

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, PROCESSO E PRODUÇÃO E SUAS  
INTERFACES: UM ESTUDO DE CASO EM INDÚSTRIA DE AUTOPEÇAS.**

**Alberto Leon de Paula Simões**

**Porto Alegre, Abril de 2004.**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, PROCESSO E PRODUÇÃO E SUAS  
INTERFACES: UM ESTUDO DE CASO EM INDÚSTRIA DE AUTOPEÇAS.**

**Alberto Leon de Paula Simões**

**Orientador: Professor Doutor José Luis Duarte Ribeiro**

**Banca Examinadora:**

**Prof. (a) Dr. (a) Márcia Echeveste  
ESTATÍSTICA / UFRGS**

**Prof. Dr. Gilberto Dias da Cunha  
PPGEP / UFRGS**

**Prof. Dr. Carlos Alberto Costa  
DEMC / UCS**

**Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de  
Produção como requisito parcial à obtenção do título de  
MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**Área de Concentração: Qualidade e Gerência de Serviços**

**Porto Alegre, Abril de 2004.**

**Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.**

**Professor Orientador**

Prof. José Luis Duarte Ribeiro, Dr.

**Professor José Luis Duarte Ribeiro, Dr.**

Coordenador PPGEP / UFRGS

**Banca Examinadora:**

**Márcia Echeveste, Dr. (a)**

Prof. (a) Depto. Estatística / UFRGS

**Gilberto Dias da Cunha, Dr.**

Prof. PPGEP / UFRGS

**Carlos Alberto Costa, Dr.**

Prof. Depto. Engenharia Mecânica / UCS

*“A coisa mais bonita que podemos experimentar é o mistério, que é a fonte de toda a verdadeira arte e da ciência”.*

*“Algo só é impossível até que alguém duvide e acabe provando o contrário”.*

*“A ciência sem religião é capenga; a religião sem ciência é cega”.*

*“O primeiro dever da inteligência é desconfiar dela mesma”.*

**Albert Einstein**

### ***Agradecimentos***

*Ao concluir este trabalho, concluo mais uma das etapas que constituem meu plano pessoal de aprendizado e desenvolvimento profissional, gostaria de fazer alguns agradecimentos.*

*Aos colegas e professores, em especial ao Prof. Dr. José Luis Duarte Ribeiro, pela atenção a mim disponibilizada ao longo dos doze meses necessários para a conclusão deste trabalho.*

*À minha família, em especial aos meus amores: minha esposa Ana Paola e minha filha Eduarda Maria, que entenderam o motivo de minha ausência durante o decorrer desta jornada.*

*Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.*

# ÍNDICE

<b>LISTA DE QUADROS.....</b>	<b>ix</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>x</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>xii</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xiv</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 Comentários Iniciais.....	1
1.2 Tema e Objetivos.....	3
1.3 Justificativa.....	4
1.4 Método do Trabalho.....	5
1.4.1 Revisão Bibliográfica.....	5
1.4.2. Estudo do Cenário Atual.....	5
1.4.3 Diagnóstico das Deficiências e Oportunidades de Melhoria.....	5
1.4.4 Plano de Intervenção.....	6
1.5 Limitações do Trabalho.....	6
1.6 Estrutura do Trabalho.....	6
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>9</b>
2.1 Projeto do Produto.....	9
2.1.1 Engenharia do Produto.....	12
2.1.2 Produto.....	12
2.1.3 Abordagens para o Desenvolvimento de Produtos.....	13
2.1.4 O Processo de Desenvolvimento de Produto.....	14
2.1.5 Etapas do Processo de Desenvolvimento de Produto.....	18
2.2 Projeto do Processo e Produção.....	24
2.2.1 Engenharia de Processo.....	25
2.2.2 Processo.....	25
2.2.3 Tipos de Processo.....	28
2.2.4 Melhorando o Processo.....	31
2.2.5 Matriz Produto-Processo.....	32
2.2.6 Produção.....	34

2.2.7 Modelo do Projeto do Processo em Produção.....	35
2.3 Interface entre Desenvolvimento de Produto e Produção.....	38
2.3.1 Integrando o Desenvolvimento de Produto e a Produção.....	39
2.3.1.1 O Envolvimento Antecipado da Produção: oportunidades e dificuldades.....	39
2.3.1.2 A Comunicação entre o Desenvolvimento de Produto e Produção.....	46
2.3.1.3 Engenharia de Produto x Engenharia de Processo.....	48
2.3.1.4 Tipos de Relacionamento entre o Desenvolvimento de Produto e Produção....	49
2.3.1.5 Engenharia Simultânea e Desenvolvimento Integrado de Produto.....	51
2.3.1.6 Projeto de Engenharia Orientado à Fabricação e à Montagem.....	56
2.3.2 Discussão de Estudo de Caso.....	60
2.3.3 Considerações Finais.....	63
<b>3 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS (PDP) UTILIZADO PELA EMPRESA EM ESTUDO.....</b>	<b>64</b>
3.1 Caracterização da Etapas do PDP.....	65
3.1.1 Etapa I – Pesquisa e Desenvolvimento.....	65
3.1.2 Etapa II – Desenvolvimento de Produtos <i>Standard</i> .....	66
3.1.3 Etapa III – Aplicação do Produto.....	66
3.1.4 Etapa IV – Produção.....	67
3.2 Detalhamento da Etapa III – Programa de Aplicação do Produto.....	67
3.2.1 Início do Projeto.....	68
3.2.2 Planejamento do Projeto.....	69
3.2.3 Confirmação do Projeto.....	69
3.2.4 Validação do Produto.....	69
3.2.5 Validação do Processo.....	70
3.2.6 Produção.....	70
3.2.7 Final do Projeto.....	71
3.3 Atual Estrutura da Engenharia de Produto, Processo e Produção na Empresa.....	72
3.3.1 Engenharia de Produto.....	72
3.3.2 Engenharia de Processo.....	72
3.3.3 Produção.....	73
3.3.4 Interfaces Estabelecidas entre os Departamentos Envolvidos no PDP.....	74
3.4 Integração da Engenharia de Processo à Engenharia de Produto: Experiência Vivenciada pela Empresa.....	82

3.5 Comentário Final sobre a Metodologia de PDP Utilizada pela Empresa.....	85
3.6 Análise das Deficiências da Atual Metodologia.....	85
3.6.1 Deficiências no Processo de Comunicação.....	87
3.6.2 Deficiências de Planejamento.....	91
3.6.3 Deficiências das Equipes de Projeto.....	94
3.6.4 Deficiências Relacionadas à Estrutura Física do Departamento de Engenharia de Produto.....	96
<b>4 PROPOSTA DE INTERVENÇÃO.....</b>	<b>98</b>
4.1 Estrutura Física do Departamento de Engenharia de Produto.....	98
4.1.1 Células de Desenvolvimento de Produto.....	98
4.1.2 Sala de Projeto.....	100
4.1.3 Área de Convivência.....	100
4.1.4 Estrutura Física Proposta.....	101
4.2 Criação de um Novo Departamento.....	101
4.2.1 Coordenador do Departamento de Engenharia de Produto.....	103
4.2.2 Engenheiro de Desenvolvimento.....	103
4.2.3 Estagiário.....	105
4.2.4 Introdução do Engenheiro de Desenvolvimento nas Células da Engenharia de Produto.....	105
4.3 Equipes de Trabalho.....	107
4.4 Discussão da Proposta Apresentada.....	109
4.4.1 Vantagens.....	109
4.4.2 Dificuldades para Implantação.....	110
4.4.3 Generalidades da Proposta.....	111
<b>5 COMENTÁRIOS FINAIS.....</b>	<b>113</b>
5.1 Conclusões.....	113
5.2 Sugestões para Trabalhos Futuros.....	114
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>116</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>121</b>

## **LISTA DE QUADROS**

QUADRO 1 – Equipe multidisciplinar de projeto (EMP): atual X proposta.....	108
--	-----

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Aumento da complexidade X redução do tempo para o desenvolvimento do produto.....	2
FIGURA 2 – Etapas do PDP, segundo Clark e Fujimoto (1991), Slack (1993), Pahl & Beitz (1996) e Kotler (2000).....	19
FIGURA 3 – Etapas do processo de desenvolvimento de produto proposto por Clark & Fujimoto (1991).....	21
FIGURA 4 – Tipos de processo em operações de manufatura.....	28
FIGURA 5 – Matriz produto-processo.....	33
FIGURA 6 – Processo de transformação “ <i>input-transformação-output</i> ”.....	34
FIGURA 7 – Modelo de projeto do processo.....	37
FIGURA 8 – Custo do ciclo de vida do produto em relação ao seu desenvolvimento.....	43
FIGURA 9 – Taxas de retorno nos diferentes estágios de desenvolvimento de novos produtos.....	44
FIGURA 10 – Etapas do PDP x custos de desenvolvimento.....	45
FIGURA 11 – Tipos de relacionamento entre desenvolvimento de produto e desenvolvimento de processo.....	50
FIGURA 12 – Fluxo de informação gerada com o uso do DFM/DFA.....	57
FIGURA 13 – Fluxograma do processo de desenvolvimento de produtos.....	65
FIGURA 14 – PDP: estágios do processo de desenvolvimento do produto.....	68
FIGURA 15 – Projeto do processo: dados de entrada X dados de saída.....	70
FIGURA 16 – Paralelismo entre os estágios do PDP.....	71
FIGURA 17 – Estrutura básica da engenharia de produto.....	72
FIGURA 18 – Estrutura básica da engenharia de processo.....	73
FIGURA 19 – Estrutura básica da base produtiva.....	74
FIGURA 20 – Atual interface entre produto, processo e produção.....	75
FIGURA 21 – Evolução do departamento de engenharia de produto.....	82
FIGURA 22 – Integração do engenheiro de processo à engenharia de produto.....	83
FIGURA 23 – Disponibilidade e distribuição da informação sobre os projetos dos quais participa.....	90
FIGURA 24 – Grau de informação sobre os projetos dos quais participa.....	90
FIGURA 25 – Atual <i>layout</i> do departamento de engenharia de produto.....	97
FIGURA 26 – <i>Layout</i> proposto para as células de desenvolvimento de produto.....	99

FIGURA 27 – <i>Layout</i> proposto para o departamento de engenharia de produto.....	102
FIGURA 28 – Organograma do departamento de engenharia de desenvolvimento.....	102
FIGURA 29 – Fluxo de informação esperado a partir da introdução do engenheiro de desenvolvimento na célula de desenvolvimento de produto.....	106

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Melhorias de projeto na peça de fixação da Xerox.....	59
--	----

## RESUMO

O tema desta dissertação de mestrado é a interface existente entre os departamentos de desenvolvimento de produto e de produção. Primeiramente será apresentada uma revisão bibliográfica sobre projeto de produto, projeto de processo e produção e interface entre desenvolvimento de produto e produção, proporcionando o embasamento teórico sobre o assunto principal e os demais correlacionados. Em seguida, será apresentado um estudo de caso envolvendo uma empresa multinacional fabricante de autopeças. O estudo contempla a descrição do cenário, diagnóstico da situação atual, referente à metodologia utilizada pela empresa no processo de desenvolvimento de seus produtos, bem como a identificação dos pontos passíveis de melhoria, ou seja, as deficiências associadas ao modelo atual, referentes ao processo de comunicação, planejamento das atividades, equipes de projeto e estrutura física do departamento de engenharia de produto.

As dificuldades identificadas estão diretamente ligadas ao processo de desenvolvimento da interface entre a engenharia de produto, processo e produção. Deste modo, propôs-se um plano de intervenção composto pelas seguintes ações: i) alteração da estrutura física (*layout*) do departamento de engenharia de produto; ii) criação de um novo departamento e de um novo cargo, denominados, respectivamente, engenharia de desenvolvimento e engenheiro de desenvolvimento, responsáveis por desenvolver a interface entre as engenharias de produto, processo e produção; iii) reestruturação das equipes multidisciplinares de projeto.

O plano de intervenção proposto objetiva amenizar as dificuldades identificadas durante a análise da metodologia utilizada pela empresa para o PDP. Com isso, pretende-se estabelecer uma melhor interface entre as engenharias de produto, processo e produção.

## ABSTRACT

The subject of this work is the interface between the departments of product development and manufacturing. Initially, a literature survey about product development, manufacturing, processes and operations management, and the interface between the product development and the manufacture is presented. Next, a case study in a multinational autoparts company is presented and discussed. The study contemplates the description of the company scenario, diagnosis of the current situation regarding the methodology applied to the product development process, as well as the identification of the points susceptible to improvement as the communication process, the activities planning, the design teams management, and the physical structure of the product engineering department.

The identified difficulties are directly related to the interface between product design, manufacturing process and operations management. An intervention plan is proposed, composed by the following actions: (i) a layout change at the product engineering department; (ii) the creation of a new department (performance engineering) and a new occupation (performance engineer); (iii) the reorganization of the design team structure.

The proposed plan is expected to overcome the difficulties identified through out the diagnosis process, establishing a better interface between the product, the manufacturing process and the operations management.

# **1 Introdução**

## **1.1 Comentários Iniciais**

A globalização mundial e os crescentes avanços tecnológicos aumentaram significativamente a concorrência em diversos segmentos de mercado. Com uma oferta de produtos maior do que a demanda e com consumidores mais exigentes, as condições para que as empresas não apenas mantenham sua participação, mas que principalmente conquistem novas porções dentro de um ambiente altamente competitivo, têm-se tornado mais severas.

Um produto começa a ser ameaçado quando a concorrência lança um produto similar com atributos adicionais, maior qualidade e confiabilidade, menor custo ou num curto espaço de tempo.

A rapidez com que uma empresa consegue desenvolver, produzir e introduzir novos produtos influenciará diretamente a manutenção da sua participação no mercado. Para tal, necessita-se na maioria dos casos estudar e reorganizar o processo de desenvolvimento de produtos (PDP), incluindo a interface entre o desenvolvimento do produto e a produção tornando-os o mais alinhado possível.

Os consumidores buscam produtos novos, acessíveis, que apresentam qualidade superior. Dessa forma há uma crescente conscientização de que bens e serviços de alta qualidade podem dar a uma organização considerável vantagem competitiva. Boa qualidade reduz os custos de retrabalho, refugo e devolução e, mais importante, boa qualidade gera consumidores satisfeitos (SLACK et al., 1997).

Segundo Campos (1999), um produto ou serviço de qualidade é aquele que atende perfeitamente (projeto perfeito), de forma confiável (sem defeitos), de forma acessível (baixo custo), de forma segura (segurança ao cliente) e no tempo certo (entrega no prazo certo, no local certo e na quantidade certa) às necessidades do cliente.

O desenvolvimento de novas tecnologias e a disputa pela conquista de mercado estão levando a uma redução do ciclo de vida dos produtos. Com a tendência de ciclos de vida de produtos mais curtos, as empresas de sucesso devem ser capazes de (a) gerar continuamente idéias de novos produtos, (b) converter estas idéias em projetos funcionais confiáveis, fáceis para o usuário, (c) assegurar que estes projetos sejam prontamente produzíveis e (d) selecionar os processos adequados que sejam mais compatíveis possíveis com as necessidades do

consumidor, desde uma perspectiva técnica como também de atendimento ao mesmo. Além disso, tudo deve ser feito dentro de períodos de tempo cada vez menores (DAVIS et al., 2001).

A partir da década de 80 até o presente momento, verifica-se que a complexidade dos produtos cresce enquanto o tempo utilizado para seu desenvolvimento decresce. A figura 1 ilustra tal afirmação (PRASAD, 1996).

De acordo com o gráfico apresentado na figura 1, entre 1980 e 1985 o tempo necessário para desenvolver um projeto muito simples era em média 4,5 anos. Em meados de 2000 era possível desenvolver um projeto muito complexo em 2,5 anos em média. O tempo de desenvolvimento foi reduzido quase que em 50%, mesmo considerando projetos de maior complexidade.

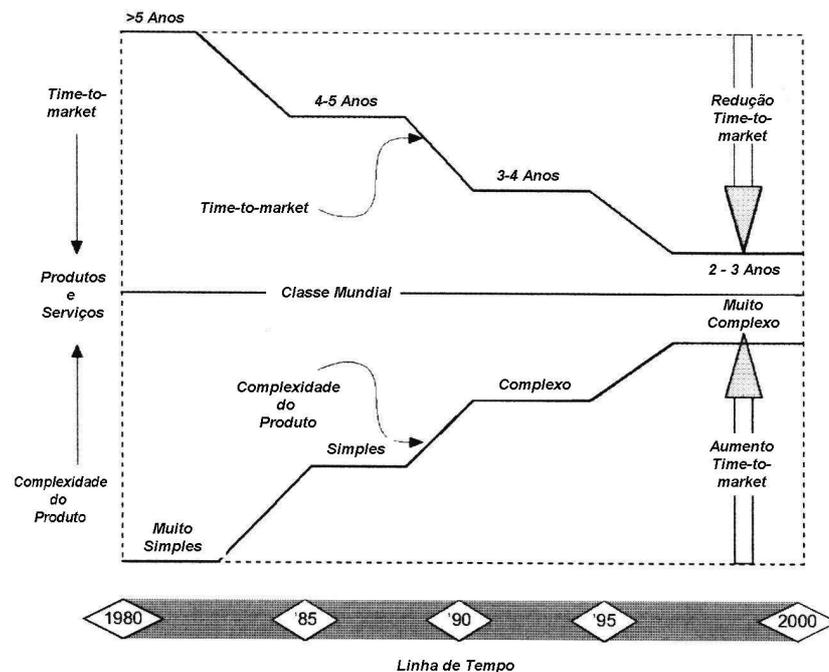


Figura 1 – Aumento da Complexidade X Redução do tempo para o desenvolvimento do produto. Fonte: Prasad, 1996, p.209.

Desenvolver produtos mais complexos em tempos cada vez menores gera alterações tecnológicas e organizacionais tornando seu processo de desenvolvimento mais complexo, dificultando o gerenciamento do desenvolvimento do produto (WILLIAMS, 1999).

O desenvolvimento de novos produtos é o foco da competição industrial. Ao longo do mundo gerentes acreditam que desenvolver novos produtos, mais rápido, melhores, mais eficientes e mais efetivamente é o topo da competitividade. Desenvolvimento de novos produtos relaciona-se fortemente com custo, qualidade, satisfação do cliente e vantagem competitiva (CLARK e FUJIMOTO, 1991).

Otimizar a interface existente entre desenvolvimento de produto e produção, é um ponto chave para a garantia da competitividade e posicionamento estratégico da empresa no mercado.

## **1.2 Tema e Objetivos**

O tema deste trabalho é o estudo da interface existente entre os departamentos de desenvolvimento de produto e produção, a fim de estabelecer uma abordagem que oportunizará a elaboração de um diagnóstico contendo propostas de melhoria.

O objetivo geral do trabalho é planejar o aprimoramento da interface existente entre os departamentos de desenvolvimento de produto e produção.

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Apresentar uma revisão bibliográfica sobre projeto de produto, projeto de processo e produção e interface entre desenvolvimento e produto e produção;
- Apresentar a atual metodologia utilizada em uma empresa fabricante de autopeças no processo de desenvolvimento de seus produtos;
- Investigar a atual interface entre os departamentos de desenvolvimento de produto e produção estabelecida na empresa em questão, bem como o relacionamento entre engenheiros de produto, processo e produção;
- Identificar as principais deficiências apresentadas pela metodologia utilizada pela empresa quanto ao PDP;
- Propor um plano de intervenção que vise eliminar as deficiências identificadas na análise da metodologia, proporcionando uma melhor integração entre as engenharias de produto, processo e produção.

### 1.3 Justificativa

A justificativa principal do tema abordado neste trabalho é a sua abrangência e o interesse que desperta entre executivos de empresas de diferentes ramos de atividade industrial que buscam uma interface entre desenvolvimento de produto e produção tão otimizada quanto possível, pois consideram-na um dos pontos chave para o crescimento da empresa tanto como organização quanto em participação no mercado.

Segundo Cunha (2001), a fim de alcançarem níveis mínimos necessários de produtividade, as empresas industriais devem ter seu sistema de produção baseado em três elementos fundamentais: qualidade, flexibilidade e integração.

- **Qualidade:** Qualidade do produto e qualidade de produção. A qualidade do produto é avaliada pelo grau de satisfação do cliente e a qualidade da produção, relacionando com os índices apresentados pelo sistema produtivo e incide diretamente sobre os custos finais dos produtos efetivamente fornecidos ao mercado.
- **Flexibilidade:** Existe a flexibilidade do perfil de produtos oferecidos ao mercado, como contrapartida a uma demanda variável por diferentes tipos de produtos, e a flexibilidade do sistema produtivo em ajustar-se a esse tipo de demanda.
- **Integração:** Integração entre homens e equipamentos e integração entre os diferentes setores e departamentos da empresa. Em ambos os casos, estão presentes a necessidade de ser viabilizado um fluxo de informações circulantes na empresa num modo mais eficiente e utilizável.

Dentro desse esforço de aproximação de pessoal de áreas diferentes da engenharia, destaca-se o ganho com o estreitamento do relacionamento técnico entre as áreas de projeto e fabricação (CUNHA, 2001).

Integrar o projeto de processo com o projeto de produto refere-se às atividades iniciais de envolvimento entre os projetistas de produto, os projetistas de processo e o pessoal da manufatura (DAVIS et al., 2001).

O desempenho do processo de manufatura depende da capacidade das empresas para gerir o processo de desenvolvimento e aperfeiçoamento dos produtos e interagir com o

mercado e com as fontes de inovação tecnológica (TOLEDO apud FERRARI e TOLEDO, 1999).

## **1.4 Método do Trabalho**

A abordagem utilizada neste trabalho foi o estudo de caso.

O estudo de caso é caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, de maneira que permita o seu amplo e detalhado conhecimento (GIL, 1991).

Estudo de caso como método de pesquisa pode ser classificado como um conjunto de dados que descrevem uma fase ou a totalidade do processo social de uma unidade, em várias relações internas e nas suas fixações culturais, quer seja essa unidade uma pessoa, uma família, um profissional, uma instituição social, uma comunidade ou uma nação (YOUNG apud GIL, 1991).

O método utilizado para desenvolver esta dissertação será composto por quatro etapas.

### **1.4.1 Revisão Bibliográfica**

O início dar-se-á com a apresentação de uma revisão bibliográfica composta por livros técnicos e artigos científicos. O objetivo é obter o domínio teórico do tema em estudo.

### **1.4.2 Estudo do Cenário Atual**

Posterior à revisão bibliográfica, será apresentada a metodologia utilizada para o desenvolvimento de produtos em uma empresa multinacional fabricante de autopeças, dando enfoque ao modo como é estabelecida a interface entre engenharia de produto, processo e produção.

### **1.4.3 Diagnóstico das Deficiências e Oportunidades de Melhoria**

Esta etapa dará condições para que sejam entendidos os problemas básicos existentes entre as áreas em questão na empresa analisada.

#### **1.4.4 Plano de Intervenção**

Aliando o conhecimento teórico obtido a partir da revisão bibliográfica, prático obtido com o estudo desenvolvido na empresa, à experiência profissional do autor, será estabelecida uma abordagem para melhorar a interface existente entre desenvolvimento de produto e produção.

Serão avaliados durante todo o processo de desenvolvimento da metodologia de trabalho aspectos culturais, tecnológicos e sociais da organização estudada.

#### **1.5 Limitações do Trabalho**

A empresa em estudo é caracterizada por apresentar o departamento de desenvolvimento de produto e de produção sediados na mesma planta industrial. Os dados apresentados servem como referência para empresas que apresentem este tipo de estrutura departamental.

O trabalho abordará as interfaces físicas, comportamentais, organizacionais e tecnológicas estabelecidas entre os departamentos de engenharia de produto, processo e produção.

Para empresas que possuem estes departamentos em plantas industriais sediadas em locais diferentes a validade do modelo não é garantida, pois tal situação não foi verificada neste trabalho.

