Based Concurrent Engineering Process. In: THE 1996 ASME DESIGN ENGINEERING TECHNICAL CONFERENCES AND COMPUTERS IN ENGINEERING CONFERENCE. August 18-22, 1996, Irvine, California. **Proceedings**. 9p.

SOBEK, D. K. Product-Process Integration: two models from the automobile industry. Working paper, 1997.

SOBEK, D. K. et al. Another Look at How Toyota Integrates Product Development. **Harvard Business Review**, July-August 1998, v.76, n.4, p.36-49.

SOBEK, D. K. et al. Toyota's Principles of Set-Based Concurrent Engineering. **Sloan Management Review**, Winter 1999, v.40, n.2, p.67-83.

SOBEK, D. K. et al. Toyota Finds That Conflict Can Pay. **Human Resource Management International Digest**, November-December 1999b, v.7, n.6, p.31-34.

SOBEK, D. K. Toyota's Chief Engineer System. **LAI Plenary Conference**, March 27, 2002, Los Angeles, CA. Disponível em: <lean.mit.edu>. Acesso em: 13 jun. 2005.

SOBEK, D. K., JIMMERSON, C. A3 Reports: tool for process improvement. In: THE 2004 INDUSTRIAL ENGINEERING RESEARCH CONFERENCE. Houston, Texas. **Proceedings**. 6p. Disponível em: <[http://www.coe.montana.edu/ie/faculty/sobek/IOC\\_Grant/IERC\\_2004.pdf](http://www.coe.montana.edu/ie/faculty/sobek/IOC_Grant/IERC_2004.pdf)>. Acesso em: 12 mai. 2005.

SPEAR, S., BOWEN, H. K. Decoding the DNA of the Toyota Production System. **Harvard Business Review**, September-October 1999, v.77, n.5, p.97-106.

SPEAR, S. J. Learning to Lead at Toyota. **Harvard Business Review**, May 2004, v.82, n.6, p.78-86.

SYAN, C. S., MENON, U. **Concurrent Engineering: concepts, implementation and practice**. London: Chapman & Hall, 1994.

TAKEUCHI, H., NONAKA, I. The New New Product Development Game. **Harvard Business Review**, January-February 1986, v.64, n.1, p.137-146.

THIOLLENT, Michel. A pesquisa-ação e seus compromissos. In: THIOLLENT, Michel. **Pesquisa-Ação nas Organizações**. São Paulo: Atlas, 1997.

THIOLLENT, M. **Metodologia da Pesquisa-Ação**. 8 ed. São Paulo: Cortez, 1998. 108p.

THOMKE, S., FUJIMOTO, T. The Effect of "Front-Loading" Problem-Solving on Product Development Performance. **Journal of Product Innovation Management**, March 2000, v.17, n.2, p.128-142.

TOLEDO, J. C. et al. Modelo de Referência para Gestão do Processo de Desenvolvimento de Produto: aplicações na indústria brasileira de autopeças. São Carlos, 2002. 335p.

TOLEDO, J. C. Gestão do processo de desenvolvimento de produto. 2000, 5p. Disponível em: <<http://www.dep.ufscar.br/pet/boletim6.htm>>. Acesso em: 26 jul. 2002.

VALERI, S. G. **Estudo do Método de Aprovação de Fases no Processo de Desenvolvimento de Produtos em uma Indústria Automobilística**. São Carlos, 2000. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos.

WALTON, M. Strategies For Lean Product Development: a compilation of lean aerospace initiative research. **The Lean Aerospace Initiative Report Series**, September 1999, MIT, 93p.

WARD, A. C. et al. The Second Toyota Paradox: how delaying decisions can make better cars faster. **Sloan Management Review**, Spring 1995, v.36, n.3, p. 43-61.

WARD, A. C. et al. Toyota, Concurrent Engineering and Set-Based Design. In: LIKER, Jeffrey K., et al. **Engineered in Japan: Japanese technology-management practices**. New York: Oxford University Press, 1995b, p.192-216.

WARD, A. C. **Learning the Lean Development System**. 2000. Disponível em: <[lean.mit.edu](http://lean.mit.edu)>. Acesso em: 20 mai. 2005.

WARD, Allen C. **Sistema Lean de Desenvolvimento: conceitos e aplicações** (apostila). São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

WHEELWRIGHT, S. C., CLARK, K. B. Creating Project Plans to Focus Product Development. **Harvard Business Review**, March-April 1992, v.70, n.2, p.70-82.

WHEELWRIGHT, S. C., CLARK, K. B. **Leading Product Development: the senior manager's guide to creating and shaping the enterprise**. New York: The Free Press, 1995. 176p.

WOMACK, J. P. et al. **A Máquina que Mudou o Mundo**. 3 ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

WOMACK, J. P., JONES, D. T. From Lean Production to the Lean Enterprise. **Harvard Business Review**, March-April 1994, v.72, n.2, p.93-103.

WOMACK, J. P., JONES, D. T. **A Mentalidade Enxuta nas Empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. 7 ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998. 4