Não será possível apresentar os resultados obtidos a partir das diretrizes traçadas e da implantação do plano de intervenção devido ao curto espaço de tempo disponível para seu desenvolvimento.

#### **1.6 Estrutura do Trabalho**

O presente trabalho de mestrado acadêmico será dividido em 5 capítulos.

A seguir será apresentado o conteúdo resumido de cada um dos capítulos.

O capítulo 1 apresenta o cenário atual onde está inserido o trabalho, seu tema e relevância, os objetivos gerais e específicos a serem atingidos, a justificativa para o tema e para os objetivos, o método de trabalho a ser desenvolvido de modo a atingir os objetivos e as limitações do trabalho.

No capítulo 2, será apresentada uma revisão bibliográfica, dividida em três partes.

A primeira irá tratar sobre projeto de produto que apresentará conceitos básicos sobre desenvolvimento de produto, engenharia de produto e produto; abordagens para o desenvolvimento de produto; o processo de desenvolvimento de produto, enfatizando as etapas propostas por diferentes autores e particularizando o modelo proposto por Clark & Fujimoto (1991).

A segunda etapa irá tratar sobre projeto do processo responsável pela fabricação do produto. Serão apresentadas definições conceituais básicas, de acordo com o ponto de vista de diversos autores; tipos de processo de produção; oportunidades de melhoria no processo; e um modelo de projeto do processo de produção.

Por fim, a terceira etapa da revisão bibliográfica irá tratar da essência deste trabalho, a interface entre desenvolvimento de produto e produção. Iniciar-se-á a terceira etapa da revisão bibliográfica com definições sobre o assunto “interface entre desenvolvimento de produto e produção”, em seguida serão apresentadas as oportunidades e dificuldades advindas do envolvimento antecipado da produção no desenvolvimento do produto; a importância da comunicação entre o desenvolvimento de produto e a produção; um breve comparativo entre engenharia de produto e engenharia de processo; os tipos de relacionamentos entre desenvolvimento de produto e produção; a engenharia simultânea e o desenvolvimento integrado de produto; desenho orientado a fabricação e montagem; e por fim, a discussão de três estudos de caso: o primeiro sobre a prática adotada pela GM para o processo de desenvolvimento de seus produtos; o segundo sobre a equipe de projeto do Ford Taurus; e o terceiro sobre o desenvolvimento do motor LT-5 do esportivo Corvette ZR-1.

No capítulo 3, será apresentado o cenário atual da empresa em estudo quanto ao seu processo de desenvolvimento de produto e a forma como estabelece a interface engenharias de produto, processo e produção, bem como as dificuldades relacionadas tanto ao PDP quanto à interface.

O capítulo 4 apresentará uma proposta de intervenção, cujo objetivo é atacar as deficiências apresentadas no capítulo anterior.

No capítulo 5, serão apresentadas a conclusão e as sugestões de trabalhos futuros.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Neste capítulo, são abordados três assuntos principais: o projeto do produto; o projeto do processo que irá produzir o produto; e a interface existente entre o desenvolvimento de produto e a produção, subentendendo-se produção como processo de fabricação do produto.

Quanto ao projeto do produto, serão abordados, dentre outros assuntos, os seguintes: definições conceituais sobre desenvolvimento de um produto, engenharia de produto e produto; as abordagens utilizadas para o desenvolvimento do produto; e o processo de desenvolvimento do produto, detalhando as etapas propostas por autores como Pahl & Beitz (1996), Clark & Fujimoto (1991), Slack (1993) e Kotler (2000) para o processo de desenvolvimento do produto.

Já o projeto do processo de produção irá apresentar: as definições conceituais básicas sobre o processo que irá produzir o produto, engenharia de processo e processo; os tipos de processo existentes; como se pode melhorar o desempenho do processo de produção; um modelo do projeto do processo em produção proposto por Slack et al. (1997).

Finalmente, será apresentada a interface existente entre o desenvolvimento de produto e produção. Dentre outros tópicos, serão apresentados: definições conceituais relacionadas ao tema sob de acordo com o ponto de vista de alguns autores; as oportunidades e dificuldades advindas do envolvimento antecipado da produção no projeto do produto; a comunicação estabelecida entre as áreas de projeto e fabricação; as diferenças entre engenharia de produto e engenharia de processo; os tipos de relacionamentos que podem existir entre o desenvolvimento do produto e a produção; os meios utilizados para promover a aproximação entre as áreas, a engenharia simultânea e o desenho orientado à fabricação e montagem; e a discussão de três estudos de casos relacionados ao assunto.

### **2.1 Projeto de Produto**

Segundo Kaminski (2000), projeto é a atividade principal de quem desenvolve produtos. Todo e qualquer desenvolvimento envolve sempre fatores tecnológicos, econômicos, humanos e ambientais. O que varia de um produto para outro é a importância

relativa destes fatores, ou seja, o projeto é influenciado não só pela economia e tecnologia, mas também por fatores culturais, sociais e políticos.

Para Martins & Laugeni (1998), o projeto do produto é um elemento básico para a vantagem competitiva da empresa. É um campo específico de trabalho, extremamente dinâmico, que conta com especialistas de várias áreas do conhecimento.

Sob a ótica da engenharia de produto, projetar é o ato de conceber a estrutura de um produto, de modo a poder utilizá-lo num certo domínio com a finalidade de cumprir uma certa função, observando-se limitações de ordem econômico-financeira e tecnológicas. O foco da atividade denominada projeto de produto é o estabelecimento das características do produto, um processo que inicia na avaliação das necessidades e desejos do mercado consumidor e termina com a avaliação positiva do protótipo a ser produzido (CUNHA, 2001).

Ainda de acordo com Cunha (2001), a área de desenvolvimento de produtos pode ser dividida em 3 zonas distintas e interdependentes, apresentadas a seguir:

- Zona 1: está ligada aos ramos tradicionais da engenharia, focada na elaboração de produtos vistos essencialmente como sistemas técnicos. Desta forma, o processo de concepção desses sistemas constituirá o ponto central da atividade de desenvolvimento de produto;
- Zona 2: nesta zona, encontra-se a visão do produto como elemento capaz de satisfazer as necessidades e os desejos dos consumidores e como objeto de concretização do negócio da empresa. Suas principais preocupações são: definir o produto em sintonia com o propósito do negócio da empresa e analisar o comportamento do consumidor;
- Zona Intermediária (entre Zonas 1 e 2): é a mais recente criada, preocupa-se com o emprego mais adequado de métodos e técnicas organizacionais para o desenvolvimento de produto, adequação do produto ao usuário final e com a capacidade e a logística de produção instaladas na empresa. Pode-se definir esta zona como centro das atenções da Engenharia de Produção, e identificar como seu objeto de estudo a gestão do desenvolvimento do produto.

No entender de Clark & Fujimoto (1991), o desenvolvimento de produtos é o foco da competição industrial. Está diretamente ligado aos custos, qualidade e satisfação dos clientes, ou seja, à vantagem competitiva da empresa. Consideram ainda que a vantagem competitiva

do produto no mercado dependa da estratégia do produto; da gestão e organização do processo de desenvolvimento do produto.

Clark e Fujimoto (1991) definem desenvolvimento de produto como um processo no qual uma empresa converte oportunidades de mercado e recursos tecnológicos em informações para a fabricação do produto.

A inovação é um ingrediente vital para o sucesso dos negócios. A economia de livre mercado depende da competição industrial, cujo objetivo é superar os resultados obtidos pelo concorrente. As empresas precisam introduzir continuamente novos produtos para impedir que as mais agressivas acabem abocanhando parte de seu mercado (BAXTER, 2000).

Segundo Fleming & Koppelman (1996), o objetivo atual das empresas é transformar novas idéias em produtos o mais rápido possível sem reduzir sua qualidade final. Encurtar o tempo necessário para ir de uma idéia conceitual ao novo produto tangível, proporciona a empresa certa vantagem em relação ao concorrente. Quanto mais rápido a empresa conseguir introduzir seu novo produto no mercado, maior será o ciclo de vida do produto, conseqüentemente maior será o lucro da empresa.

O desenvolvimento de produtos vinha sendo tratado de maneira isolada pelas diferentes áreas de conhecimento especializado. Profissionais de engenharia tendem a pensar no desenvolvimento de produtos como atividades específicas de cálculos e testes; “*designers*” ou programadores visuais como o resultado de estudos de conceito; administradores como algo mais abstrato, independente do conteúdo tecnológico e voltado para os problemas organizacionais e estratégicos; especialistas em qualidade como a aplicação de ferramentas específicas. Quando transportadas para a prática, estes diferentes pontos de vista podem levar a muitos problemas e ineficiências, pois qualquer desenvolvimento, por maior a hegemonia de um determinado conteúdo tecnológico, implica em conhecimento de várias destas visões. Cada visão parcial carrega consigo uma linguagem e determinados valores próprios, que dificultam a integração entre os profissionais de cada uma dessas escolas (ROZENFELD & AMARAL, 2003).

### **2.1.1 Engenharia de Produto**

Tendo em vista o objetivo do projeto, a Engenharia de Produto executa um trabalho que utiliza todos os conhecimentos tecnológicos necessários à obtenção das partes estruturais e funcionais do objetivo para depois integrá-las e obter o produto final. Determina-se desta forma a filosofia do projeto, definição de formas, materiais e tolerâncias, relacionamentos e interfaces (mecânicas, elétricas, etc.), estudos ergonômicos, e técnicas associadas a dar condições de trabalho para os engenheiros de processo e produção (VALERIANO, 1998).

### **2.1.2 Produto**

Produto é algo que pode ser oferecido a um mercado para satisfazer uma necessidade ou desejo. As necessidades descrevem as exigências humanas básicas como: comida, ar, água, roupas e abrigo para sobreviver; além de necessidades de recreação, educação e entretenimento. Quando essas necessidades são dirigidas a objetos específicos capazes de satisfazê-las tornam-se desejos (KOTLER, 2000).

Segundo Cunha (2001), produto é o fruto de um trabalho empresarial dedicado/organizado cujo objetivo é atender algum tipo de desejo ou necessidade humana, deve possuir algum valor atribuível e provir de alguma atividade de transformação de recursos.

Cunha (2001) define ainda produto sob a ótica da Gestão do Negócio da empresa como o atendimento de necessidades do consumidor; sob a ótica da Gestão da Produção como demandante da aplicação de métodos e técnicas de organização; e sob a ótica dos Sistemas Técnicos como bem, artefato ou sistema técnico.

Para Kaminski (2000), produto é o resultado de um projeto de engenharia, desenvolvido e disponibilizado aos clientes com o objetivo de satisfazer necessidades individuais ou coletivas, como por exemplo:

- uma estação de tratamento de água;
- um produto industrial de consumo (caneta, automóvel, etc.);
- um novo meio de transporte;
- um processo de fabricação alternativo;
- um novo material;

- um programa de computador.

### 2.1.3 Abordagens Para o Desenvolvimento de Produtos

Diferentes áreas de conhecimento originam propostas para a análise e intervenções no processo de desenvolvimento de produtos. De acordo com Rozenfeld & Amaral (2001), as principais são apresentadas a seguir.

No final dos anos 80 e início dos anos 90, pessoas ligadas a Harvard e ao *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) desenvolveram importantes projetos de pesquisa sobre manufatura enxuta e gestão do processo de desenvolvimento de produto. Atualmente os conceitos gerados nesta pesquisa além de serem empregados por diversas pessoas que estudam ou trabalham com desenvolvimento de produto, constituem uma abordagem para gerenciar o PDP como apresentada nos livros de Clark & Wheelwright (1993)<sup>1</sup>. Nesta abordagem o processo de desenvolvimento de produtos é dividido em 3 etapas maiores: **estratégia de desenvolvimento**, que apresenta uma estrutura para o planejamento e gerenciamento do portfólio dos projetos em andamento; **gerenciamento do projeto específico**, que aborda o gerenciamento, a liderança e assuntos relacionados ao projeto específico; e **aprendizagem**, responsável por apresentar formas para garantir a melhoria do processo e a aprendizagem organizacional a partir da experiência obtida com o projeto.

A abordagem desenvolvida por Stuart Pugh (1991), *Total Design*, foi influenciada pela sua experiência prática como projetista e gerente de projetos durante anos em diversas empresas. A preocupação de Pugh era buscar uma visão total da atividade de projeto que superasse as visões parciais presentes em cada setor tecnológico específico. O modelo desenvolvido por Pugh, é composto por seis etapas interativas e aplicáveis a qualquer tipo de projeto. Cada etapa é representada por um cilindro significando que nela é empregado um conjunto específico de conhecimento composto por diversas visões tecnológicas.

Don Clausing (1993), somando os conceitos dos trabalhos de Pugh e Taguchi com os quais conviveu e trabalhou à sua experiência própria, propôs uma abordagem denominada *Total Quality Development*. O modelo proposto enfoca as técnicas de QFD, Método de Taguchi e Matriz de Pugh, além de conceitos sobre gerenciamento de times de

---

<sup>1</sup> CLARK, K.B.; WHEELWRIGHT, S.C. (1993) – Managing new product and process development: text and cases. New York: Free Press

desenvolvimento de produto. As etapas em que Clausing divide o PDP são: **conceito**, onde enfoca o QFD; **design**, dividido em projeto de subsistemas e projeto das partes; e **preparação/produção**, dividido em verificação do sistema, produção e produção piloto.

Prasad (1996) propõe uma sofisticada abordagem para a engenharia simultânea que engloba diversos fatores em uma estrutura bastante independente das fases de um PDP. A abordagem divide a engenharia simultânea em duas rodas: a primeira é denominada Organização do Produto e Processo (*Product and Process Organization Wheel – PPO*), que aborda fatores que determinam o grau de complexidade de gerenciamento do PDP e os fatores organizacionais; a segunda denominada Desenvolvimento de Produto Integrado (*Integrated Product Development Wheel – IPD*), que define de uma maneira bastante flexível a integração no processo de desenvolvimento de produto.

O Manual de Planejamento e Controle da Qualidade do Produto dentro do conjunto de normas da QS 9000 (APQP da QS 9000), apesar de não ter sido desenvolvido para desempenhar tal finalidade, possui uma estrutura que pode servir como referência para a estruturação e gerenciamento do PDP.

#### **2.1.4 O Processo de Desenvolvimento de Produto**

O processo de desenvolvimento de produtos é a atividade sistemática necessária desde a identificação do mercado/necessidades dos usuários até a venda de produtos capazes de satisfazer estas necessidades. Uma atividade que engloba produto, processos, pessoas e organização (*Total Design* de PUGH, 1990, p.5 apud ROZENFELD & AMARAL, 2003).

Segundo Baxter (2000), o processo de desenvolvimento de produtos é uma atividade complexa, pois requer pesquisa, planejamento, controle e uso de métodos sistemáticos que exigem uma abordagem interdisciplinar envolvendo marketing, engenharia de métodos e aplicação de conhecimentos de estética e estilo, ou seja, interesses e habilidades diversas devem ser envolvidas no processo, tais como: **consumidores**, que desejam novidades, melhores produtos a preços acessíveis; **vendedores**, que desejam diferenciações e vantagens competitivas; **engenheiros de produção**, que desejam simplicidade na fabricação e montagem; **designers**, que gostariam de experimentar novos materiais, processos e soluções

formais; e os **empresários**, que querem fazer poucos investimentos e ter um rápido retorno do capital investido.

Baxter (2000) considera ainda que todos os interesses envolvidos no processo de desenvolvimento de produto devem ser atendidos, ou seja, não é possível atender só aos desejos do engenheiro de produção e prejudicar os dos vendedores ou designers, e assim por diante. Deve ser estabelecido um compromisso entre os fatores que adicionam valor ao produto, como por exemplo: aumento da funcionalidade e qualidade; e aqueles que provocam aumento no custo, como por exemplo: escolha de componentes mais caros e prolongação do tempo de projeto.

Kaminski (2000) define o processo de desenvolvimento de produtos como um conjunto de atividades envolvendo quase todos os departamentos da empresa, que tem como objetivo a transformação de necessidades de mercado em produtos ou serviços economicamente viáveis. O processo de desenvolvimento de produto engloba desde o projeto do produto até a avaliação do produto pelo consumidor, passando pela fabricação.

De acordo com Kaminski (2000), o processo de desenvolvimento de produtos apresenta as seguintes características gerais:

- **Necessidade:** o produto final deve ser a resposta ou a solução a uma necessidade, individual ou coletiva, que pode ser satisfeita pelos recursos tecnológicos e econômicos disponíveis naquele instante;
- **Exequibilidade física:** o produto e o processo para a sua obtenção devem ser factíveis;
- **Viabilidade econômica:** perante o cliente, a utilidade do produto deve ser igual ou superior ao seu preço de venda;
- **Viabilidade financeira:** a empresa deve ter condições de suportar financeiramente os custos de projeto, produção e distribuição do produto;
- **Otimização:** A escolha final de um projeto deve ser a melhor entre as várias alternativas disponíveis quando da execução do mesmo;
- **Crítérios de projeto:** a otimização deve ser feita de acordo com um critério, critério este que representa o equilíbrio obtido pelo projetista entre vários requisitos de projeto, em geral conflitantes;

- Subprojetos: no decorrer do desenvolvimento de um produto é comum o surgimento de problemas, cuja solução depende o andamento do projeto. Subprojeto é o meio utilizado para resolver tais problemas;
- Aumento da confiança: a cada etapa do processo de desenvolvimento de produto, a confiança da obtenção do sucesso deve aumentar. Caso contrário, o desenvolvimento deve ser interrompido, ou uma outra alternativa para a solução deve ser procurada;
- Custo da certeza: a relação entre custo de atividades destinadas à obtenção de conhecimento sobre o projeto do produto e certeza quanto ao sucesso deve ser diretamente proporcional. Se as informações de projeto disponíveis indicam seu fracasso, este deve ser imediatamente interrompido e reiniciado somente quando as informações garantirem que os recursos necessários à fase seguinte são convenientes;
- Apresentação: em geral apresentado na forma de documentos, relatórios, maquetes e/ou protótipos.

Para Clark & Fujimoto (1991), o desempenho do processo de desenvolvimento de produtos depende dos seguintes fatores: da forma de liderar e conduzir os projetos; de equipes de trabalho; do envolvimento de clientes e fornecedores; e do desenvolvimento simultâneo.

Toledo (1999) considera que o desempenho no processo de desenvolvimento de produtos depende da maneira como as empresas o gerenciam, aperfeiçoam seus produtos e interagem com o mercado e com fontes de inovação tecnológica. Tal busca tem se revelado uma atividade crítica para a competitividade das empresas, principalmente com as tendências de crescente globalização da economia, aumento da diversidade e variedade de produtos e redução do seu ciclo de vida.

De acordo com Brown & Eisenhardt (1995), a performance do processo de desenvolvimento de produto é influenciada pelos seguintes fatores:

- a) Time de projeto: sua responsabilidade é coordenar e executar todas as atividades relacionadas ao desenvolvimento do produto. Preferencialmente o time de projeto deve ser interdisciplinar;
- b) Líder de projeto: responsável pela ligação entre o time de projeto e a administração da empresa;

- c) Gerente Sênior: a presença de um gerente de projeto é indispensável para o sucesso do processo de desenvolvimento de produto, sua influência sobre o projeto ocorre de duas maneiras: providenciando recursos necessários ao time, sustentando desta forma as decisões do time de projeto; e auxiliando no desenvolvimento e comunicação de um PDP consistente;
- d) Clientes e fornecedores: envolver os fornecedores no processo de desenvolvimento de produto aumenta a produtividade e diminui o tempo de desenvolvimento do projeto, pois, com a participação da equipe de desenvolvimento do fornecedor, problemas no projeto são antecipados e a complexidade do projeto é reduzida. O envolvimento dos clientes é importante, pois melhora o conceito do produto e antecipa os problemas a serem posteriormente enfrentados, ou seja, quando o produto for lançado no mercado.

Brown & Eisenhardt (1995) consideram ainda que a ação conjunta entre: a) time de projeto, líder de projeto, gerente sênior e fornecedores afetam a velocidade e a produtividade do processo de desenvolvimento do produto; b) líder de projeto, clientes e gerente sênior afetam a eficácia do produto, ou seja, a adequação do produto às competências da empresa e às necessidades do mercado; c) processo eficiente, produto eficaz e demanda levam ao sucesso financeiro do produto, ou seja, lucratividade e participação de mercado.

Para Ferreira & Toledo (2001), o desempenho do processo de desenvolvimento de produtos é avaliado por três critérios: qualidade do produto, tempo de desenvolvimento do projeto e produtividade do processo. A qualidade está diretamente ligada ao mercado consumidor, ao projeto do produto e do processo; o tempo de desenvolvimento do projeto é essencial à análise de desempenho, deve acompanhar as variações das exigências dos clientes e introdução de novas tecnologias, pois pioneirismo é um dos principais fatores para garantir a liderança de mercado; a produtividade do processo deve ser alta, o desenvolvimento de um novo produto deve estar sempre atento à redução de custos para a empresa.

Segundo Toledo (1999), a vantagem competitiva de uma empresa está diretamente ligada à eficiência e eficácia do seu processo de desenvolvimento de produtos. Um PDP ineficiente desperdiçará recursos importantes da empresa, já a ineficácia, por exemplo, levará ao desenvolvimento de produtos ou processos inadequados para o posicionamento competitivo da empresa. A obtenção de um processo de desenvolvimento de produtos eficiente e eficaz está diretamente ligada à qualidade, tempo e produtividade.

Ainda de acordo com Ferreira & Toledo (2001), existe um enorme desafio em obter a melhor maneira de combinar a qualidade do produto, o tempo de desenvolvimento do projeto e a produtividade do processo para obter um processo de desenvolvimento de produto eficiente e eficaz.

### **2.1.5 Etapas do Processo de Desenvolvimento de Produto**

As organizações que desenvolvem projetos usualmente estruturam seu processo de desenvolvimento de produto em etapas visando uma melhor compreensão e controle gerencial do processo. As etapas do PDP compõem uma seqüência lógica, criada para assegurar uma adequada definição do produto. Cada etapa é marcada pela conclusão de um resultado ou de um conjunto de resultados importantes no projeto (PMBOK, 2000).

Segundo Kaminski (2000), independentemente das características de cada produto, as várias etapas necessárias para o seu desenvolvimento constituem um método geral comum. Tal metodologia organiza a transformação das necessidades em meios para satisfazê-las e indica finalmente como utilizar matérias-prima, recursos humanos, tecnológicos e financeiros para obter o produto desejado.

No entender de Valeri & Rozenfeld (1999), o processo de desenvolvimento de produtos compreende várias etapas e suas atividades envolvem a utilização de diversos recursos. De acordo com o responsável pelo desenvolvimento do projeto, empresa e produto a ser desenvolvido essas etapas e atividades correspondentes recebem diferentes denominações. Por exemplo: conceituação, projeto, detalhamento, processo, homologação, entre outras.

Para Back (1983), à medida que um projeto é iniciado e desenvolvido desdobra-se uma seqüência de eventos que seguem uma ordem cronológica, gerando um modelo que em geral é comum a todos os projetos. Os eventos ou etapas do projeto via de regra são bastante distintos, devem ser seqüenciais de modo a efetuarem a transformação dos recursos necessários ao seu desenvolvimento em objetos úteis.

De acordo com Slack (1993), o processo de levar um projeto de desenvolvimento de produto desde o conceito até a manufatura em regime normal envolve estágios distintos. Dependendo da indústria os termos que descrevem as etapas podem variar e o desenvolvimento de um produto em particular pode não incluir todas as etapas.

Engenheiros, farmacêuticos, desenhistas industriais, arquitetos, agrônomos, entre outros profissionais projetam sistemas técnicos. Isto explica, em parte, semelhanças e diferenças do modo de descrição da atividade projetual encontrada na literatura, pois de acordo com a formação acadêmica do autor do texto, essa descrição irá incorporar determinadas especificidades contidas no ponto de vista dos profissionais da mesma academia. Entretanto, o encadeamento das atividades seguirá uma ordem lógica quanto à forma de raciocínio e humana. Deste modo, sempre será possível adotar um determinado modelo de descrição de etapas da atividade projetual e adaptá-lo à utilização em qualquer área das ciências do desenvolvimento de produtos (CUNHA, 2001).

A figura 2 apresenta as etapas do processo de desenvolvimento de produtos propostas nas abordagens de Clark & Fujimoto (1991), Slack (1993), Pahl & Beitz (1996) e Kotler (2000).

Clark & Fujimoto (1991)	Slack (1993)	Pahl & Beitz (1996)	Kotler (2000)
Geração do Conceito	Investigação Conceitual	Especificação do Projeto	Geração de idéias
Planejamento do Produto	Investigação da Tecnologia / Engenharia / Formulações Básicas	Projeto Conceitual	Seleção de idéias
Engenharia do Produto	Desenvolvimento Detalhado do Produto	Projeto Preliminar	Desenvolvimento e teste do conceito
Engenharia do Processo	Desenvolvimento da Engenharia de Processo	Projeto Detalhado	Desenvolvimento da estratégia de marketing
Produção Piloto	Produção Piloto		Análise do negócio
	Manufatura em Regime Normal		Desenvolvimento do Produto
			Teste de mercado
			Comercialização

Figura 2 – Etapas do PDP, segundo Clark & Fujimoto (1991), Slack (1993), Pahl & Beitz (1996) e Kotler (2000).

Este trabalho apresentará as etapas propostas por Clark & Fujimoto (1991), cujo modelo identifica quatro etapas maiores no processo de desenvolvimento do produto, são elas: geração do conceito, planejamento do produto, engenharia do produto e engenharia do processo. Clark & Fujimoto (1991) consideram ainda que, embora, na prática o processo de desenvolvimento de produto tenha muitos *loops*, etapas em paralelo, e fronteiras desconhecidas, modela-se o processo de forma seqüencial em relação à descrição dos objetivos do projeto.

A figura 3 apresenta as etapas propostas por Clark & Fujimoto (1991). As linhas horizontais representam ciclos de resolução de problemas, onde a caixa da esquerda representa uma alternativa para a solução, a caixa da direita avalia o resultado da alternativa utilizada para a solução do problema, e a caixa entre representa recursos de informação que podem ser utilizados em experimentos ou simulações aumentando grau de conhecimento; as linhas verticais denotam o refinamento do conhecimento ou recursos de informação. O esquema assume que um determinado recurso de informação é potencialmente conectado a todos os outros recursos na mesma linha e mesma coluna e não apenas ligações adjacentes. A linha do planejamento do produto apresenta três ligações horizontais simultâneas relacionados à escolha do componente principal, layout e estilo.

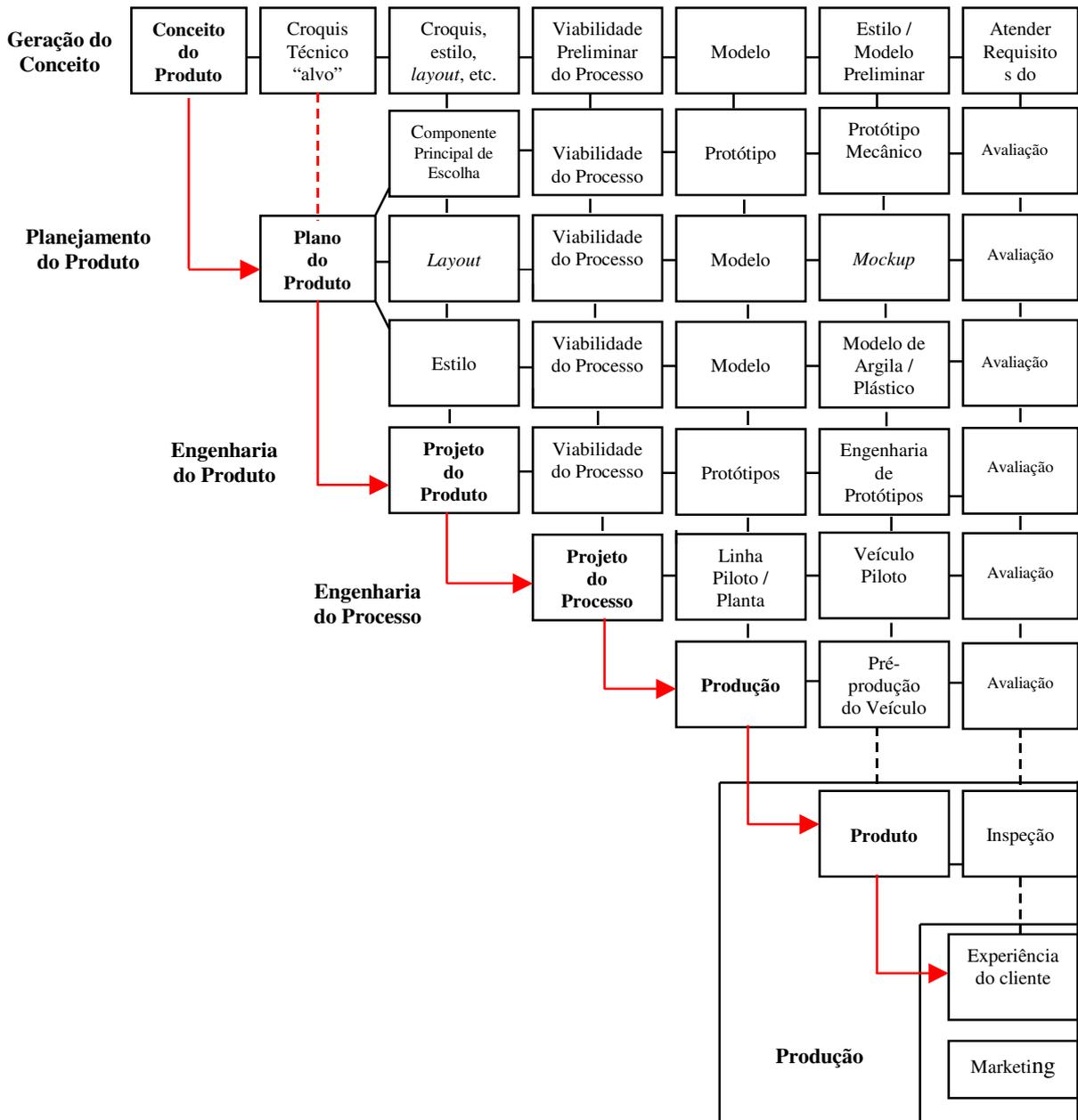


Figura 3 – Etapas do Processo de Desenvolvimento de Produto Proposto por Clark & Fujimoto (1991). Fonte: Adaptado de Clark & Fujimoto (1991)

Segundo Clark & Fujimoto (1991), as cinco etapas do processo de desenvolvimento de produto são caracterizadas por:

**(a) Geração do Conceito**

É a etapa onde são obtidas todas informações relativas às necessidades dos clientes, oportunidades de mercado, concorrência e a análise da disponibilidade de tecnologia a ser empregada. Todas estas informações reunidas dão origem à definição do produto.

Projetistas e planejadores, nessa etapa, se deparam com o desafio de criar um conceito que atrairá futuros consumidores a partir de especificações.

O conceito do produto é mais do que um conjunto de dimensões ou uma simples lista de especificações, ele define as características do produto a partir da perspectiva do consumidor. Em geral, o conceito do produto é expresso verbalmente, possivelmente com alguns croquis e especificações técnicas preliminares.

### **(b) Planejamento do Produto**

O planejamento do produto representa a primeira oportunidade de transformar o conceito do produto em uma forma real, físico. Deste modo, nessa etapa o conceito do produto é traduzido em especificações mais concretas como: estilo, layout, caracterização de componentes, tecnologia a ser empregada, custos e investimentos envolvidos.

Embora, grande parte das informações criadas nesta etapa ainda serem intangíveis, engenheiros e projetistas podem trabalhar em modelos visando avaliar o estilo, *mockups* visando avaliar o interior e o layout, e protótipos visando avaliar estilo, layout e testar algumas dimensões dos componentes.

### **(c) Engenharia do Produto**

Esta etapa é responsável pelo detalhamento do projeto do produto a partir das informações obtidas na etapa de planejamento do produto. Essa etapa marca também o início do comprometimento dos recursos de engenharia.

O problema encontrado pelos engenheiros de produto nessa etapa é conceber o conceito do produto em componentes reais satisfazendo às restrições e objetivos do produto e aos quesitos de custo e investimento no projeto.

Definidos os componentes, protótipos de engenharia são montados. Tais protótipos constituem a primeira expressão física completa do projeto do produto. Os protótipos são testados com o objetivo de avaliar o conceito e as características definidas na fase inicial do projeto. De acordo com os resultados obtidos, os desenhos de engenharia são alterados ou não. O ciclo Projetar (desenhos) – Construir (protótipos) – Testar (testes) continua até que o detalhamento do projeto seja aprovado.

### **(d) Engenharia do Processo**

Na etapa de engenharia do processo, o projeto do produto é traduzido no projeto do processo. São definidas também as informações relativas aos fatores envolvidos no processo de fabricação, tais como: equipamentos, ferramentas, mão-de-obra, layout e fluxo de materiais. De acordo com o desempenho dos fatores, podem ser efetuadas mudanças no projeto do produto e processo de fabricação.

### **(e) Produção Piloto**

A produção representa a última etapa do processo de desenvolvimento de produto proposto por Clark & Fujimoto (1991). Caracteriza-se por simular a produção real do produto obtendo as primeiras unidades (lote-piloto e pré-série), cuja finalidade é efetuar acertos no *set-up* das máquinas e no processo de fabricação.

Toledo (1999) associa técnicas a serem aplicadas nas quatro maiores etapas do PDP propostas no modelo de Clark & Fujimoto (1991), descritas a seguir:

- a) Na etapa da Geração do Conceito, as técnicas tidas como pertinentes são: benchmarking, capaz de fornecer informações e tendências a respeito dos concorrentes; QFD – *Quality Function Deployment* ou Desdobramento da Função Qualidade, responsável por trazer para dentro da empresa a voz do consumidor; e As Sete Ferramentas Gerenciais da Qualidade (Fluxogramas de Processo, Listas de Verificação, Cartas de Controle, Diagramas de Dispersão, Diagramas Causa-e-Efeito, Histogramas e Diagramas de Pareto) que são capazes de organizar o pensamento de forma a resolver problemas de forma simples e objetiva.
- b) Na Etapa do Planejamento do Produto, as técnicas paliçadas são: QFD e Confiabilidade, consideradas essenciais, pois dizem respeito às especificações do produto de acordo com as necessidades e desejos do consumidor; Engenharia e Análise de Valor, relacionadas à avaliação dos valores das funções do produto; As Sete Ferramentas Gerenciais da Qualidade; e o PDM, pois nesta etapa inicia-se a preocupação com a sistematização e organização do projeto.
- c) Na etapa da Engenharia do Produto, associam-se as técnicas de DOE – *Design of Experiments* ou Projeto de Experimentos, Método de Taguchi, FMEA – *Failure Modes and Effects Analysis* e Confiabilidade, relacionadas à avaliação do desempenho do produto; QFD – *Quality Function Deployment*, PDM – *Product Data Management* e Engenharia e Análise de Valor também devem ser utilizados

nesta etapa, além de sistemas de CAD – *Computer Aided Design*, CAE – *Computer Aided Engineering* e CAM – *Computer Aided Manufacturing*.

- d) Na etapa da Engenharia do Processo, os sistemas de CAD, CAE e CAM ainda são utilizados e demonstram-se muito úteis no decorrer desta etapa; e o DFMA – *Design for Manufacturing and Assembly* ou Desenho orientado à fabricação e montagem, é de vital importância à utilização desta técnica, pois permite que a Engenharia do Processo seja desenvolvida a partir da voz da manufatura.

## 2.2 Projeto do Processo e Produção

Simultaneamente ao projeto do produto, deve ser conduzido o projeto do processo. De acordo com Oliveira (2000), uma vez projetadas as características da qualidade do produto, é necessário definir o processo básico para sua produção. Sabe-se que em muitos casos podem existir vários processos distintos para fabricar o produto. Deste modo, a escolha de um processo pode se basear em dois aspectos: no nível de qualidade que pode ser obtido; e nos custos de produção, originados pela escolha do processo e matérias-primas.

Ainda de acordo com Oliveira (2000), a partir do momento em que se estabelece a concepção do produto, as possibilidades de racionalização se resumem na escolha de processos distintos por meio dos quais obter-se-á o produto, matérias-primas distintas ou métodos de produção distintos.

Segundo Slack et al. (1997), a maneira de projetar o processo que produz o produto tem um impacto significativo na habilidade da produção em atender às necessidades de seus consumidores. Implementar um processo no local errado, ou com capacidade insuficiente, ou com um arranjo físico confuso ou desordenado, ou com tecnologia inadequada, ou com pessoal incapaz, não pode satisfazer consumidores, pois não conseguirá se desenvolver eficientemente.

Para muitos que não observam o dia-a-dia de empresas, num primeiro momento, a afirmação de que a área de produção está recuperando seu prestígio pode ser um tanto estranho. É difícil entender como uma empresa cuja finalidade principal é a de fornecer produtos e serviços, pode não estar preocupada com o projeto do processo para fabricá-los (SCHNEIDER, 2000). Preocupadas com as estatísticas que mostram que importantes decisões de processo não estão sendo tomadas corretamente na etapa do projeto do produto, as

empresas admitem engenheiros de processo, entretanto, o tempo que o engenheiro de processo tem disponível para novos produtos é reduzido, pois, a necessidade de solução de problemas de produção de produtos existentes é contínua. Além disso, geralmente a obrigação de um engenheiro de processo está mais voltada para a produção do que para novos produtos (SMITH & REINERSTSEN, 1997).

De acordo com Contador (1997), a geração de um produto ou serviço para um cliente é realizada pela cadeia de um ou mais processos interligados. No desenvolver do processo há uma relação de clientes e fornecedores internos, cujo objetivo é a produção de um produto ou de um serviço para um cliente final. Problemas que ocorrerem nas interfaces cliente-fornecedor devem ser resolvidos com a visão do cliente final.

### **2.2.1 Engenharia de Processo**

De acordo com Valeriano (1998), a Engenharia de Processo incumbe-se de resolver todos os problemas referentes a técnicas prescritas pela engenharia de produto e mais aqueles relativos à concretização deste. Pode-se conhecer bem os processos e as técnicas de fabricação, entretanto, suas aplicações requerem um tratamento especial. Assim é para a usinagem, com garantia de repetibilidade dimensional e de rugosidade, por exemplo; a conformação mecânica, os tratamentos térmicos e superficiais; as condicionantes dos processos de fabricação sobre as propriedades resultantes nos componentes, com todo o espectro dos equipamentos auxiliares e dispositivos especiais geralmente necessários para cada caso. Citam-se aqui apenas as mais comuns, para ilustrar a importância e as contribuições deste tipo de engenharia dentro do processo de inovação.

### **2.2.2 Processo**

Processo é uma série de etapas ordenadas que tem por objetivo fornecer um produto ou serviço, como, por exemplo: um processo produtivo de uma fábrica; atendimento a clientes; etapas para manutenção de produtos. Em todo processo existem critérios de transição de uma etapa para outra, cada etapa produz subprodutos consumidos pela etapa posterior, até que se conclua o processo (PMBOK, 2000).

No entender de Fogliatto (2001), processo é algo que utilizando recursos organizacionais provê algo de valor. Os processos formam a base de qualquer atividade de trabalho, estão presentes em todas as organizações e estão aninhados dentro de outros processos ao longo da cadeia de suprimentos da organização.

Segundo Contador (1997), processo é uma seqüência organizada de atividades que transforma as entradas dos fornecedores em saídas para os clientes, com um valor agregado gerado pela unidade e um conjunto de causas que gera um ou mais efeitos.

Shingo (1996) visualiza processo como o fluxo de materiais no tempo e no espaço; o define como sendo a transformação da matéria-prima em produto semi-acabado e daí em produto acabado; conclui dizendo que o processo é composto por quatro fenômenos, descritos a seguir:

- Processamento: mudança física no material ou na sua qualidade (montagem ou desmontagem);
- Inspeção: comparação com um padrão estabelecido;
- Transporte: movimento de materiais ou produtos, ou seja, mudanças nas suas posições;
- Espera: período de tempo durante o qual não ocorre processamento, inspeção ou transporte. Existem dois tipos de espera: espera do processo e espera do lote. Na espera do processo um lote inteiro permanece esperando enquanto o lote precedente é processado, inspecionado ou transportado; já na espera do lote, enquanto uma peça é processada, outras se encontram esperando, ou seja, as peças esperam para serem processadas ou pelo restante do lote ser fabricado.

Para Hammer & Champy (1994), um processo empresarial é um conjunto de atividades com uma ou mais espécies de entrada e que cria uma saída de valor para o cliente. A entrega dos produtos às mãos do cliente é o valor criado pelo processo.

Hammer & Champy (1994) consideram que as empresas modernas, influenciadas pela noção de Adam Smith de decompor o trabalho em suas tarefas mais simples a atribuir cada uma delas a um especialista, levam seus gerentes a focar as tarefas individuais do processo, ou seja, receber o documento do pedido, coletar os produtos no almoxarifado, e assim por diante. Deste modo, tendem a perder de vista o objetivo maior, que é o de levar os produtos às mãos

do cliente solicitante. As tarefas individuais dentro do processo são importantes, mas de nada servem se o processo global não funciona, ou seja, se o processo não entrega os produtos.

Davenport (1994) analisa a controvérsia existente em torno do número de processos adequados a uma determinada empresa. Tal dificuldade surgiu do fato de que os processos são quase que infinitamente divisíveis; atividades relacionadas com o recebimento e atendimento de um pedido, por exemplo, podem ser vistas como um processo, ou como centena deles.

Os estudos desenvolvidos por Rockart & Short<sup>2</sup>, por pesquisadores de Harvard<sup>3</sup> e por uma conhecida empresa de consultoria<sup>4</sup>, são citados por Davenport (1994) e apresentados a seguir:

a) Rockart & Short

Identificaram três processos principais: desenvolvimento de produtos, entrega de produtos aos clientes e administração das relações com o cliente. São, eles próprios, altamente interdependentes.

b) Pesquisadores de Harvard

Trabalhando nas questões de administração de pedidos, defenderam apenas dois processos: a administração da linha de produtos, e a administração do ciclo de pedidos.

c) Empresa de Consultoria

Afirmou que só existem três ou quatro processos “básicos”, embora nem todas as atividades comerciais sejam parte deles.

Davenport (1994) cita ainda o caso da IBM, que na década de 80 definiu pelo menos 140 processos em toda a empresa. Atualmente, a IBM, trabalha com 18 processos muito mais amplos.

O objetivo da identificação dos processos, segundo Davenport (1994), é fundamental para o estabelecimento de definições e para a determinação de suas implicações.

Se o objetivo é a melhoria gradual, basta trabalhar com vários processos limitados, já que o risco é relativamente pequeno, sobretudo se os responsáveis pela melhoria do processo

---

<sup>2</sup> John F. Rockart e James E. Short, “Information Technology and the New Organization: Towards More Efficient Management of Interdependence”, working paper CISR, MIT Sloan School of Management, Center for Information Systems Research, setembro de 1988.

<sup>3</sup> Benson P. Shapiro, Jonh J. Svioka e V. Kasturi Rangan, “It Fell Trough the Cracks”, 9-591-098. Boston, Harvard Business School, 1991; e a exposição feita por Svioka em Ernst & Young em outubro de 1990.

<sup>4</sup> Robert B. Kaplan e Laura Murdock, “Core Process Redesign”, McKinsey Quarterly 2 (versão de 1991), pp.27-43.

também são responsáveis pela sua administração e execução. Por outro lado, se o objetivo é uma mudança radical, o processo deve ser definido da maneira mais ampla possível. Uma importante fonte benéfica para o processo é melhorar o intercâmbio entre funções, que só pode ocorrer quando os processos possuem definição ampla. Além disso, se a saída (*output*) de um processo é pequeno, a mudança radical de maneira pela qual é produzida, provavelmente resultará em sub-otimização, ou na melhor das hipóteses, apenas em ganhos menores.

### 2.2.3 Tipos de Processo

Slack et al. (1997) classificam os tipos de processo em operações de manufatura em cinco tipos: processos de projeto; processos de *jobbing*; processos em lotes ou bateladas; processos em massa ou em linha; e processos contínuos.

Cada tipo de processo implica num diferente modo de organizar as atividades das operações com diferentes características de volume e variedade. A figura 4 apresenta os tipos de processo propostos pelo autor acima citado. Os tipos de processo são apresentados em ordem crescente de volume e decrescente de variedade.

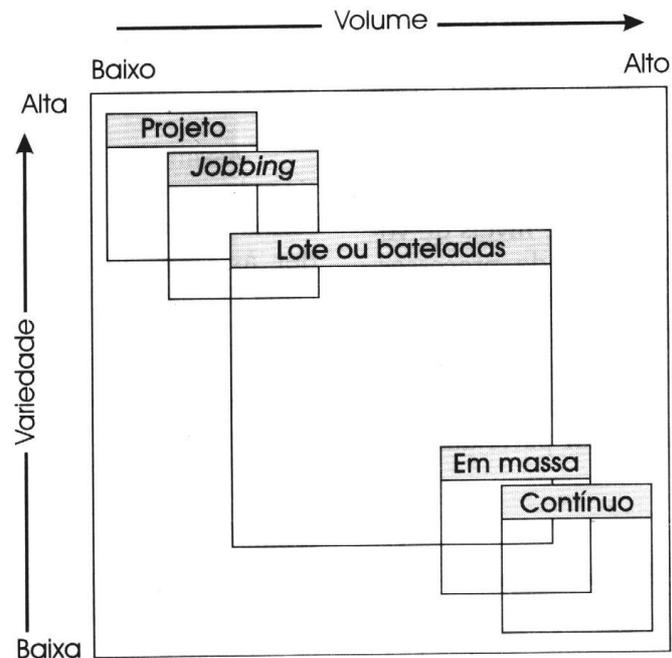


Figura 4 – Tipos de Processo em Operações de Manufatura. Fonte: Slack et al. (1997)

Para Davis et al. (2001), as operações de manufatura estão classificadas em três grandes tipos de estrutura de processo, onde cada categoria está diretamente ligada ao volume a ser produzido. Os três tipos de estruturas de processo são: **processos de projeto**; **processos intermitentes**, divididos em processos *job* e processos em lotes; e **processos de fluxo em linha**, divididos em processos em linha de montagem e processos contínuos.

No entender de Fogliatto (2001), a escolha do tipo de processo depende do volume e do grau de customização dos produtos a serem produzidos.

A seguir são caracterizados os tipos de processos em operações de manufaturas, segundo Slack et al. (1997).

#### **(a) Processos de Projeto:**

Processos de projeto são os processos que lidam com produtos discretos e customizados. O processo de projeto é caracterizado pelo baixo volume e alta variedade. As atividades envolvidas na execução do produto podem ser mal definidas e incertas, podendo ser modificadas durante o processo de produção.

A essência do processo de projeto é que cada trabalho tem início e fim bem definidos, o intervalo de tempo entre o início de diferentes trabalhos é relativamente longo e os recursos que viabilizam o produto são especialmente alocados a cada um deles.

Exemplos de processos de projeto incluem construção de navios, a maioria das atividades das companhias de construção, produção de filmes, perfuração de poços de petróleo, entre outras.

#### **(b) Processos de *Jobbing* ou *Job*:**

Processos de *jobbing*, assim como o processo de projeto, lidam com alta variedade e baixos volumes. A diferença é que nos processos de projeto cada produto tem recursos dedicados exclusivamente para ele, nos processos de *jobbing* cada produto deve compartilhar os recursos da operação com diversos outros produtos.

Nos processos *jobbing* a maior parte dos trabalhos provavelmente será única. Exemplos típicos de processos tipo *jobbing* compreendem técnicos especializados, como: mestres ferramenteiros de ferramentas especializadas, restauradores de móveis, alfaiates que trabalham por encomenda.

**(c) Processos em Lotes ou Bateladas:**

Como o próprio nome indica, o processo em lote sempre produz mais do que um produto. Deste modo, as operações do processo de fabricação vão se repetindo, pelo menos enquanto o lote ou batelada está sendo processado.

Os processos em lotes podem parecer num primeiro momento com processos *jobbing*, porém, a diferença principal é que os processos em lotes não têm o mesmo grau de variedade do que os de *jobbing*. Considerando o tamanho do lote: o lote pode ser de dois ou três produtos, neste caso o processo em lote se diferenciaria muito pouco do processo *jobbing*, principalmente se cada lote for um produto novo; por outro lado, se o lote for grande, e se os produtos forem familiares à operação, os processos em lotes podem ser repetitivos. Deste modo, os processos em lotes podem ser baseados em uma gama mais ampla de níveis de volume e variedade do que os outros tipos de processos.

Exemplos de processos em lotes: manufatura da maior parte das peças de conjuntos montados em massa, como automóveis e a produção da maior parte das roupas.

**(d) Processos de Produção em Massa:**

Os processos de produção caracterizam-se por produzirem bens em alto volume e variedade relativamente estreita, como, por exemplo, uma fábrica de automóveis: A fábrica poderia produzir milhares de variantes de automóveis se todas as opções de tamanho de motor, cor, acessórios, entre outros, forem levadas em consideração. Entretanto, é um processo em massa, pois, as diferentes variações de seu produto não afetam o processo básico de produção. Assim como todas as operações em massa, as atividades desenvolvidas em uma montadora de automóveis são repetitivas e amplamente visíveis.

Exemplos de processos em massa: fabricantes de bens duráveis, fábrica de engarrafamento de cerveja e uma produção de cd's.

**(e) Processos Contínuos:**

Processos contínuos estão associados a tecnologias relativamente inflexíveis, de capital intensivo e altamente previsível. Situa-se um passo além dos processos de produção em massa, devido ao fato de lidarem com volumes ainda maiores e variedade mais baixa.

Os processos contínuos normalmente são desenvolvidos em períodos de tempo bastante longo, em alguns casos são contínuos devido ao fato do produto ser produzido em

fluxo ininterrupto, podem ainda ser contínuos devido ao fato da operação ter de suprir os produtos sem uma parada.

Exemplos de processos contínuos: indústria petroquímica, instalações de eletricidade, siderúrgicas e algumas fábricas de papel.

#### **2.2.4 Melhorando o Processo**

No entender de Davenport (1994), as abordagens para a melhoria dos processos empresariais são numerosas e variadas. Dentre as principais destacam-se: sistemas de informação, engenharia industrial, pesquisa de operações e contabilidade gerencial.

Segundo Shingo (1996), os processos podem ser melhorados de duas maneiras. A primeira consiste em melhorar o produto em si através da Engenharia de Valor (EV), questionando: ‘Como esse produto pode ser redesenhado para manter a qualidade e, ao mesmo tempo, reduzir os custos de fabricação?’. A segunda consiste em melhorar os métodos de fabricação do ponto de vista da engenharia de produção ou da tecnologia de fabricação, neste caso, a questão é: ‘Como a fabricação deste produto pode ser melhorada?’.

Para Oliveira (2000), a Engenharia de Valor e a Matriz do Processo do QFD são ferramentas fundamentais para a escolha do melhor processo de fabricação. A Engenharia de Valor possui a finalidade de estudar as funções do produto e procurar atender estas funções analisando opções de processo de concepção. Seu objetivo é obter a melhor relação valor/custo. Já a Matriz do Processo do QFD, faz uma ligação quantitativa entre a qualidade e o custo do produto, onde é possível obter-se o melhor processo de fabricação a partir do inter-relacionamento das características da qualidade do produto com os processos e seus custos relativos.

As diretrizes básicas da Engenharia de Valor são: reduzir o número de componentes; usar materiais mais baratos; e simplificar processos. Seu objetivo é tentar reduzir os custos e prevenir quaisquer custos desnecessários, antes de produzir o produto (CUNHA, 2001; SLACK et al., 1997).

A Matriz dos Processos tem como finalidade evidenciar os processos que estão associados com características de qualidade demandada. Deste modo, auxilia na identificação

de processos críticos para a qualidade do produto, possibilitando a priorização dos processos a serem monitorados e/ou otimizados (RIBEIRO et al., 2001).

### **2.2.5 Matriz Produto-Processo**

De acordo com Slack et al. (1997), nas operações clássicas de produção, devido à sobreposição dos diferentes tipos de processos, as empresas geralmente escolhem qual o tipo de processo a empregar. Entretanto, a escolha do tipo de processo gerará conseqüências para a operação, especialmente em termos de custo e flexibilidade.

Ainda de acordo com Slack et al. (1997), a representação clássica da variação do custo, e da flexibilidade com a alternativa do processo foi desenvolvida pelos professores Hayes & Wheelwright, da Universidade de Harvard, em 1979. Os professores Hayes & Wheelwright representaram as alternativas de processo em uma matriz com o volume-variedade em uma dimensão e os tipos de processos na outra dimensão. A matriz criada pelos autores acima citados foi denominada matriz produto-processo.

A figura 5 apresenta a matriz produto-processo. Conforme Davis et al. (2001), as empresas listadas na diagonal da matriz são apresentadas como tipos ideais que encontraram seu nicho de processo. Entretanto, é possível que um membro da indústria encontrar outra posição na matriz, como, por exemplo, a Volvo, que fabrica automóveis em paletes móveis, não em uma linha de montagem. Deste modo, na matriz estaria situada na intersecção da etapa do processo II e da etapa do produto III. A taxa de produção da Volvo é menor do que de seus concorrentes, porque ela está abrindo mão da velocidade e da eficiência da linha de montagem. Por outro lado, o sistema de produção da Volvo tem mais flexibilidade e melhor controle de qualidade do que a clássica linha de produção de automóveis.

Segundo Moreira (1998), as empresas estão freqüentemente procurando uma posição ao longo da diagonal da matriz, onde existe a adequação entre produto e processo. Moreira alerta para o perigo iminente de se pensar apenas nos produtos. É preciso saber que as mudanças devem ocorrer na horizontal e na vertical, ou seja, a tendência é a de se mudar de início apenas o produto ou o processo. Assim, por exemplo, mudando-se o produto, mas não o processo, vai-se para a direita da diagonal. Os custos tendem então a aumentar, pois o processo não está adequado ao produto, e isso força a uma mudança na tecnologia do processo, para baixo, podem forçar mudanças no produto para aproveitar e tornar rentável a nova tecnologia.

Segundo Davis et al. (2001), à medida que o volume aumenta e a linha de produto estreita-se (dimensão horizontal), o equipamento especializado e os fluxos de material padronizado (dimensão vertical) tornam-se economicamente viáveis. Tal evolução na estrutura do processo, em geral, relaciona-se com as diferentes etapas do ciclo de vida do produto (introdução, crescimento e maturidade).

No entender de Slack et al. (1993), a idéia da matriz produto-processo é que a tecnologia de processo de uma operação de manufatura deveria ser determinada pela sua posição “natural” sobre a diagonal da matriz produto -processo. Deste modo, à medida que o perfil dos produtos da empresa muda, ou seja, na medida que se move ao longo do ciclo de vida dos produtos, a tecnologia ao longo do ciclo de vida do processo também deve se mover.

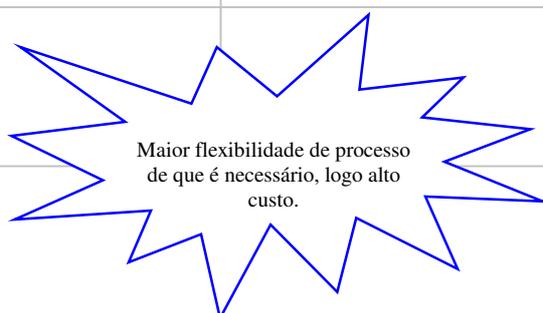
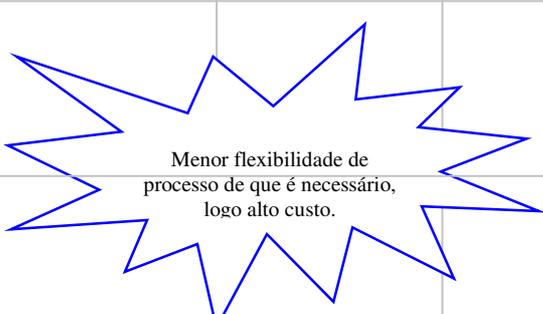
		Estrutura de Produto – Estágio do Ciclo de Vida do Produto			
		I Baixo volume; baixa produção	II Produtos múltiplos; baixo volume	III Poucos produtos; altos volumes	IV Alta padronização; altos volumes
Tipos de Produção	I - Projeto	Produção Cinematográfica			
	II - <i>Jobbing</i>		Produção Cinematográfica		
	III - Lotes			Fast-food	
	IV – Linha de Montagem			Montagem de Automóveis	
	V - Contínuo				Refinaria de Petróleo

Figura 5 – Matriz Produto-processo. Fonte: Adaptado de Davis et al. (2001).

## 2.2.6 Produção

De acordo com Slack et al. (1997), produção é qualquer operação que produz bens ou serviços, ou algo misto dos dois, e a faz através de um processo de transformação. O termo transformação refere-se ao uso de recursos (*input*) para mudar o estado ou condição de algo para produzir *outputs*, ou seja, a produção envolve um conjunto de recursos de input para transformar ou ser transformado em *outputs* de bens e serviços. Qualquer atividade de produção pode ser vista conforme o modelo *input-transformação-output* apresentado na figura 6.

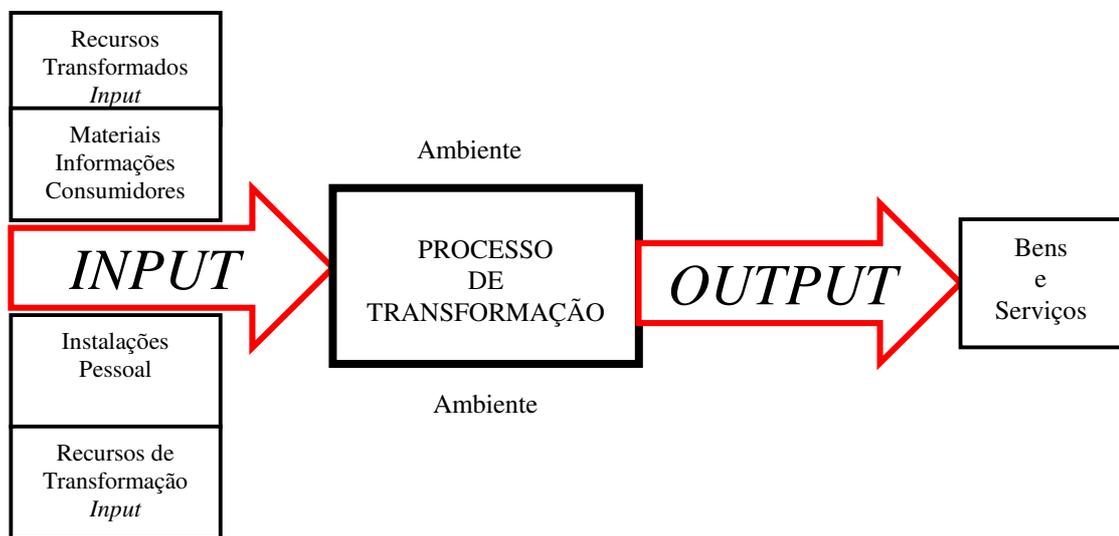


Figura 6 – Processo de transformação “input-transformação-output”. Fonte: Slack et al. (1997)

No entender de Meredith & Shafer (2002), a produção geralmente falha na sua tarefa porque não consegue concluir as atividades inerentes ao **Sistema de Transformação** dentro do limite de tempo necessário.

Conforme Starr (1976), o processo de produção não pode ser totalmente especificado até que a saída tenha sido completamente detalhada, mas o projeto de saída não pode ser contemplado sem ampla consideração do potencial do processo. O processo de produção em si é uma composição de conhecimentos tecnológicos, recursos físicos e “*know-how*” administrativo, projetado para produzir uma saída específica.

Slack et al. (1997) consideram a função produção essencial para a organização porque produz os bens e serviços que são a razão de sua existência; mas não é única nem,

necessariamente, a mais importante. Todas as empresas possuem outras funções específicas que são ou devem ser ligadas à produção. Essas funções são divididas em funções principais e funções de apoio.

- **Funções principais:** desempenham papel fundamental na organização, tem-se a como funções principais, além da função produção, as funções marketing, contábil-financeira e desenvolvimento de produtos.
- **Funções de apoio:** suprem e apóiam a função produção, tem-se como funções de apoio os recursos humanos, compras, engenharia e suporte técnico.

Segundo Kwasnicka (1995), a função produção é a atividade de transformação de matéria-prima em utilidades necessárias ao consumidor.

Para Valeriano (1998), a produção é responsável por realizar o que a Engenharia de Produto e de Processo lhes passaram. Tem domínio sobre o espaço destinado a transformar os insumos em produtos. Isto diz respeito à disposição das máquinas e equipamentos de produção; fluxo de material, tempos e movimentos; análise e controle de operações unitárias; ferramentas, dispositivos e gabaritos; inspeções e qualidade; segurança; entre outras.

Shingo (1996) define produção como uma rede de processos e operações, onde os processos são efetivados através de uma série de operação. Para realizar melhorias significativas no processo de produção, deve-se distinguir o fluxo de produto (processo) do fluxo de produção (operação) e analisá-los separadamente. Tentar aumentar a eficiência global do fluxo de processo através de melhorias nas operações individuais é uma hipótese errada. No intuito de aumentar a eficiência da produção, deve-se analisar e melhorar o processo antes de tentar melhorar as operações.

### **2.2.7 Modelo do Projeto do Processo em Produção**

O modelo do Projeto do Processo em produção, apresentado na figura 7, foi proposto por Slack et al. (1997). O modelo foi elaborado a partir do inter-relacionamento de quatro etapas: projeto da rede, arranjo físico e fluxo, tecnologias de processo e projeto de trabalho. A seguir definir-se-ão as etapas de acordo com o autor citado.

#### **(a) Projeto da Cadeia Produtiva**

Operações produtivas ou parte delas não existem isoladamente. Todas as operações fazem parte de uma rede maior, interconectadas com outras operações. Inclui-se nesta rede clientes e fornecedores, clientes dos clientes e fornecedores dos fornecedores e assim por diante. Gerentes de produção estão envolvidos em **projetar** a forma e a configuração da rede na qual a operação está inserida.

O projeto da rede deve iniciar com a definição dos objetivos estratégicos para a posição da operação na rede, determinando quanto uma operação escolhe ser “verticalmente integrada” na rede, a localização de cada operação dentro da rede e a capacidade de cada parte da rede.

### **(b) Arranjo Físico e Fluxo**

A finalidade do arranjo físico e fluxo é decidir onde colocar todas as instalações, máquinas, equipamentos e pessoal da produção. Decisões relativas ao arranjo físico e fluxo são importantes, pois: o arranjo físico é uma atividade de longa duração devido às dimensões físicas dos recursos de transformação movidos; rearranjos podem interromper a produção, conseqüentemente, gerar insatisfação por parte do cliente ou perdas na produção; um arranjo físico errado pode levar a padrões de fluxo excessivamente longos ou confusos, estoques de materiais, filas de clientes formando-se ao longo da produção, longos tempos de processamento, fluxos imprevisíveis, operações inflexíveis e altos custos.

Definições e decisões relativas ao arranjo físico e fluxo não são tarefas fáceis de serem realizadas, pois, em geral, não são facilmente aceitas pelos gerentes de produção, que relutam em fazê-las. Não pode haver erro na tomada de decisões e na definição do arranjo físico e do fluxo, pois seus efeitos são considerados de longo prazo na operação.

### **(c) Tecnologias de Processo**

As tecnologias de processo são as máquinas, equipamentos e dispositivos que ajudam a produção a transformar materiais e informações e consumidores de forma a agregar valor ao atingir os objetivos estratégicos da produção.

Todas as operações utilizam algum tipo de tecnologia de processo, seja um simples processador de texto ou uma complexa e sofisticada fábrica automatizada, pois esperam tirar proveito dela.

A tecnologia de processo, geralmente, ajuda a produção a atender uma clara necessidade de mercado; em outras ocasiões, torna-se disponível e uma operação escolhe

adotá-la no intuito de explorar seu potencial de alguma forma, mesmo que não seja de uma forma muito bem definida. Entretanto, indiferente ao motivo, os gerentes de produção precisam entender o que as tecnologias emergentes podem fazer, que vantagens podem dar e que limitações podem impor às operações produtivas.

#### (d) Projeto de Trabalho

Ao longo dos anos, a atividade de projeto do trabalho vem mudando, devido à forte influência de fatores relativos à qualidade, flexibilidade, rapidez, ergonomia, segurança, entre outros. Cada fator preocupa-se com diferentes elementos da tarefa. O projeto do trabalho não é uma decisão simples, é composto por vários elementos separados, embora relacionados, que, quando tomados em conjunto, definem o trabalho das pessoas na produção.

O projeto do trabalho envolve decidir: quais tarefas devem ser alocadas para cada pessoa na empresa, a seqüência em que devem ser desenvolvidas, onde alocar trabalho, quem estaria mais envolvido com ele, como as pessoas devem interagir com seu local de trabalho, quanta autonomia será dada ao pessoal e quais as habilidades deverão ser desenvolvidas. Tais decisões devem tentar definir trabalhos que proporcionem qualidade, rapidez, confiabilidade, flexibilidade, saúde e segurança, qualidade de vida de trabalho a um baixo custo.

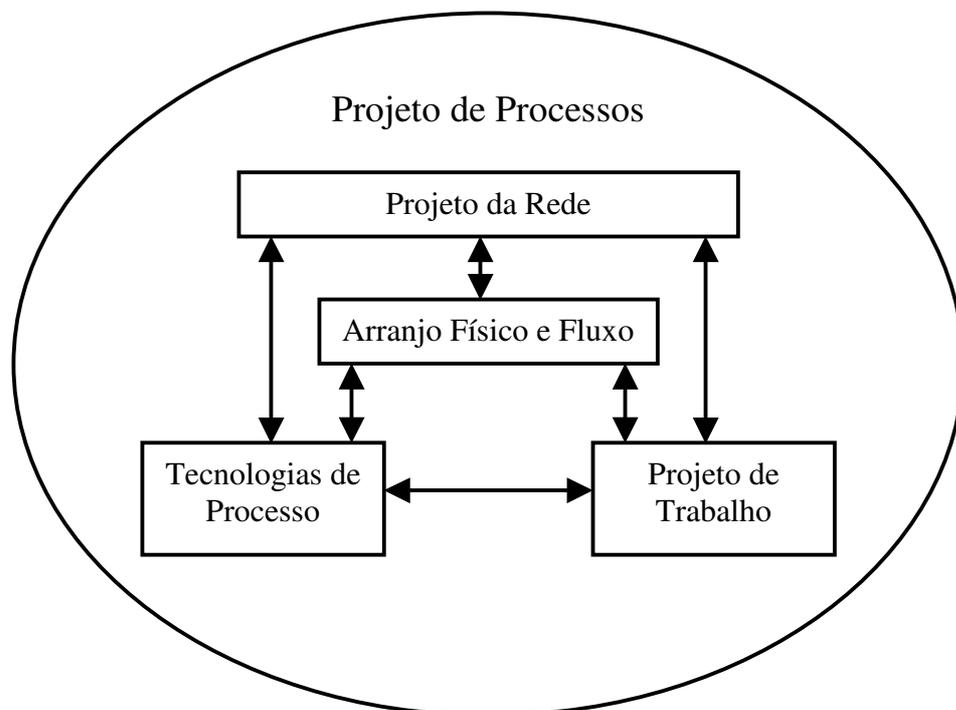


Figura 7 – Modelo de Projeto do Processo. Fonte: Slack et al. (1997)

## 2.3 Interface entre Desenvolvimento de Produto e Produção

A última década foi marcada por importantes mudanças. Entre essas mudanças se destaca a substituição do paradigma da ‘produção tradicional’ para o mundo da ‘produção ágil’, capaz de responder rapidamente a demanda dos consumidores. Além disso, observa-se que as características das demandas atuais – pequenos volumes, grande variedade – aumentam a complexidade do projeto de produto e processo (LAU et al., 2002).

Os profissionais que atuam nas áreas de projeto de produto e processo estão interessados com a preparação detalhada das instruções de trabalho para a fabricação. Dessa forma, determinam a mais importante interface entre engenharia e produção. Segundo Lau et al. (2002), toda a complexidade do projeto deve ser compartilhada em tempo real, com o mínimo de erros, mas é difícil estabelecer uma comunicação eficiente entre as áreas de produto e processo.

A relação entre engenharia de produto e produção está sofrendo rápida mudança nas empresas. A idéia que a ‘engenharia’ passa os desenhos para a ‘produção’ colocar o projeto em prática deixou de ser a forma mais adequada para tratar a interface entre as áreas de desenvolvimento de produto e produção. O simples repasse não fornece, *feedback* para os líderes dos departamentos, nenhuma margem de segurança para corrigir erros, nenhum sentimento de trabalho em equipe e absolutamente nenhuma cooperação entre os departamentos funcionais (SMITH & REINERTSEN, 1997; STONER & FREEMAN, 1985).

Slack (1993) considera produção e desenvolvimento de produtos funções diferentes, com diferentes papéis dentro da empresa e que empregam diferentes tipos de pessoas. Olhar para as barreiras que separam as duas funções é o início do processo para amenizá-las e derrubá-las. As principais barreiras, que serão discutidas a seguir, são as seguintes: horizontes de tempo; tipo de pessoas que empregam e adaptação a mudanças.

- a) Horizontes de tempo: as preocupações da produção são de curto prazo, deve necessariamente haver um imediatismo em seu pensamento; já o desenvolvimento de produto tem uma visão de longo prazo, pela própria definição da sua função tende a olhar para frente, para o passo seguinte.
- b) Tipo de pessoas que empregam: o pessoal envolvido com a produção valoriza um domínio da complexidade dinâmica da fábrica, aliada a reações rápidas e soluções

de problemas. Consideram a imaginação e a criatividade importante, mas não em detrimento das outras atribuições. O desenvolvimento de produtos aplica exatamente o oposto, sua razão de ser é a criatividade e originalidade.

- c) Adaptação a mudanças: a produção não adota mudanças com facilidade, sua posição conservadora é consequência de suas responsabilidades, que de alguma forma pode explicar a resistência às inovações impostas pelo setor de pesquisa e desenvolvimento (P&D). Posicionamento contrário verifica-se no desenvolvimento de produtos, pois é de sua responsabilidade quebrar velhos padrões de pensamento e questionar novos pressupostos. O pessoal envolvido no desenvolvimento de produtos deve defender as mudanças com o fervor de um radical.

Envolver uma organização no projeto detalhado de um produto sem considerar o modo como ele deve ser produzido pode trazer uma série de problemas. Mudanças no projeto do produto, por menores que sejam, podem acarretar consequências graves e dispendiosas para a produção. Similarmente, o projeto de um processo pode restringir a liberdade do projetista de produto (SLACK et al., 1997).

Segundo Clark & Fujimoto (1991), a engenharia de produto deve estar ciente das implicações de seus projetos para a produção, assim como a engenharia de processo deve esclarecer as restrições e oportunidades referentes ao processo e desenvolver uma boa flexibilidade para enfrentar mudanças inerentes ao processo de desenvolvimento de produtos. Embora isso possa ser a origem para melhorar a qualidade do produto e reduzir os custos, enfatizar a produção sem flexibilidade de atitude e habilidades dos engenheiros de processo pode afetar a competitividade negativamente.

### **2.3.1 Integrando o Desenvolvimento de Produto e a Produção**

#### **2.3.1.1 O Envolvimento Antecipado da Produção: oportunidades e dificuldades**

Segundo Smith & Reinertsen (1997), as complicações advindas do envolvimento antecipado da produção no projeto de produtos são mais do que compensadas pelos benefícios obtidos. A estréia do engenheiro de processo no ciclo de desenvolvimento de produto não será um trabalho fácil, pois na maioria das vezes trata-se de uma tarefa nova atribuída à empresa, desta forma, a primeira atitude do engenheiro de processo é ganhar a confiança do engenheiro

de produto. Muitas empresas estão antecipando o envolvimento da produção no projeto do produto, como, por exemplo, a empresa Dynapert, cuja experiência é relatada a seguir pelos autores citados.

A Dynapert alocou um engenheiro de processo em tempo integral para um projeto piloto de desenvolvimento acelerado que pretendia reduzir pela metade o tempo de desenvolvimento. O engenheiro de processo inicialmente não tinha certeza de como poderia contribuir tão cedo no processo, e o setor de montagem tentava continuamente retirá-lo da equipe. O engenheiro de produto, por sua vez, não sabia como interagir com questões de processo tão cedo em seu raciocínio. Pouco tempo depois, os engenheiros de processo e de produto estavam desenvolvendo o conceito de uma peça em um quadro-negro antes do que fosse para o terminal de CAD. A filosofia atual da Dynapert é alocar um engenheiro de processo em tempo integral para cada equipe de desenvolvimento.

Smith & Reinertsen (1997) consideram ainda que a essência do envolvimento antecipado da produção é possibilitar a interação do engenheiro de processo com o engenheiro de produto durante a fase de projeto, especialmente durante o projeto conceitual. A maioria das empresas julga que ter um profissional de processo durante as semanas iniciais do desenvolvimento não é tão importante. Desta forma, permitem que o engenheiro de processo participe das reuniões de equipe de projeto. Procedimento ineficaz, pois, detalhes de projeto geralmente não são discutidos nas reuniões de equipe de projeto. Logo, o engenheiro de processo não será exposto aos conceitos que estão começando a surgir.

Segundo Slack et al. (1997), separar projeto do produto do projeto do processo que o produz é um erro grave. É possível, porém não recomendado, que engenheiros de produto projetem componentes de uma máquina e depois os engenheiros de processo decidam a melhor forma de montá-las no conjunto. Projeto de produto e projeto de processos deveriam ser considerados atividades que se sobrepõem. Existem duas razões principais para considerar tal sobreposição: a primeira diz respeito ao efeito que o projeto de produto exerce sobre o custo da produção, pois muitas decisões tomadas durante os estágios do projeto definirão grande parte do seu custo de produção; a segunda razão refere-se ao gerenciamento da sobreposição entre projeto de produto e projeto de processo a qual apresenta efeito significativo sobre o tempo que decorre entre a concepção inicial do produto e seu lançamento no mercado.

De acordo com Smith & Reinertsen (1997), há duas formas para integrar o projeto do produto com o projeto do processo, no intuito de reduzir o tempo de desenvolvimento. A primeira é sobrepor atividades que até então estavam sendo desenvolvidas de maneira seqüencial; a segunda é trabalhar simultaneamente no projeto do produto e no processo, o que resultará em melhores *trade-offs* de projeto.

Visando reduzir o tempo de desenvolvimento de um produto, Slack et al. (1997) sugerem: desenvolvimento simultâneo das várias etapas do processo global; rapidez na resolução de conflitos e incertezas no projeto; estabelecer uma estrutura organizacional que reflita o desenvolvimento do projeto.

A importância em integrar produto e processo não está relacionada com o tempo para lançamento do produto no mercado e sim com custo e qualidade. Tentar reduzir os custos e aumentar a qualidade modificando processos de produção existentes pode ser ineficaz. A forma correta é começar na etapa do projeto conceitual do produto, pois nesta etapa serão feitas as escolhas básicas que influenciarão os processos de produção, conseqüentemente o custo e a qualidade do produto (SMITH & REINERTSEN, 1997).

Verzuh (2000) considera o custo, o cronograma (tempo) e a qualidade como sendo as três variáveis principais de um projeto, pois alterando uma ou mais de uma dessas variáveis os resultados também mudarão. Considera ainda um desafio ajustar essas variáveis para criar o equilíbrio entre custos, cronograma e qualidade. Por exemplo: se a quantidade de tempo e dinheiro disponível em um projeto diminuir, certamente isso irá limitar a qualidade do produto.

Smith & Reinertsen (1997) consideram que o custo para corrigir uma decisão ruim aumenta à medida que o projeto avança. Provavelmente o problema será resolvido, porém o custo de produção aumentará, algumas vezes atingindo níveis inaceitáveis, além de, em geral, comprometer a qualidade e desempenho do produto. Nestes casos, a equipe não tem outra solução a não ser reprojeta e arcar com os prejuízos no cronograma.

Em geral o comprometimento inicial dos recursos desde os estágios iniciais pode ser um fator crucial no aumento da efetividade da interface produto-processo entre os estágios do processo de desenvolvimento de produtos (CLARK & FUJIMOTO, 1989, apud SLACK, 1993).

Para Slack (1993), o comprometimento de recursos desde o início do processo de desenvolvimento do produto permite que a especialização dos vários grupos de tarefa seja mesclada, encorajando a produção a contribuir com o desenvolvimento do produto desde o início, incluindo suas limitações de fabricação nos detalhes do projeto. Obtém-se desta forma redução de tempo e custo de mudanças no desenvolver do projeto.

No entender de Smith & Reinertsen (1997), o impacto das decisões tomadas nas etapas iniciais do processo de desenvolvimento de produto são evidenciados como substancias. Algumas empresas calcularam a porcentagem do custo de produção a partir de escolhas feitas durante os estágios do processo de desenvolvimento de produtos, como por exemplo:

- a) McKinsey & Company – desenvolvendo um painel de automóvel, constatou que 75% do diferencial do seu custo de produção em relação ao painel concorrente foram gerados por escolhas de projeto.
- b) British Aerospace – relatou que 85% do custo de produção de um produto dependerá das escolhas feitas na primeira etapa do projeto, ou seja, no projeto conceitual.
- c) Rolls-Royce – pesquisou dois mil componentes automotivos e descobriu que 80% do seu custo de produção era imputável a decisões de projeto.

A figura 8 apresenta uma composição dos dados expostos nos parágrafos anteriores adicionados de observações realizadas pela Ford e General Motors. De acordo com Smith & Reinertsen (1997), o envolvimento antecipado da produção freqüentemente significa uma etapa em que os projetos preliminares estão disponíveis para análise que, de acordo com a figura 8, neste ponto, cerca de 80% do ciclo de vida de um produto já foi determinado nesse ponto. As altas porcentagens indicam que importantes decisões de processo não estão sendo tomadas corretamente na etapa do projeto do produto.

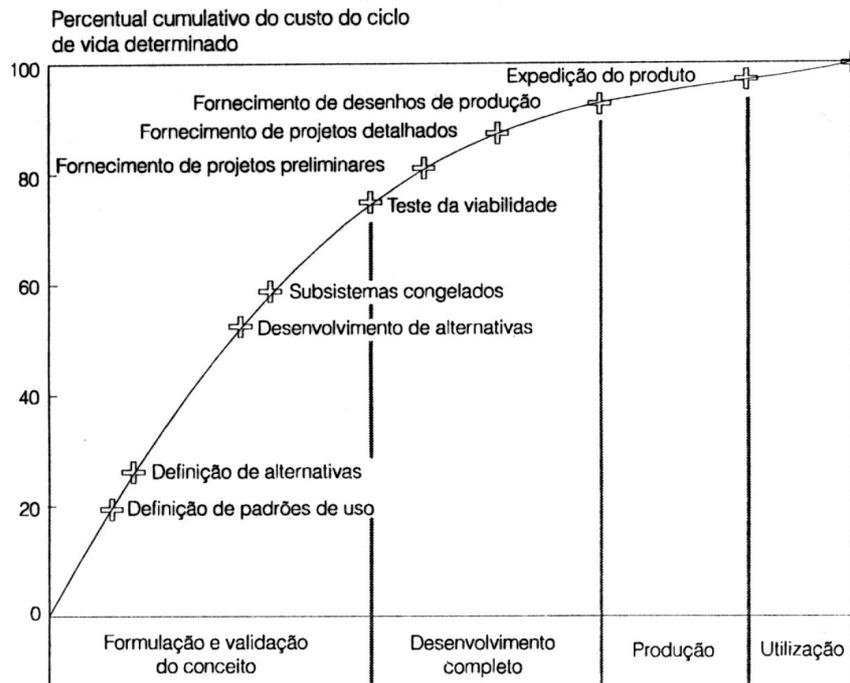


Figura 8 – Custo do ciclo de vida do produto em relação ao seu desenvolvimento. Fonte: Nevins et al., 1989, apud Smith & Reinertsen, 1997.

Os custos do ciclo de vida de produtos ficam definidos em um estágio inicial do desenvolvimento, quando as escolhas fundamentais de processos são feitas. Essas escolhas, que incluem questões de processo, também influenciam o tempo de desenvolvimento de um produto (NEVINS et al., 1989, apud SMITH & REINERTSEN, 1997).

Baxter (2000) considera os estágios iniciais do processo de desenvolvimento de produto como os mais importantes, pois, concluído o projeto conceitual, várias decisões terão sido tomadas e um grande volume de recursos financeiros alocados. Entretanto, os gastos com o desenvolvimento são relativamente pequenos. Já a introdução de mudanças em etapas posteriores como na fase de engenharia de produção, podem representar um custo elevado para a empresa. A figura 9, mostra a taxa de retorno dos investimentos nos diferentes estágios de desenvolvimento de novos produtos. De acordo com essa figura, o retorno é muito mais favorável quando é feito nos estágios iniciais do desenvolvimento.

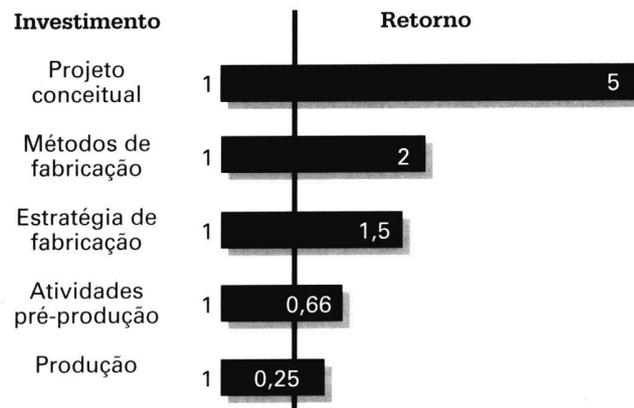


Figura 9 – Taxas de retorno nos diferentes estágios de desenvolvimento de novos produtos. Fonte: Baxter, 2000.

A figura 10 mostra como os custos de desenvolvimento são pequenos nos estágios iniciais, começam a crescer nas etapas de configuração do projeto e detalhamento, e sobem verticalmente no início da fabricação. Já os custos de orçamento, que significam decisões para gastos futuros, seguem um padrão diferente. A decisão mais importante nesse sentido ocorre nas etapas iniciais do desenvolvimento, por exemplo: a decisão, durante a definição do conceito de um novo produto, produzir um carro com motor elétrico ao invés de um motor de um motor a explosão, envolve um grande orçamento. Quando chegar ao projeto detalhado, grande parte do custo do projeto deve estar orçamentado, embora ainda não se tenha efetivado os gastos. Como resultado desse padrão de custos, a possibilidade de redução de custo é maior nos estágios iniciais de desenvolvimento, pois os custos orçamentados ainda não foram efetivamente gastos (BAXTER, 2000).

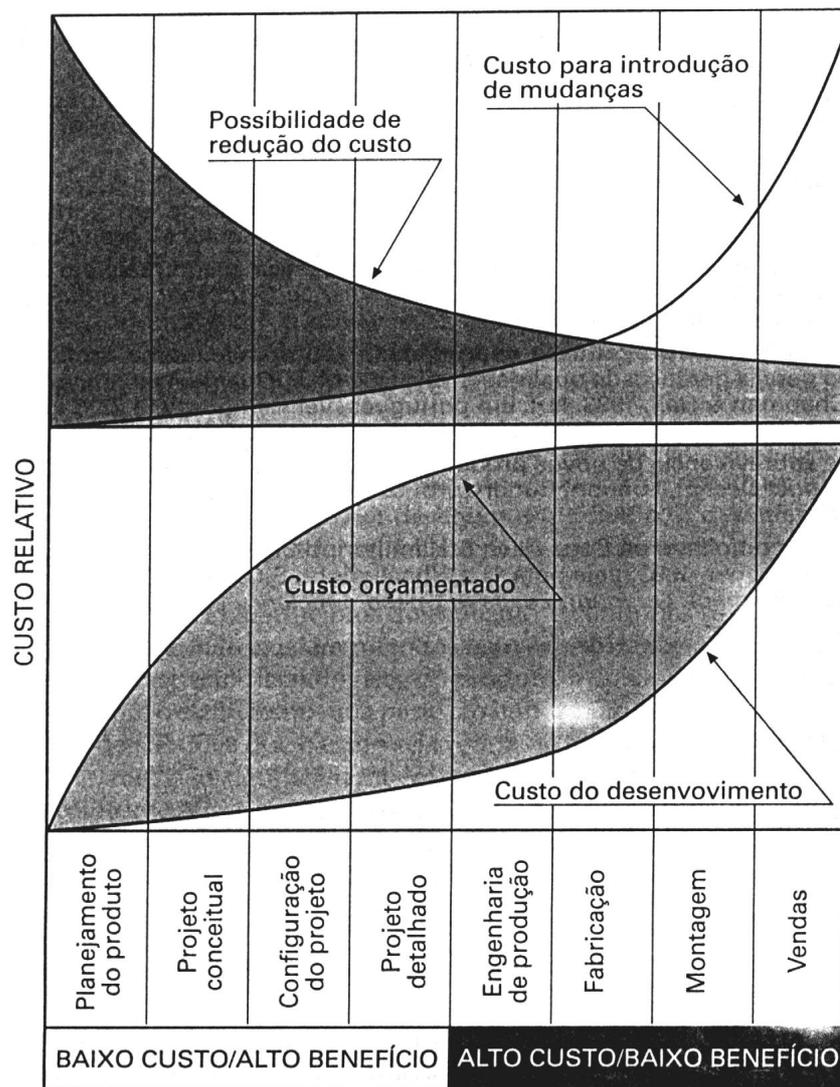


Figura 10 – Etapas do PDP x custos de desenvolvimento. Fonte: Baxter, 2000.

Baxter (2000) considera ainda que os projetos que iniciam com uma boa especificação, discutida e acordada entre todas as pessoas que tomam decisões na empresa, e cujas etapas iniciais de desenvolvimento sejam bem acompanhadas, tem sua chance de sucesso triplicada em relação aqueles cujas especificações são vagas ou acompanhamentos iniciais mal feitos.

No entender de Smith & Reinertsen (1997) existem duas abordagens para a integração entre desenvolvimento de produto e produção que não são eficazes:

- a) combinar experiência de produto e processo em uma única pessoa. São papéis diferentes, amplos e exigentes, combiná-los pode resultar não se obter nem o máximo do projeto do produto nem um bom projeto do processo;

- b) fornecer um integrador ou ligação para conectar as atividades de produto e processo. Isso mostrará um substituto inadequado. As engenharias de produto e processo devem trabalhar intimamente ligadas, colocar um intermediário entre elas apenas aumentará o problema de comunicação entre as áreas.

### **2.3.1.2 A Comunicação entre o Desenvolvimento de Produto e Produção**

Segundo Verzuh (2000), um projeto bem sucedido é o resultado de pessoas que concordam com objetivos e depois os alcançam. Do conceito à implementação, o sucesso depende da habilidade de se chegar a um acordo, coordenar as atividades, reconhecer e solucionar os problemas e reagir às mudanças. Todos esses quesitos requerem que as pessoas se comuniquem bem, ou seja, a comunicação deve ser constante e efetiva entre todos os envolvidos no projeto.

Todos os envolvidos no projeto devem estar preparados para enviar e receber comunicações na linguagem do projeto e devem entender como as comunicações, as quais estão individualmente envolvidos, afetam o projeto como um todo (PMBOK, 2000).

De acordo com Maximiano (2002), a comunicação é um fator de extrema importância para o desenvolvimento de qualquer tipo de atividade coletiva, pois sem troca de informação não há decisão nem organização do grupo. A suposição de que uma pessoa por ser leiga no assunto não possa contribuir, pode provocar a perda de informações importantes.

Maximiano (2002) identificou as principais competências que integrantes de uma equipe devem desenvolver visando estabelecer um melhor canal de comunicação:

**Disposição para ouvir:** hierarquias de qualquer natureza, quando acompanhadas por autoritarismo ou sentimento de superioridade, são obstáculos para uma comunicação eficaz. Pode-se ter a falsa crença de que uma pessoa, simplesmente por se encontrar em posição inferior em uma hierarquia técnica ou de comando não tem direito de falar ou dar sua contribuição. A principal providência para garantir o livre trânsito da informação é mostrar-se favorável ao seu recebimento, venham de onde vierem.

**Disposição para falar:** A falta de disposição para falar nasce de muitos motivos, um deles é a falta de disposição para ouvir, tanto abaixo quanto acima da hierarquia. As pessoas que estão acima, ou são veteranas, têm a falsa crença de que não precisam falar nem explicar

para as que estão abaixo. Basta dar ordens e pronto. Já as pessoas que estão abaixo podem ter receio de falar, por temerem as reações de quem está acima ou de serem ridicularizadas.

**Organização pessoal para participar:** a eficácia da comunicação dentro de um grupo depende da organização dos participantes. Um grupo bem organizado desenvolve uma boa comunicação e vice-versa.

No entender de Back (1983), a habilidade de comunicação é fundamental para o sucesso do engenheiro. A gramática e a ortografia fazem parte do processo de comunicação. O uso de uma linguagem pobre pode destruir a confiança do leitor, ouvinte, redator ou conferencista; já o uso de palavras efetivas e apropriadas valoriza a pessoa e suas idéias.

Para Verzuh (2000), a comunicação está bem colocada entre os fatores que levam o projeto ao sucesso. Mais especificamente, a necessidade é desenvolver uma comunicação constante entre todos os envolvidos no projeto, pois projetos compõem-se de pessoas que executam as tarefas e para conseguir que as coisas sejam feitas da maneira certa exige comunicação entre todos os participantes.

Clark & Fujimoto (1991) consideram a comunicação entre engenharia de produto e engenharia de processo um ponto-chave para o desenvolvimento da interface entre as áreas. Uma comunicação efetiva entre desenvolvimento de produto e produção é motivada pela necessidade de fabricar um produto que satisfaça os consumidores e que seja lançado no tempo previsto.

O fluxo de informações originário do projeto do produto deve ser completo, sem existir a necessidade da produção recorrer à engenharia à procura de informações complementares do projeto (GURGEL, 1995).

Segundo Dawlatshahi (1994), a falta de comunicação aumenta os custos de produção, de manutenção e o tempo de execução do projeto e diminui a qualidade dos produtos, satisfação dos clientes e empregados.

A falta de comunicação, compreensão e às vezes confiança entre desenvolvimento, engenharia e produção, segundo Deschamps & Nayak (1997), são considerados fatores de risco no processo de desenvolvimento de produtos. O desenvolvimento e a engenharia podem simplesmente não reconhecer os requisitos e as restrições da produção, esta, por sua vez, poderá não confiar suficientemente na engenharia e no desenvolvimento para iniciar seus trabalhos antes de receber formalmente os desenhos aprovados pela engenharia.

Segundo Deschamps & Nayak (1997), a adoção de equipes de projeto verdadeiramente multifuncionais, localizadas na mesma área física, e treinamento sistemático na filosofia e técnicas de desenho orientado à fabricação, tornam a comunicação entre desenvolvimento, engenharia e produção mais eficiente.

### **2.3.1.3 Engenharia de Produto x Engenharia de Processo**

De acordo com Clark & Fujimoto (1991), o estereótipo Engenheiro de Produto é um perfeccionista caracterizado por mudar o projeto para obter uma melhor performance até quando o cronograma permitir. Detestam refazer trabalhos impostos pela produção; já o estereótipo Engenheiro de Processo enfatiza a produção do projeto do produto e detesta mudanças tardias no projeto exceto quando estas são relatadas à manufatura.

Diversos benefícios resultam do envolvimento do engenheiro de produto com o pessoal da produção e montagem. De acordo com Smith & Reinertsen (1997), alguns desses benefícios são: a possibilidade do engenheiro de produto poder ver na prática o que torna os produtos difíceis de serem fabricados; o sucesso de um novo produto está ligado a um defensor na fábrica, ninguém mais indicado do que um engenheiro de produto para desenvolver tal papel, devido principalmente seu interesse no produto e conhecimento para efetuar modificações se necessárias; o engenheiro de produto pode andar pela fábrica explicando aos funcionários a razão pela qual o novo produto é importante para a empresa, como os engenheiros tentaram torná-lo produzível e, principalmente, reconhecer que ainda há questões de produção em aberto para as quais sua ajuda será necessária de modo a favorecer a produção do produto em escala.

A obrigação do engenheiro de processo está mais voltada para a produção do que para novos produtos. Enquanto os engenheiros de produto estão tomando decisões importantes no projeto, os engenheiros de processo estão envolvidos com a produção, seja resolvendo problemas contínuos ou tentando arrumar a confusão causada pelo lançamento de um novo produto. Problemas de produção tem urgência natural, para a grande maioria das empresas, a produção do dia está em primeiro lugar (SMITH & REINERTSEN, 1997).

Smith & Reinertsen (1997) consideram ainda que um engenheiro de processo experiente conhece bem as capacidades de produção da empresa, sabe identificar os pontos fortes e fracos da fábrica e dos equipamentos. O engenheiro de processo é capaz de guiar o

projeto em uma direção que minimizará problemas futuros. Alguns projetos exigem algo mais do que capacidade de produção, nestes casos, o engenheiro de processo estará presente para identificar o conflito tratando-o de forma especial.

#### 2.3.1.4 Tipos de Relacionamento entre o Desenvolvimento de Produto e Produção

De acordo com Slack (1993), o relacionamento entre o desenvolvimento do produto e a produção pode ocorrer de quatro maneiras: seqüencial, superposto, paralelo e interativo, conforme apresentado na figura 11 e descrito a seguir:

**Seqüencial:** neste tipo de relacionamento os recursos da operação da etapa posterior são programados para começar sua tarefa somente após o término da tarefa da etapa anterior, conforme mostra a figura 11 (a);

**Superposto (*overlapping*):** no relacionamento superposto os recursos da operação da etapa posterior são programados para começar a sua tarefa algum tempo antes da tarefa da etapa anterior ser completada, mas depois de ser iniciada, conforme mostra a figura 11 (b);

**Paralelo:** o relacionamento paralelo se caracteriza por iniciar e terminar as juntas. A ênfase estará na tarefa da etapa anterior no início do período, e na tarefa da etapa posterior no final do período. O importante é que a equipe de projeto está alocada ao longo de todo o período no desenvolver das tarefas, conforme mostra a figura 11 (c);

**Interativo:** no relacionamento interativo, a etapa anterior e posterior estão envolvidas ao longo de todo o processo e a distinção entre os grupos envolvidos nestas etapas começa a desaparecer. Desta forma, um único grupo de engenheiros trabalhará tanto na engenharia do produto como do processo para um novo produto. Os engenheiros individualmente podem concentrar-se mais nos aspectos do produto ou do processo, mas seu vínculo é com o desenvolvimento do projeto em si, mais do que com a etapa particular de seu desenvolvimento, a figura 11 (d) exemplifica este tipo de relacionamento.

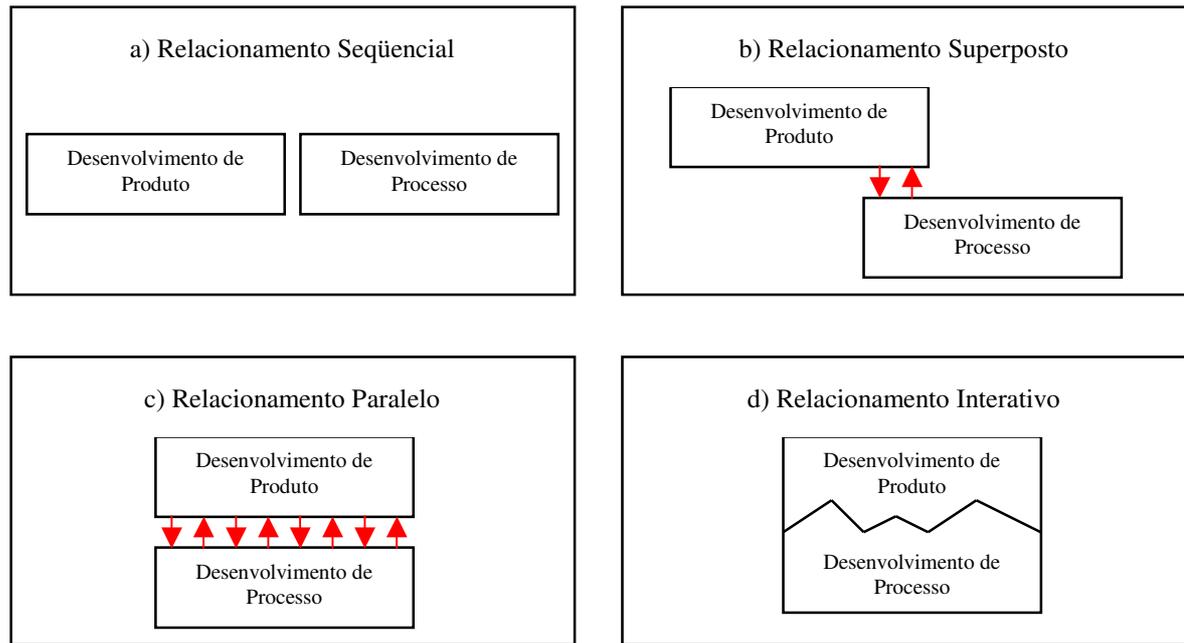


Figura 11 – Tipos de relacionamento entre desenvolvimento de produto e processo. Fonte: Adaptado de Slack, 1993.

Slack et al. (1997) definem projeto interativo ao ato de fundir o projeto de produto aos processos que os produzem. Os benefícios obtidos a partir do projeto interativo são descritos em termos do tempo utilizado para toda a atividade de projeto, desde o conceito até a introdução no mercado (*time-to-market*).

Kerzner (2002) classifica a relação entre desenvolvimento de produto e produção de acordo com o grau de integração dos departamentos. Desta forma, são definidos três tipos de relacionamento: não-integrado, parcialmente integrado e altamente integrado.

Basicamente, as relações entre desenvolvimento de produto e produção são seqüenciais ou simultâneas (paralelas).

No desenvolvimento seqüencial, aloca-se, por exemplo: o relacionamento seqüencial proposto por Slack (1993), não-integrado proposto por Kerzner (2002); já no desenvolvimento simultâneo ou paralelo, aloca-se relacionamentos que apresentam algum grau de paralelismo entre as etapas, por exemplo: o relacionamento superposto, paralelo e interativo propostos por Slack (1993), parcialmente integrado e altamente integrado propostos por Kerzner (2002).

### 2.3.1.5 Engenharia Simultânea e Desenvolvimento Integrado de Produto

Com o avanço da tecnologia e crescente complexidade dos produtos, desenvolver produtos de forma seqüencial, ou seja, cada área funcional da empresa após executar suas atividades de desenvolvimento, transfere a documentação acabada para o departamento seguinte para então dar início à execução de outras atividades, tornou-se ineficiente. Além disso, as empresas começaram a apresentar diversos problemas e limitações tais como: dificuldade de projetar com simplicidade, falta de atenção com a qualidade do produto, tempos excessivos de desenvolvimento, **inexistência de integração entre as etapas de projeto e produção**, falta de foco no cliente e pouco envolvimento com fornecedores no desenvolvimento de produtos (ROZENFELD, 1999).

No entender de Teixeira (2002), o aumento da competitividade e da complexidade dos produtos forçou as empresas a mudarem sua abordagem de desenvolvimento de produtos. Uma solução adotada pelas organizações para acompanhar esta era do “mais rápido, mais barato e melhor” foi a Engenharia Simultânea.

Para Zancul & Rozenfeld (1999), a manutenção da competitividade da empresa no mercado está relacionada diretamente com o tempo de lançamento de um novo produto. Desta forma, as empresas buscam formas para reduzir o tempo do ciclo de desenvolvimento de produtos. Assim, uma das soluções adotadas pelas empresas, no início dos anos 80, foi aumentar o grau de paralelismo das atividades. As atividades que eram realizadas somente após o término das atividades anteriores (desenvolvimento seqüencial), são antecipadas de forma que seu início não dependa de demorados ciclos de aprovação (desenvolvimento simultâneo).

Para Slack et al. (1997), o que se denomina como desenvolvimento simultâneo em geral é chamado Engenharia Simultânea (ou Engenharia Concorrente) em operações de manufatura.

De acordo com Cunha (2001), os termos: “simultânea” (Engenharia Simultânea) ou “concorrente” (Engenharia Concorrente), denotam uma característica básica desta técnica, que consiste na execução temporal das diversas atividades de engenharia em paralelo, opondo-se ao modo convencional (seqüencial). As características básicas da aplicação da engenharia simultânea são as seguintes: conduzir à redução do tempo de desenvolvimento de um novo produto, pois se adiciona ao paralelismo temporal das atividades de engenharia o fato da

efetiva antecipação da detecção de problemas de engenharia que somente ocorreriam muito tardiamente com o emprego tradicional da engenharia seqüencial; e formação de equipes multidisciplinares.

Cunha (2001) considera ainda que o esforço de aproximação de pessoal de áreas diferentes da engenharia resulta no estreitamento do relacionamento técnico entre as áreas de projeto e fabricação. Sabe-se que o distanciamento entre ambas as áreas é considerado um obstáculo à obtenção de produtos de boa qualidade sob o ponto de vista da facilidade de fabricação, de montagem, de desmontagem, de inspeção, entre outros. Investir em desenvolvimento de produto conduz à redução dos tempos e custos de produção, diminuindo o tempo de lançamento de um novo produto no mercado.

Em 1982 foi iniciado um estudo pelo *Defense Advanced Research Project Agency* (DARPA) sobre formas de se aumentar o grau de paralelismo das atividades de desenvolvimento de produto. O resultado deste trabalho, publicado em 1988, definiu o termo Engenharia Simultânea (ZANCUL & ROZENFELD, 1999).

Segundo Teixeira (2002), desde seu surgimento, foram surgindo diferentes interpretações na literatura para o significado de ‘Engenharia Simultânea’, abrangendo desde o trabalho efetuado pela área técnica (projeto, processo, produção), executado em certo grau de paralelismo, até um certo nível de abrangência mais ampliado, envolvendo ainda outras áreas relacionadas com o ciclo de desenvolvimento do produto. Posteriormente, esta visão mais abrangente, e suas decorrências e implicações, firmaram-se conceitualmente como o Desenvolvimento Integrado de Produtos (DIP).

De acordo com Slack et al. (1997), não há uma definição universalmente aceita para Engenharia Simultânea. As visões da maioria das organizações são razoavelmente semelhantes, como por exemplo, as comentadas a seguir.

Para Yamazoe (1990) apud Slack et al. (1997), Engenharia Simultânea significa que as pessoas que projetam ou fabricam produtos trabalham com os mesmos objetivos e o mesmo senso de valores para atacar os mesmos problemas entusiasticamente desde as primeiras fases. Os objetivos são redução do tempo de desenvolvimento, projeto para a manufatura, desenvolvimento de produto e desenvolvimento de tecnologias avançadas de produção. A medida comum de valor é a satisfação dos clientes, que é uma das filosofias corporativas da empresa.

Para Davis et al. (2001), Engenharia Simultânea é a integração de áreas funcionais em uma organização. Ações paralelas são necessárias durante todo o processo, desde o projeto do produto inicial até a produção. Tal interação contínua ao longo de todo o processo assegura que um produto bem-projetado seja entregue ao mercado a um bom preço e a tempo.

Segundo Broughton (1990) apud Slack et al. (1997), a Engenharia Simultânea procura otimizar o projeto do produto e do processo de manufatura para conseguir reduzir tempos de desenvolvimento e melhorar a qualidade e os custos através da integração das atividades de projeto e manufatura e da maximização do paralelismo nas práticas de trabalho.

Cunha (2001) define Engenharia Simultânea como um conjunto de métodos e técnicas orientadas à otimização do desenvolvimento do produto. Portanto, existe a necessidade da presença das duas componentes, metodológica e tecnológica, em paralelo, para a implantação completa e consistente do conceito de Engenharia Simultânea.

Para Winner et al. (1988) apud Prasad (1996), Engenharia Simultânea é uma abordagem sistemática para o desenvolvimento integrado e paralelo do projeto de um produto e os processos relacionados, incluindo manufatura e suporte. Essa abordagem procura fazer com que as pessoas envolvidas no desenvolvimento considerem todos os elementos relacionados ao ciclo de vida do produto, ou seja, da concepção ao descarte, incluindo qualidade, custo, prazo, e os requisitos dos consumidores.

O Conselho Nacional de Pesquisa dos Estados Unidos define Engenharia Simultânea como um ambiente de desenvolvimento no qual a tecnologia de projeto auxiliado por computador é utilizada para melhorar a qualidade do produto, não somente durante o desenvolvimento, mas em todo seu ciclo de vida (ELLIS, 1992 apud PRASAD, 1996).

Segundo Ashley (1992) apud Prasad (1996), Engenharia Simultânea é uma abordagem sistemática para o desenvolvimento integrado de produto que enfatiza o atendimento das expectativas dos clientes. Incorporando valores de trabalho em equipe, como: cooperação, confiança e compartilhamento. Desta forma, as decisões são tomadas no início do processo, em grandes intervalos de trabalho paralelo incluindo todas as perspectivas do ciclo de vida. As decisões, para produzir consenso, devem ser sincronizadas.

No entender de Gurgel (1995), a Engenharia Simultânea agrega os grupos de engenharia dos fornecedores, os clientes e as equipes internas de desenvolvimento e de processo num trabalho conjunto de parceria. As características desse trabalho simultâneo são:

procura obstinada pela qualidade; contribuição simultânea e equilibrada da equipe da empresa, dos fornecedores e de clientes; opção por uma manufatura inovadora, entrosamento; e coordenação das equipes internas e externas.

Para Casarotto et al. (1999), a Engenharia Simultânea utiliza-se do conceito de **Força - tarefa**, mas procura também, de certa forma, “atropelar o processo”, de modo a realizar, simultaneamente, várias etapas do empreendimento. A Engenharia Simultânea está diretamente ligada ao conceito de qualidade total, pois desenvolvendo as atividades em paralelo evita-se o retrabalho. Por exemplo, um produto concebido de material tal que o processo não pudesse ser adaptado para a sua produção, ocasionaria o reprojetado do produto e, conseqüentemente, o retrabalho.

Casarotto et al. (1999) consideram ainda que a introdução da Engenharia Simultânea não é uma tarefa simples, exige maturidade não só dos participantes do projeto, mas de todos os dirigentes da empresa. O posicionamento da direção em relação á Engenharia Simultânea deve ser aberto, ou seja, deve conceder autonomia ao **grupo-tarefa**.

Segundo Cunha (2001), equipes multidisciplinares ou forças-tarefa são constituídas pelo pessoal técnico (projetistas, processistas, engenheiros de produto, engenheiros de processo, pessoal da assistência técnica, vendas e marketing) e por gerentes e representantes da alta administração. A evolução da constituição da força-tarefa é caracterizada por duas fases: a **primeira fase** é restrita a técnicos, ou seja, pessoal da engenharia, daí o nome Engenharia Simultânea; a **segunda fase** caracteriza-se pela inclusão de pessoal de outras áreas, como, por exemplo, vendas e marketing. Esta segunda fase está ligada ao conceito de Desenvolvimento Integrado de Produtos.

De acordo com Dawlatshahi (1994), a Engenharia Simultânea tem como objetivo otimizar o desenvolvimento do produto e do seu processo de fabricação a partir da redução do tempo de execução, do custo, e do aumento da qualidade obtida com a integração das atividades de projeto e fabricação. Entretanto, de acordo com Dawlatshahi (1994), para que ocorra inovação e integração são necessárias mudanças nas relações, cultura e atitudes tanto para gerentes quanto para empregados.

De acordo com Kerzner (2002), a Engenharia Simultânea impõe a concretização das várias etapas e processos da gestão de um projeto paralelamente, e não em seqüência. Isto

significa que a engenharia, a pesquisa e desenvolvimento e a produção devem estar integradas desde o início do projeto, antes mesmo da realização de qualquer uma de suas atividades.

Ainda de acordo com Kerzner (2002), atividades desenvolvidas em paralelo aumentam drasticamente os riscos, no entanto, administrar atividades em paralelo, e não em série, exige um planejamento superior como forma de compensar o aumento dos riscos. Os riscos mais sérios são: o atraso no lançamento de produtos no mercado e os custos resultantes de retomada do trabalho em consequência de um planejamento inadequado.

Casarotto et al. (1999) sugerem três etapas para a implementação da Engenharia Simultânea descritas a seguir:

- 1) adotar técnicas de gerência de projetos, ou seja, conceitos-chave de gerência de projetos e integração entre planejamento e controle, evitando passar o desenvolvimento de uma etapa para outra sem ter definido claramente as atividades. Nessa etapa é necessária a presença de um gerente de projeto e de uma equipe *full-time* assessorando-o.
- 2) o grupo *full-time* deve ser ampliado para o conceito de Força-tarefa, ou seja, este grupo passa agora a contar com elementos de vários departamentos ou empresas envolvidas. Com isso, obtém-se redução no prazo para tomada de decisões e aumento da integração entre departamentos.
- 3) adotar o processamento paralelo; para tal, necessita-se de uma equipe altamente alinhada entre si e com os departamentos funcionais da empresa envolvidos no processo, pois mesmo sem o produto estar totalmente desenvolvido, já estará sendo iniciado o projeto do processo ou até mesmo o plano de lançamento do produto no mercado.

Segundo Cunha (2001), o Desenvolvimento Integrado de Produtos baseia-se na integração entre as diferentes áreas do conhecimento intervenientes no PDP. É uma evolução do conceito de integração introduzida pela Engenharia Simultânea, mas concentra-se mais na questão das interfaces a serem construídas entre as áreas.

Teixeira (2002) considera que o Desenvolvimento Integrado de Produtos é a base para a realização do produto e envolve as questões estratégicas da companhia, interface com a alta gerência, administração, vendas e marketing. A integração destas atividades é obtida através das equipes multidisciplinares, obtendo-se assim uma visão estratégica comum.

Teixeira (2002) considera ainda que os conceitos e abordagens mais atuais propostos para Engenharia Simultânea confundem-se com o Desenvolvimento Integrado de Produtos, reforçando a idéia de que tais abordagens são convergentes.

De acordo com Cunha (2001), as confusões conceituais entre Engenharia Simultânea e Desenvolvimento Integrado de Produtos relacionam-se com o modo como ambas encaram a integração funcional no contexto da formação de equipes multidisciplinares, sendo que na Engenharia Simultânea a integração entre as áreas advém do esforço de integração entre pessoas, ou seja, foca métodos e técnicas de suporte a essa integração; já no Desenvolvimento Integrado de Produtos a integração entre as áreas advém da formalização do fluxo de informações e dos mecanismos de interfaceamento entre as mesmas.

Novamente de acordo com Cunha (2001), em relação à gestão das interfaces, o Desenvolvimento Integrado de Produtos concentra-se na análise de técnicas capazes de estabelecer a vinculação documental entre as diversas áreas do conhecimento. Deste modo, presume-se forçar a convergência entre as diferentes formas de análise dos problemas referentes ao desenvolvimento de produto provenientes das diferentes áreas do conhecimento.

#### **2.3.1.6 Projeto de Engenharia Orientado à Fabricação e à Montagem**

Tradicionalmente, a relação da engenharia de produto e projetistas com engenheiros de processo e com a produção tem sido: ‘Nós projetamos, vocês fabricam’, ou seja, ‘jogar por cima do muro’. Uma maneira de resolver este problema é formar um time de trabalho (estabelecer um ambiente de Engenharia Simultânea) envolvendo engenheiros de processo desde o início do projeto. Este time deve exigir ferramentas para ajudar no estudo de propostas de projeto e avaliá-las quanto à dificuldade e custo de fabricação. Estas ferramentas são o Desenho Orientado à Fabricação e o Desenho Orientado à Montagem (BOOTHROYD et al., 1994).

No entender de Hartley (1998), o sucesso do Desenho Orientado à Fabricação e Montagem está ligado à Engenharia Simultânea. Uma vez adotado o enfoque da força-tarefa, a colocação do DFMA em prática segue naturalmente, pois estando toda a equipe envolvida no projeto as técnicas simplificadas de produção podem ser consideradas antecipadamente.

Segundo Teixeira (2002), a meta de toda empresa que desenvolve produtos é que seus projetos além de atenderem às necessidades dos clientes, possam ser fabricados com

facilidade. Percebe-se que, para atender as exigências de custos, prazo e qualidade impostos pelo mercado, é necessário uma manufatura racionalizada e simplificada.

De acordo com Cunha (2001), o Desenho Orientado à Fabricação (*Design for Manufacturing* - DFM) e o Desenho Orientado à Montagem (*Design for Assembly* – DFA) destinam-se a promover e estreitamento da interface entre as áreas de projeto e fabricação/montagem. São constituídos por bases de conhecimento acerca de alternativas de projeto que conduzem a uma maior facilidade de fabricação de componentes isolados (DFM), ou de montagem (DFA). O emprego das técnicas de DFM e DFA conduz a uma compreensão maximizada dos processos de fabricação. A figura 12 apresenta o fluxo de informações obtido com a utilização do DFM e do DFA, destacando a forte influência do DFM / DFA sobre o Planejamento de Processos.

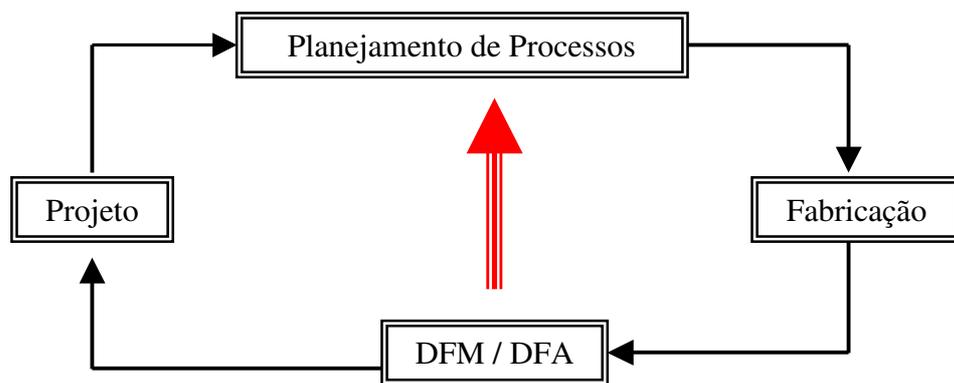


Figura 12 – Fluxo de informação gerada com o uso do DFM/DFA. Fonte: Cunha, 2001.

No entender de Boothroyd et al. (1994), o termo *Design for Manufacturing* significa desenho para uma manufatura simples e flexível de um conjunto de peças que formarão o produto após a montagem; e *Design for Assembly* significa desenho para uma montagem fácil e segura.

DFM é a prática de projetar produtos tendo sua produção em mente. Através do DFM pode-se obter o compromisso de gerar produtos de alta performance, com preços competitivos e a um baixo custo (O’DRISCOLL, 2002).

De acordo com Bralla (1996), o conceito de DFM não é novo, têm mais de 200 anos, entretanto, foi somente no século XX que o DFM tornou-se familiar na indústria. O termo DFM originou-se por volta de 1788 quando o Francês LeBlanc delineou o conceito de intercambiabilidade de peças na produção de mosquetes que até então eram feitos à mão e

individualmente. Implementando limites de tolerâncias nos componentes e desenvolvendo um processo de fabricação básico, aumentou-se a confiabilidade dos mosquetes, reduziu-se o tempo de fabricação e o custo.

O'Driscoll (2002) considera que a facilidade com que o DFM pode ser introduzido diretamente à empresa depende da organização do seu PDP. Uma empresa que possui um PDP bem definido e estruturado pode integrar os princípios do DFM em menos de três meses.

Segundo Cunha (2001), a montagem do produto começou a merecer atenção por parte das Ciências da Engenharia nos anos 80, quando foi constatado que até 70% do custo final de produção do produto (na base produtiva) estavam relacionados à sua montagem. O DFA consiste da aplicação de princípios gerais à análise da adequação da montagem de componentes, ou seja, seus princípios básicos aplicam-se à montagem de quaisquer produtos onde o manuseio dos componentes (devido à geometria) constitua um fator complicador do melhor desempenho da fabricação.

De acordo com Hartley (1998), o objetivo geral do DFMA é que os componentes possam ser facilmente manipulados por uma pessoa ou por um robô e que possam ser montados mediante um encaixe direto.

Para Boothroyd & Dewhurst (1991), o DFA está relacionado com a redução de custo através da simplificação do projeto. A melhor maneira de alcançar esta redução de custo é reduzir o número de peças que devem ser montadas individualmente e assegurar que todas as peças restantes são facilmente produzidas e montadas.

O Desenho Orientado à Fabricação e Montagem é uma ferramenta vital. Permite reduzir em torno de 20 a 60% do número de peças e de 30 a 60% os custos (HARTLEY, 1998).

Boothroyd et al. (1994) citam, como exemplo, a Ingersoll-Rand Company, que usando as técnicas de Desenho Orientado à Fabricação e Montagem e um time de Engenharia Simultânea reduziu o número de peças de um equipamento de 80 para 29, o número de montagens de 159 para 40 e o tempo de montagem de 18,5 para 6,5 minutos. O tempo total de desenvolvimento do produto foi reduzido de dois anos para um ano.

Novamente para Boothroyd et al. (1994), a aplicação do Desenho Orientado à Fabricação e Montagem encurta o tempo de introdução do produto no mercado. Segundo o

autor, o tempo gasto na etapa do projeto conceitual utilizando DFMA é mais do que compensado nas etapas de detalhamento, prototipagem e alterações do projeto.

A tabela 1 apresenta os resultados obtidos pela Xerox ao aplicar a técnica de DFMA a uma peça de fixação de uma de suas máquinas.

Tabela 1 – Melhorias de Projeto na Peça de Fixação da Xerox

	Projeto Antigo	Projeto com DFMA
Tempo de montagem	7 minutos	1,5 minuto
Custos de montagem	US\$ 2,7	US\$ 0,6
Custos de peças	US\$ 9,8	US\$ 7,4
Custo total	US\$ 12,5	US\$ 8,0

Hartley (1998) cita empresas que obtiveram excelentes resultados com a aplicação do DFMA:

- Motorola: com o emprego do DFMA obteve uma redução de 40% no estoque em processo.
- Ford: comprovou que o uso do método reduz a necessidade de peças em aproximadamente 33%. O Taurus foi o primeiro automóvel em que o DFMA foi utilizado amplamente, a Ford acredita ter economizado cerca de cerca de 1,1 bilhões de dólares nos quatro primeiros anos de produção. Outro caso típico do trabalho na Ford é o da montagem do limpador do pára-brisa, que foi reprojetoado de acordo com os princípios do DFMA resultando numa redução de 36% no número de peças e de 65% no custo da montagem.
- Digital Equipment: com o uso do DFMA reduziu o número de peças do terminal gráfico VT1000 em 43%, os custos dos componentes em 72% e o ciclo de projeto em 73%.
- NCR: empregando o DFMA conseguiu realizar mudanças consideráveis no seu processo de fabricação de caixas registradoras; redução de 80% das peças, 75% do tempo de montagem e 65% do número de fornecedores.

Segundo Boothroyd et al. (1994), as vantagens obtidas com a aplicação da técnica de Desenho Orientado à Fabricação e Montagem são: obtenção de produtos mais simples e mais

confiáveis; redução dos custos de fabricação e montagem; e aproximação das áreas de projeto e fabricação.

De acordo com Hartley (1998), as regras gerais do DFMA recomendadas por especialistas são as seguintes:

- usar o número mínimo de peças;
- fazer projetos modulares;
- minimizar as variações das peças;
- quando a variedade é inevitável, organizar-se para que as peças únicas sejam as últimas peças a serem montadas;
- projetar peças que sejam multifuncionais;
- projetar de modo que a fabricação seja fácil;
- evitar peças de fixação separadas;
- minimizar as direções de montagem, de modo que cada operação deva seguir a anterior;
- projetar para facilitar a montagem;
- minimizar o manuseio;
- eliminar ou simplificar os ajustes;
- evitar componentes feitos de materiais flexíveis.

Hartley (1998) afirma ainda que o DFMA tem comprovado na prática que muitos dos velhos métodos de projeto para a fabricação são inadequados, como, por exemplo, pode ser muito mais barato substituir a fabricação de três placas de metal e sua posterior soldagem por uma peça fundida de alumínio. O DFMA leva o projetista a discutir questões que geralmente são deixadas de lado. Invariavelmente, o resultado implica em menos peças e tempo de montagem mais curto.

Exemplos de aplicações da técnica de Desenho Orientado à Fabricação e Desenho Orientado à Montagem podem ser visualizadas no Anexo I.

### **2.3.2 Discussão de Estudos de Caso**

#### **(a) Prática adotada pela GM**

Smith & Reinertsen (1997) relatam que a prática normal adotada pela GM é alocar tanto engenheiros de produto como de processos a cada uma de suas equipes de

desenvolvimento de produto. Especialistas em produto e processo trabalham lado a lado desde o nível mais inferior da estrutura do desenvolvimento do produto.

Ao integrar experiências de produto e processo em níveis inferiores, fazendo as mudanças associadas no processo de desenvolvimento de produto, a GM tem sido capaz de reduzir substancialmente custos e tempos associados ao processo de tomada de decisões, no desenvolvimento de novos produtos.

Além de utilizar engenheiros de processo no início do projeto, a GM considera importante envolver experiências de produção. Por exemplo, no projeto do Buick Park Avenue, 1991, a GM convidou um operador da linha de montagem da GM em Wentzville, Missouri, com 21 anos de experiência, para se mudar para Flint, Michigan, por 24 meses, para ajudar no projeto do novo veículo. A participação do experiente operador foi de grande importância para o projeto. A experiência prática obtida ao longo dos anos trabalhados na linha de montagem forneceu o conhecimento que faltava à equipe de projeto.

A integração produto-processo é tal que os engenheiros de projeto da *Flint Automotive Division*, além de caminharem pela fábrica, gastam um dia inteiro a cada trimestre na linha de montagem, montando nos veículos as peças que projetaram. Aprendem desta forma lições que não podem ser aprendidas em livros, e que terão grande valor no próximo projeto.

#### **(b) Projeto Taurus da Ford**

Stoner & Freeman (1985) relatam a experiência da Ford com o projeto Taurus. Segundo esses autores, a Ford, assim como outros fabricantes de automóveis nos Estados Unidos, iniciou a década de 80 em más condições, devido principalmente a forte concorrência Japonesa. No final da década de 80, a Ford havia se transformado num líder da indústria, graças à abordagem utilizada pela equipe que conduziu o projeto Taurus.

Antes do projeto Taurus, a Ford projetava carros pelo sistema de ‘jogar por cima do muro’. O departamento de projeto aparecia com uma concepção para um novo modelo, e jogava-o por cima do muro para a engenharia, que, por sua vez, jogava-o por cima do muro para a produção. Não havia qualquer tipo de relacionamento entre as áreas envolvidas.

Com aprovação do então presidente da Ford, foi instituído um sistema chamado Processamento Paralelo (Engenharia Simultânea). Ao invés de jogar por cima do muro, todos os chefes de departamento se envolviam desde o início em todos os aspectos do projeto do produto e produção. As sugestões dos empregados foram de grande importância no projeto

Taurus. Isso pode parecer básico, mas para a Ford foi uma inovação. A prova do seu sucesso foi a eleição do Ford Taurus como Carro do Ano de 1986, pela *Motor Trend*.

**(c) Motor LT-5 do esportivo Corvette ZR-1 da Chevrolet**

Slack (1993) relata o sucesso obtido no desenvolvimento do motor LT-5 do carro esportivo Corvette ZR-1 da Chevrolet. Com a utilização dos princípios do desenvolvimento simultâneo, o tempo para desenvolver o motor foi de quatro meses ao invés de sete como previsto originalmente, uma redução de aproximadamente 43%. Os três grupos que desenvolveram o produto eram a General Motors CPC, em Detroit, que desenvolveu as especificações de marketing e de produto, a Divisão Marine Mercury, em Stillwater, Oklahoma, que manufacturou o motor, e a Lotus Engenharia, no Reino Unido, que desenvolveu o projeto de engenharia. Verifica-se que o sucesso obtido com a adoção do desenvolvimento simultâneo superou até distância física entre as empresas envolvidas no desenvolvimento.

Em relação aos custos, as vantagens obtidas neste projeto com a utilização do desenvolvimento simultâneo foram: redução de custos, pois problemas foram identificados logo nas primeiras etapas de desenvolvimento, onde o custo para voltar e reprojetar é bem menor do que em etapas mais avançadas, e maior efetividade no trato das despesas de capital.

Os envolvidos no projeto criaram o Grupo de Trabalho Flexível, cujo objetivo principal era ganhar tempo. Esperava-se que os membros do grupo fossem além dos limites de suas áreas de atuação. Em alguns casos, por exemplo, foi dada aos engenheiros de produção da Mercury autoridade de projetistas de produto da Lotus. Os engenheiros da Mercury podiam fazer mudanças no local e passá-las por fax para aprovação da Lotus. Nenhuma das mudanças propostas pelos engenheiros de produção da Mercury foi posteriormente revertida.

A parte burocrática do projeto foi mantida onde era preciso, mas da forma mais simples possível. Foram criados menos comitês de aprovação do que o normal, a quantidade de pessoas envolvidas no processo de aprovação também foi reduzida. Durante o desenvolvimento do processo de produção as mudanças eram feitas rapidamente através do uso de simples formulários chamados de Atualizações de Especificações que eram transmitidos por fax facilmente entre as instalações e requeriam apenas duas assinaturas, uma do projeto e outra da produção.

Segundo a GM, o fator mais importante para aumentar a velocidade do desenvolvimento do projeto foi a confiança. Com o aumento da confiança entre os envolvidos no projeto, e com as ansiedades da administração superior diminuindo, o trabalho ia fluindo sem interferência e dentro do cronograma estabelecido.

### **2.3.3 Considerações Finais**

Trabalhar a interface entre desenvolvimento de produto e produção, na maioria dos casos, não é tarefa fácil, pois envolve gerenciar pessoas com culturas e filosofias de trabalho diferentes. Entretanto, as vantagens advindas da aproximação entre essas áreas compensam amplamente as dificuldades que venham a surgir durante o processo de integração.

A interface entre engenharia de produto e produção é parte inerente do projeto, desenvolvimento e fabricação de um novo produto. Inúmeros objetivos, numerosas restrições e incertezas sobre a reação do mercado, fazem com que as pessoas tenham pontos de vista diferentes. Conforme Clark & Fujimoto (1991), o desafio é superar conflitos originados da falta de entendimento, buscando soluções que atendam as necessidades de ambas as áreas. Isto requer comunicação ininterrupta nas fases iniciais do desenvolvimento do produto, proporcionando um rápido *feedback* às áreas envolvidas.

Por fim, vale observar que alguns dos obstáculos da integração entre desenvolvimento de produto e produção podem estar no topo da empresa. Smith & Reneirsen (1997) afirmam que, em geral, os engenheiros de produto e de processo reconhecem a importância em desenvolver uma boa interface entre as áreas, entretanto, na maioria das vezes descobrem que a estrutura organizacional e os valores necessários para viabilizar uma boa interface estão faltando.

### **3 Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) Utilizado pela Empresa em Estudo**

O texto apresentado a seguir descreve a metodologia utilizada pela empresa no processo de desenvolvimento de seus produtos. Entrevistas informais realizadas com engenheiros de produto, processo, produção e demais funcionários de diferentes níveis hierárquicos, além do estudo e leitura de diversos procedimentos internos e globais que regem o processo de gestão e desenvolvimento de produtos, constituíram a base para a produção textual apresentada neste capítulo. No anexo B estão apresentadas as principais questões que conduziram o processo de entrevistas informais.

O processo de desenvolvimento de produtos utilizado pela empresa em estudo emprega uma metodologia própria, utilizada globalmente por todas as suas plantas no mundo. Tal metodologia atende a todos os requisitos impostos pela ISO/TS 16949. Os pilares que a sustentam são os seguintes:

- Engenharia Simultânea: Simultaneidade na execução de objetivos interdependentes envolvendo diferentes funções do negócio. Evidencia-se a existência de um forte ambiente de engenharia simultânea estabelecido no processo de desenvolvimento de produtos desenvolvido pela empresa;
- Time de Trabalho (Equipe Multidisciplinar): Efetiva formação e operação de funções cruzadas, caracterizando um time multinacional de especialistas, ou seja, uma equipe multidisciplinar. As equipes multidisciplinares são compostas por representantes da engenharia de produto, engenharia de processo, engenharia de manufatura, compras, vendas, qualidade, PCP e logística. Suas funções principais são: participar das análises críticas de projeto; dar andamento às ações referentes à sua área de atuação; dar *feedback* ao líder de projeto sobre o andamento das atividades referentes ao projeto.
- Padronização: Desenvolvimento de novos conceitos e aplicação de novas tecnologias, cujo objetivo é a obtenção de produtos *Standard*, visando principalmente redução do tempo de desenvolvimento e aplicação do produto;
- Gerenciamento do Projeto: Técnicas e ferramentas requeridas para o gerenciamento do programa do projeto, atualmente esta atividade é desenvolvida

pelos Coordenadores de Lançamento de Produtos (CLP), cuja função principal é lidar com toda a parte burocrática do projeto. Deste modo, a preocupação fundamental do engenheiro de produto é para com a parte técnica do projeto.

Dos quatro pilares apresentados, o centro das atenções do PDP é a padronização, pois, a empresa considera que: produtos *standard* devem ser desenvolvidos para satisfazer os requisitos gerais do mercado; produtos *standard* devem ser validados de acordo com especificações de testes padrões; que o desenvolvimento de produtos *standard* deve utilizar tecnologias de base, ou seja, aquelas que são suportadas por um nível aceitável de conhecimento adquirido através da evolução prática; e que a validação de produtos *standard* deve ser aplicada nos programas de desenvolvimento dos clientes.

A Estrutura do PDP é apresentada pela figura 13 e definida a seguir. Cada etapa corresponde a um programa, ou seja, a Etapa I corresponde ao Programa de Pesquisa e Desenvolvimento; a Etapa II ao Programa de Desenvolvimento de Produtos *Standard*; a Etapa III ao Programa de Aplicação do Produto e a Etapa IV ao Programa de Produção.

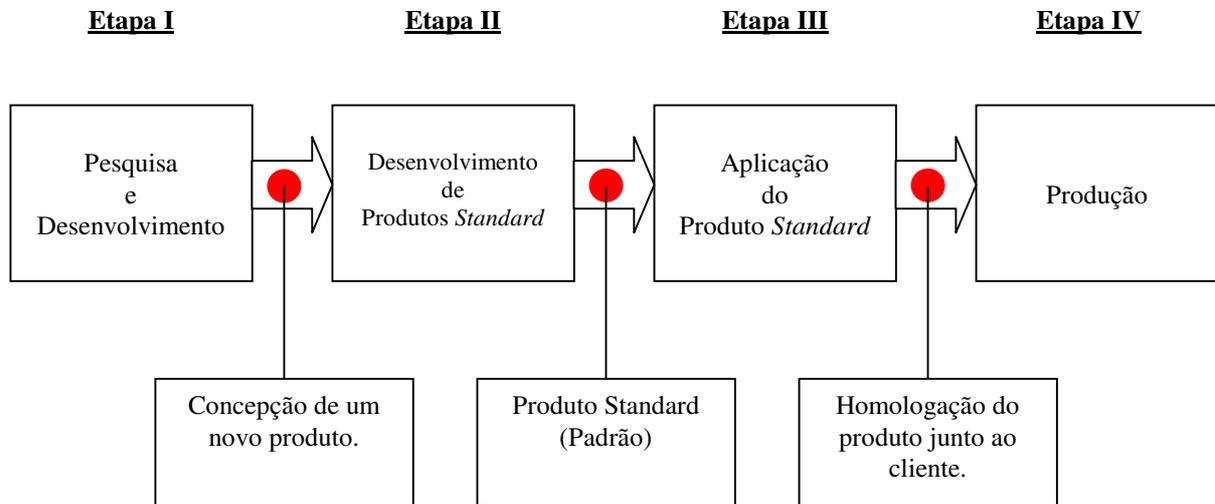


Figura 13 - Fluxograma do Processo Desenvolvimento de Produtos

### 3.1 Caracterização das Etapas do PDP

#### 3.1.1 Etapa I – Pesquisa e Desenvolvimento

A etapa de pesquisa e desenvolvimento visa o desenvolvimento de novas tecnologias, de acordo com as necessidades do mercado. Nesta etapa, é efetuada a análise do mercado e da

concorrência. O objetivo é fornecer informações e orientar para novos conceitos de produtos. Esta etapa é realizada nos centros de pesquisa e desenvolvimento da empresa situados na Europa, Ásia e América.

### **3.1.2 Etapa II – Desenvolvimento de Produtos *Standard***

A partir do conceito do novo produto é desenvolvido um novo produto genérico, ou seja, um produto *standard*. São verificadas questões de processo, tolerâncias geométricas, FMEA de produto e de processo, testes e documentação de processo. O conceito do produto, agora é um projeto de prateleira, pronto para a aplicação. Vale lembrar que não se sabe ao certo quando os produtos de prateleira serão utilizados, mas, ao serem solicitados basta tirá-los da prateleira e aplicá-los.

A etapa II caracteriza-se pelo desenvolvimento de produtos *standard* para todas as plantas produtivas no mundo, entretanto, não desenvolve um processo padrão. Deste modo, mesmo trabalhando com o mesmo produto *standard*, existem diferenças no processo de fabricação entre as plantas, seja por maquinário, fluxograma de processo, *know how*, entre outros fatores.

### **3.1.3 Etapa III – Aplicação do Produto**

Nesta etapa, os produtos *standard* desenvolvidos na etapa II a partir dos conceitos desenvolvidos na etapa I, são utilizados para satisfazer os requisitos do cliente, como por exemplo, exigências relativas à performance do produto, custo e prazo. O objetivo desta etapa é satisfazer todas as expectativas dos clientes com produtos *standard*.

A etapa III inicia no momento em que o cliente entra em contato com o departamento de vendas da empresa solicitando um orçamento. É realizada uma análise dos requisitos do projeto para a especificação do produto, que, uma vez especificado é submetido a provação junto ao cliente.

Aprovado o produto, inicia-se o projeto: planejamento, aprovação, validação do produto, validação do processo, produção e encerramento do projeto.

### 3.1.4 Etapa IV – Produção

A etapa IV trata do acompanhamento da produção do produto, bem como sua performance junto ao cliente. Nesta etapa, destaca-se a preocupação com a melhoria contínua da produção, ou seja, a otimização do produto e do processo de fabricação. Seja efetuando análise de valor, engenharia de valor ao produto, nacionalizando componentes, modificando produtos e processos de fabricação, ou *layouts*. Vale lembrar que nesta etapa, o produto já está sendo produzido (está sendo faturado).

Das quatro etapas que compõem o PDP, a empresa alvo do estudo desenvolve suas atividades de projeto, desenvolvimento e fabricação nas etapas III e IV, ou seja, seu objetivo é a aplicação de produtos *standard* às exigências dos clientes e sua respectiva fabricação em série.

## 3.2 Detalhamento da Etapa III – Programa de Aplicação do Produto

O Programa de Aplicação do Produto tem como objetivos principais: auxiliar no desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias; na aplicação de programas genéricos em projetos de clientes; e no desenvolvimento de produtos genéricos na produção de acordo com as exigências do mercado. Com o cumprimento destes objetivos, deseja alcançar a excelência no atendimento ao cliente, ou seja, entregar o produto ao cliente com qualidade, baixo preço, alta segurança, dentro do prazo; e melhor desempenho do negócio.

Suas metas são: reduzir o tempo de desenvolvimento de anos para meses, pois, ao receber a solicitação de orçamento, tem-se os projetos de prateleira prontos para serem aplicados (produtos *standard*); redução real de custos em torno de 15%; integração entre os times que atuam no desenvolvimento de novos produtos (desenvolvimento de novas aplicações de produtos *standard*) em diferentes plantas da empresa no mundo.

Os estágios para o desenvolvimento do produto que compõem a Etapa III são apresentados na figura 14 que dá uma visão geral das etapas do PDP. As atividades desenvolvidas em cada um dos estágios serão apresentadas a seguir, salientando que no final de cada um dos estágios é efetuada uma análise crítica, cujo objetivo é efetuar um *check-list* das atividades referentes ao estágio, ou seja, *gates* de verificação.

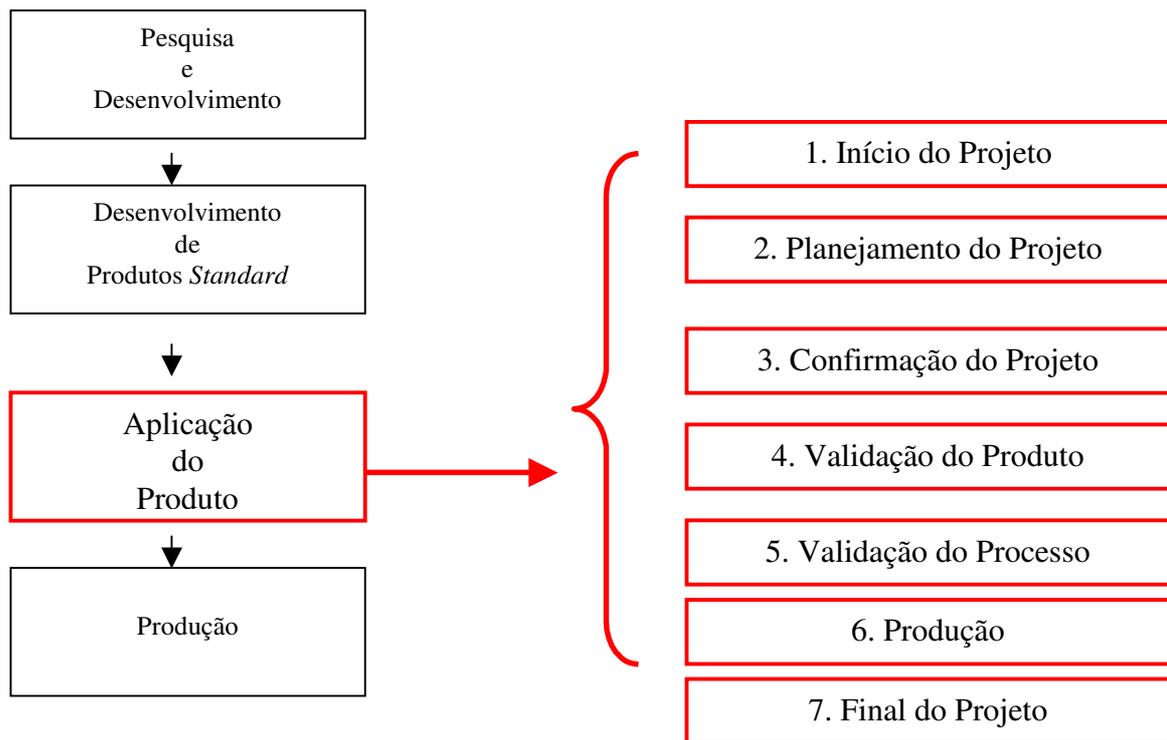


Figura 14 - PDP – Estágios do Processo de Desenvolvimento de Produto

### 3.2.1 Início do Projeto

O projeto tem início no momento em que o departamento de vendas da empresa recebe uma solicitação formalizada do cliente solicitando uma cotação. A cotação inicial pode ser feita de duas formas:

- a) a partir de um conjunto de desenhos;
- b) a partir de dados construtivos do veículo (motorização e dados da caixa de transmissão).

Uma vez recebidas as informações para efetuar a cotação, cabe à engenharia de produto analisar tecnicamente a documentação no intuito de viabilizar ou não o projeto. Viabilizando o projeto, a solicitação de orçamento é concluída e o departamento de vendas se encarrega de apresentá-la ao cliente.

### **3.2.2 Planejamento do Projeto**

Aprovado o orçamento, os dados de entrada do projeto são confirmados e as pendências são eliminadas. Encaminha-se então à etapa de planejamento do projeto.

O planejamento de cada um dos estágios do projeto é de responsabilidade da equipe multidisciplinar. O planejamento mostra quem faz o quê, e determina o grau de simultaneidade em que os estágios devem ser desenvolvidos.

### **3.2.3 Confirmação do Projeto**

De posse das especificações técnicas do projeto, registradas na solicitação de orçamento, e do cronograma do projeto, dá-se início à geração de protótipos. Neste estágio são desenvolvidas as seguintes atividades (relacionadas ao protótipo): desenhos do protótipo; estrutura de produto; FMEA do Produto; lista de testes pelos quais os componentes que estão sendo desenvolvidos devem ser submetidos; lista de materiais que irão constituir o produto com seus respectivos fornecedores; e a documentação inicial de processo.

Neste estágio, os esforços estão voltados para a concepção do produto, pois seu fechamento depende do protótipo testado e validado.

### **3.2.4 Validação do Produto**

No estágio de validação do produto efetuam-se as correções dos problemas verificados no estágio anterior, onde se testa e valida o protótipo, congelando os desenhos, ou seja, não os alterando mais.

A validação do projeto assegura que o produto está de acordo com os requisitos do cliente e que atende às suas necessidades. As atividades efetuadas neste estágio são: confirmação dos fornecedores; construção de mais algum protótipo, caso sejam necessárias novas verificações; plano de treinamento para as pessoas envolvidas com a montagem das peças e competências requeridas para o desenvolvimento do produto; e principalmente, a análise crítica do projeto, ou seja, toda a documentação do projeto é analisada, e é verificado o fechamento de todas as atividades necessárias para o desenvolvimento do produto.

### 3.2.5 Validação do Processo

Tendo o produto definido, validado e congelado, inicia-se o processo de validação dos meios e métodos de fabricação do produto. São efetuados testes no produto para validar o processo de fabricação definitivo.

Os dados de saída do projeto do processo são confrontados com os dados de entrada, conforme mostra a figura 15. O resultado da análise entrada X saída é registrado em ata e serve como dado de entrada para projetos futuros. O projeto do processo é validado mediante a aprovação final da peça de produção junto ao cliente.

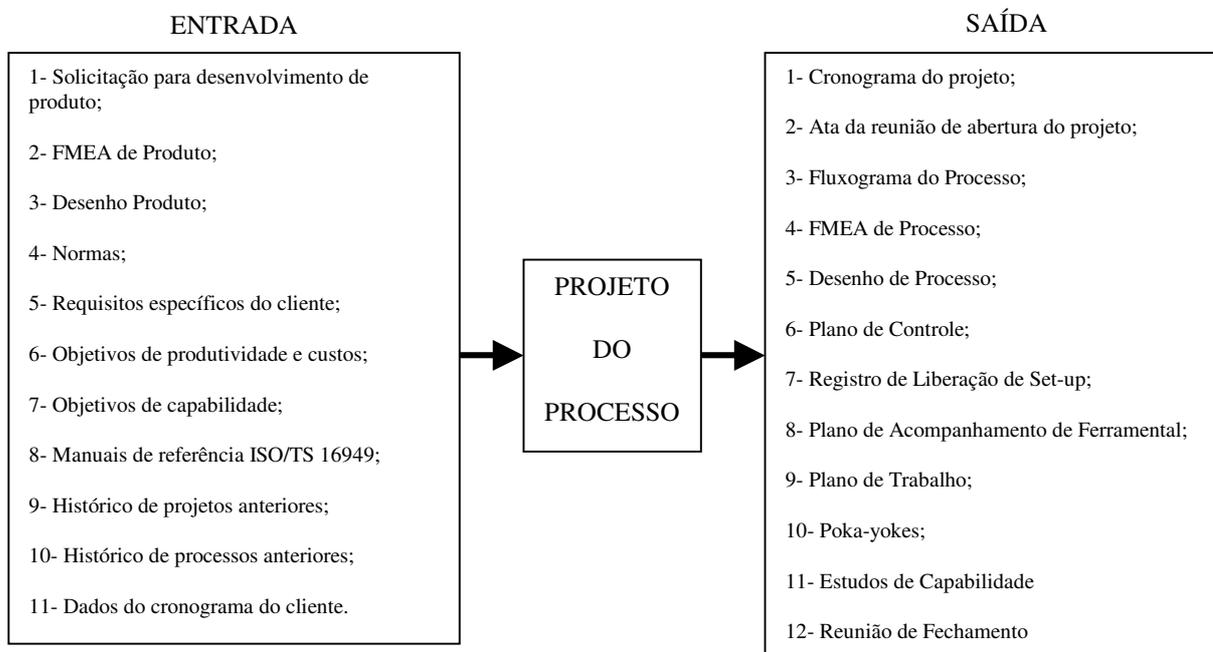


Figura 15 – Projeto do Processo: Dados de Entrada X Dados de Saída

### 3.2.6 Produção

Neste estágio, efetua-se um rigoroso acompanhamento do produto em produção. A partir de pontos passíveis de falha, baseados em falhas que já ocorreram em peças semelhantes, efetua-se a dupla verificação. A dupla verificação consiste em verificar 100% dos produtos fabricados, fazendo parte de um conjunto de verificações que compõem o chamado Lançamento Seguro. O Lançamento Seguro é o período de início de produção de peças com controles mais rígidos durante os seis primeiros meses de fornecimento ao cliente

ou em determinada quantidade de peças. O objetivo é reduzir ao máximo o número de problemas de qualidade.

### 3.2.7 Final do Projeto

O final do projeto é caracterizado quando o índice de rejeição obtido a partir da dupla verificação está dentro dos critérios estabelecidos pela equipe de trabalho, ou seja, quem determina o final do projeto é o time de projeto em consenso.

Conforme descrito, no início deste capítulo, a engenharia simultânea é um dos pilares do PDP. A figura 16 apresenta o grau de paralelismo dos estágios que constituem a Etapa III – Programa de aplicação do Produto.

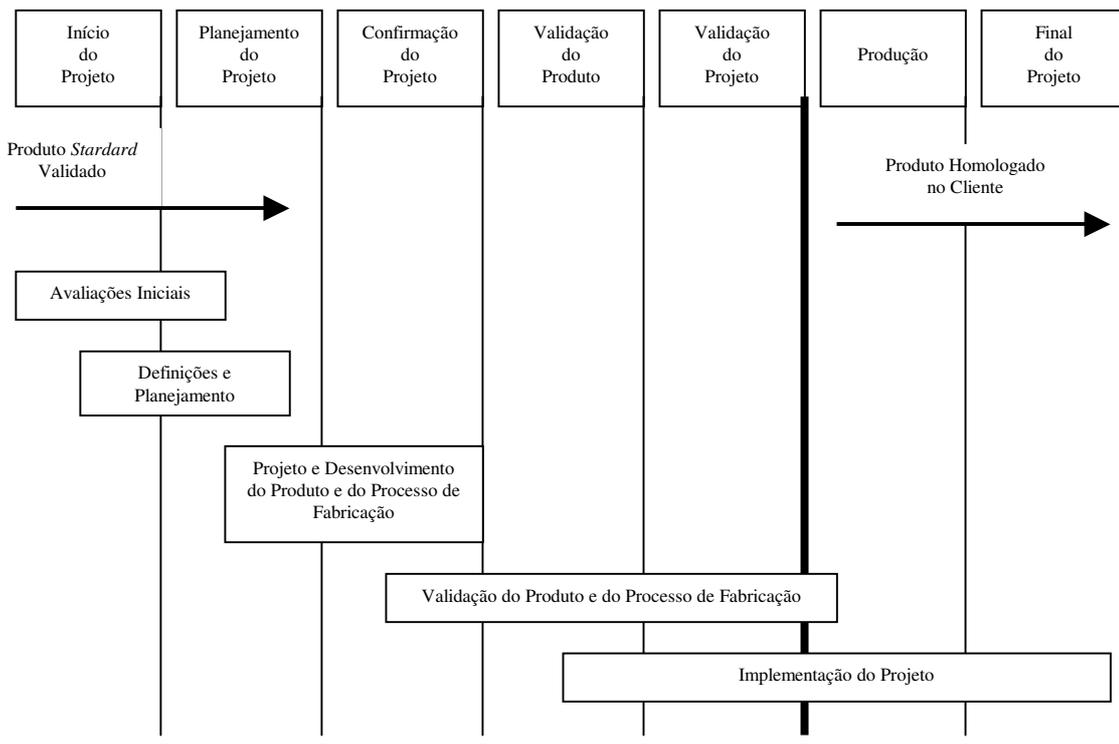


Figura 16 – Paralelismo entre os estágios do PDP

### 3.3 Atual Estrutura da Engenharia de Produto, Processo e Produção da Empresa

#### 3.3.1 Engenharia de Produto

O departamento de engenharia de produto é composto por seis células de trabalho divididas por clientes. Motivos afins justificam algumas células tratarem dos interesses de mais de um cliente.

Cada célula de trabalho é constituída por um gerente de conta cuja responsabilidade é tratar assuntos relativos a conta do projeto; um engenheiro de produto, também conhecido como engenheiro de aplicação, cuja função é pesquisar, desenvolver e aplicar novos produtos visando satisfazer os requisitos do cliente; um engenheiro de qualidade cuja responsabilidade é garantir a qualidade do produto e do processo de fabricação perante o cliente; e um projetista de CAD, responsável pelo detalhamento dos desenhos do produto. A figura 17 apresenta de forma simplificada a estrutura básica da engenharia de produto, suas células e integrantes.

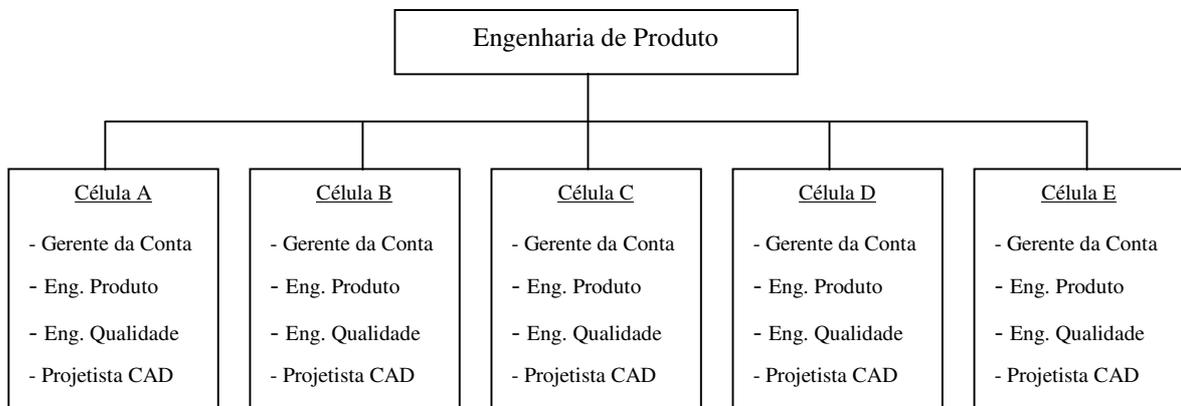


Figura 17 – Estrutura Básica da Engenharia de Produto

#### 3.3.2 Engenharia de Processo

A engenharia de processo é responsável por desenvolver novas tecnologias de modo a proporcionar melhorias no processo de fabricação e montagem do produto e está dividida em 5 funções principais.

- (a) Documentação de processo: responsável por desenvolver fluxogramas, desenhos de processo, planos de controle e liberação de *setup*;

- (b) Projeto: responsável pelo projeto dos ferramentais que serão utilizados no processo de fabricação de novos produtos;
- (c) Amostras: responsável pela fabricação de protótipos e amostras (pré-série). Esta função é de vital importância para o bom desenvolvimento da interface entre as áreas de produto e produção, pois é responsável por repassar informações referentes ao produto para a produção;
- (d) Montagem: responsável pela definição da seqüência de montagem do produto na célula, *layout* da célula, equipamentos necessários para efetuar a montagem do produto, dispositivos especiais e meios de controle;
- (e) Capabilidade: esta função está ligada a estudos de capabilidade do processo, controle estatístico de processo e FMEA de processo.

A engenharia de processo não tem um representante dedicado a atender uma célula de trabalho específica. A empresa já experimentou integrar engenheiros de processo à engenharia de produto, mas os resultados não foram satisfatórios (esta experiência será comentada no final deste capítulo). Deste modo, há uma estrutura única dividida por função, conforme descrito anteriormente, que atende simultaneamente todas as células de trabalho. A figura 18 apresenta a estrutura básica da engenharia de processo, onde cada função é desenvolvida por engenheiros de processo, também chamados de analistas de processo.

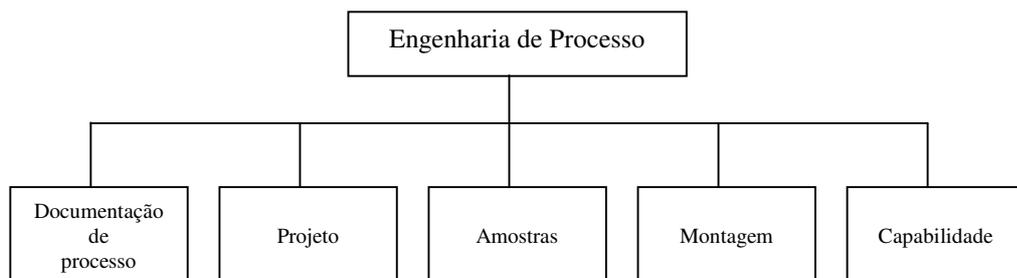


Figura 18 - Estrutura básica da Engenharia de Processo

### 3.3.3 Produção

A função da produção é planejar e disponibilizar o maquinário para o cumprimento das etapas do projeto, garantindo que sua execução seja de acordo com o planejado.

A base produtiva está dividida em 6 unidades de fabricação (UF's), e cada uma delas divide-se em mini-fábricas, conforme a figura 19, que apresenta a estrutura da base produtiva

da empresa. Para cada unidade de fabricação há um gerente e para as mini-fábricas há supervisores de linha, analistas e técnicos de produção.

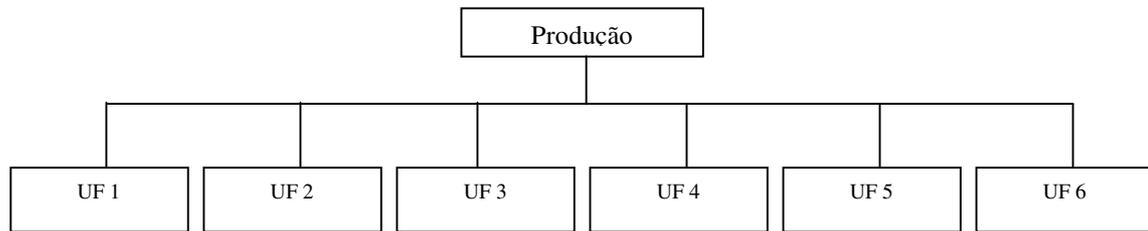


Figura 19 - Estrutura básica da base produtiva.

### 3.3.4 Interfaces Estabelecidas Entre os Departamentos Envolvidos no PDP

Conforme comentado anteriormente, o departamento de engenharia de produto está dividido em células de trabalho por cliente; a engenharia de processo, por produto e função; e a produção, em unidades de fabricação e estas em mini fábricas.

Produto, processo e produção estabelecem duas interfaces distintas: uma entre engenharia de produto e engenharia de processo e outra entre engenharia de processo e produção. Cada célula de trabalho da engenharia de produto interage com todas as funções da engenharia de processo, assim como as funções da engenharia de processo interagem com as unidades de fabricação da base produtiva.

A figura 20 apresenta as correlações entre as células de trabalho da engenharia de produto com a engenharia de processo, e da engenharia de processo com a produção. Percebe-se que há um certo distanciamento entre a engenharia de produto e a produção.

As fases iniciais do projeto são sem dúvida as mais importantes para a garantia do seu sucesso. Esta afirmação está sustentada pelos diversos autores referenciados na revisão bibliográfica apresentada no capítulo 2. Entretanto, sabe-se que na prática, estabelecer uma boa interface entre a engenharia de produto e o processo de fabricação não é tão simples quanto parece, pois, mesmo trabalhando por um objetivo comum, os interesses de cada uma das áreas envolvidas no processo de desenvolvimento de produtos são diferentes. A seguir, será apresentada a forma como vem ocorrendo a interface entre a engenharia de produto, processo e produção na empresa analisada.

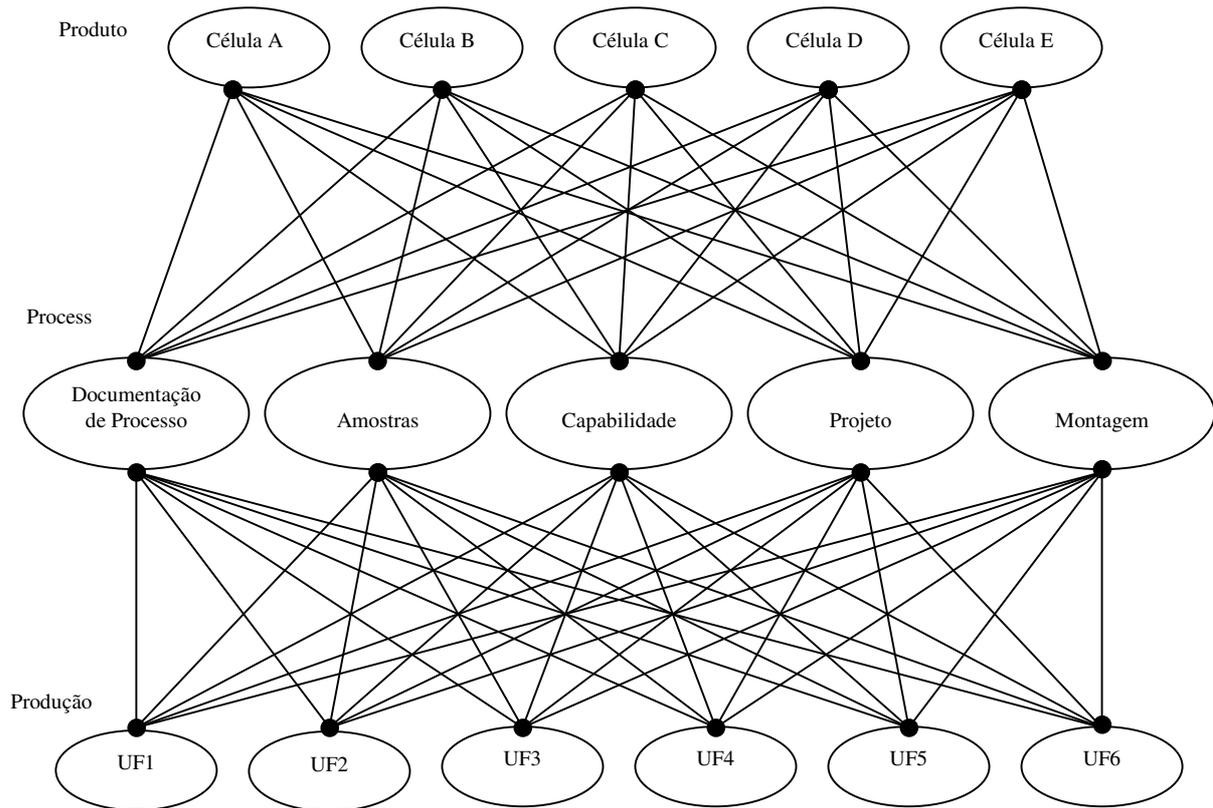


Figura 20 - Atual interface entre produto, processo e produção.

O início do projeto envolve a equipe multidisciplinar. Vale lembrar que para cada cliente há uma equipe multidisciplinar, deste modo, a fonte de informação da engenharia de processo sobre o novo projeto é o seu representante que faz parte da equipe, do mesmo modo para a produção e para as demais áreas envolvidas no PDP. Para um melhor entendimento, será utilizado um hipotético projeto XYZ, para ilustrar a interface entre engenharia de produto, processo, produção e demais departamentos envolvidos, em cada um dos estágios do desenvolvimento.

O processo de desenvolvimento de produto inicia-se a partir de uma Solicitação de Orçamento (SO) feita pelo cliente ao departamento de vendas da empresa. A Solicitação de Orçamento é o documento utilizado pelo departamento de vendas para comunicar à engenharia de produto a necessidade de elaboração de um orçamento para o cliente. A SO é composta por desenhos e pelos requisitos especiais do cliente, tais como: cronograma, testes necessários para a validação do produto e protótipos.

Ao receber a Solicitação de Orçamento, o departamento de vendas entra em contato imediatamente com a célula da engenharia de produto responsável pelas aplicações referentes

àquele cliente, comunicando sobre a solicitação (em geral ao engenheiro de produto líder da célula) e solicita que seja feita uma análise crítica pela equipe multidisciplinar responsável pela aplicação.

A reunião onde se efetua a análise crítica é denominada Reunião Inicial do Projeto. A Reunião Inicial do Projeto pode ter duração de dias. O que determina seu tempo de duração é o nível de complexidade e inovação solicitada pelo projeto. Nesta reunião são abordados, dentre outros assuntos, os seguintes: testes necessários para a validação do produto; estrutura física do produto; lista de fornecedores; de qual forma serão efetuadas as medições (controle dimensional) e os relatórios de qualidade; embalagens e dados referentes à maneira como o produto será transportado; definição dos estudos de capacidade; análise de desenhos por parte da manufatura para verificar se a base produtiva é capaz de fabricar o produto ou não e se irá conseguir atender as especificações impostas pelo cliente no desenho, ou seja, a análise dos requisitos do cliente.

Concluída a análise crítica, a equipe multidisciplinar fornece *feedback* ao departamento de vendas, que, após ter feito uma análise econômica e estratégica, dado que a análise técnica já foi feita pela engenharia de produto, entra em contato com o cliente apresentando a proposta de orçamento.

No momento em que o cliente aceita as condições propostas pela empresa para efetuar o desenvolvimento do produto, a formaliza através de um pedido de compra ao departamento de vendas. Considera-se ganho o desenvolvimento do novo produto. A partir deste instante, a equipe multidisciplinar começa a trabalhar na definição do cronograma interno. Vale lembrar que o cronograma interno é definido entre todas as áreas envolvidas no processo “teoricamente”, pois, na prática, não é isto que ocorre. Ao definir o cronograma, são definidos também os prazos de entrega dos desenhos de produto, processo e etc. Esta etapa é concluída com uma análise de risco.

O departamento de vendas, ao receber o pedido formal de compra emitido pelo cliente, abre uma Solicitação de Fabricação de Produto. Este documento é enviado à engenharia de produto que imediatamente começa a investigar minuciosamente cada um dos componentes que irão compor o produto. Caso o produto seja constituído por novos componentes, a engenharia de produto os apresenta à equipe multidisciplinar que irá definir em conjunto a melhor opção de matéria-prima, além de criar a estrutura do produto (lista de componentes) e a lista de fornecedores. Concluídas estas etapas, a engenharia de produto é encarregada de

fazer o FMEA do produto, disponibilizar normas, especificações de engenharia e desenhos de produto aos setores envolvidos no processo de desenvolvimento.

De posse de todas as informações básicas referentes ao projeto, a engenharia de produto abre um documento denominado Solicitação Para o Desenvolvimento do Produto (SPDP). Este documento é utilizado pela engenharia de produto para comunicar à engenharia de processo e aos demais setores envolvidos sobre a necessidade da fabricação de protótipos ou amostras para atender a solicitação do cliente.

Ao receberem tal solicitação, cada setor faz uma análise crítica completa. A análise contempla uma severa análise de risco, responsabilidades no projeto e os recursos necessários para o desenvolvimento. Concluída a análise crítica, esta, se satisfatória, faz com que o processo prossiga. Caso contrário, é estabelecido um plano de ação e, não se encontrando o ponto satisfatório, o projeto não segue, podendo acarretar prejuízo ao cronograma do projeto. A seguir será apresentada cada uma das análises críticas efetuadas por cada um dos departamentos envolvidos do processo de desenvolvimento do produto.

### **Recursos Humanos**

Ao concluir a análise crítica e esta estando de acordo, o setor de RH realiza o treinamento com os envolvidos, gera evidências de treinamento e verifica a eficácia do treinamento.

### **Departamento de Qualidade**

Efetua sua análise crítica em relação a SPDP recebida. Estando de acordo, efetua uma reunião com a engenharia de processo onde recebe o fluxograma do processo de fabricação do produto e os respectivos planos de controle. Ao receber o fluxograma e o plano de controle, efetua nova análise crítica e, estando de acordo, elabora um cronograma interno de projeto e traça um plano para a confecção dos dispositivos necessários; caso não estejam de acordo, um plano de ação é elaborado.

É de responsabilidade do departamento de qualidade abrir os requisitos de compra dos dispositivos, analisá-los quando recebidos, entregá-los ao pré-set da linha e elaborar o plano de dupla verificação.

Cabe também ao departamento de qualidade efetuar medições necessárias nas amostras que serão submetidas a testes de validação e receber e inspecionar componentes manufaturados por terceiros, garantindo desta forma a montagem de amostras representativas.

## **PCP**

Considerando a análise crítica satisfatória, o PCP cadastra a SPDP no plano de produção e agenda uma reunião com a equipe multidisciplinar para negociar datas.

## **Produção**

Na produção, quem recebe a SPDP é o Gerente ou o Chefe do Departamento que, em conjunto com as pessoas que julgar necessário, faz a análise crítica do mesmo. Aprovado a SPDP, a produção participa da reunião convocada pelo PCP para negociar datas de manufatura.

Definidas as datas, a produção gera um plano de ação para a manufatura de amostras. Este plano de ação deve conter: instrução para a manufatura da amostra, procedimentos da linha de produção, suporte de pessoal na linha, treinamento dos operadores, disponibilidade de recursos e análise de risco.

## **Engenharia de Processo**

O desenvolvimento de novos produtos inicia na Engenharia de Processo através do recebimento da SPDP e dos desenhos de produto. Ao receber a SPDP da engenharia de produto, a engenharia de processo efetua as seguintes atividades:

- Registra a data em que os desenhos de produto foram recebidos;
- Analisa o prazo, quantidade e objetivo da SDP, e, se necessário, os negocia com a engenharia de produto;
- Efetua uma análise crítica da solicitação recebida.

A SPDP pode se referir à fase de desenvolvimento de protótipos ou à fase de desenvolvimento de amostras.

### **E1) SPDP para desenvolvimento de protótipos**

O objetivo é atender o cliente o mais rápido possível. Como tratam-se de protótipos, o ferramental e o processo de fabricação não são os definitivos. Não é necessário desenvolver FMEA de processo, Plano de Acompanhamento do Desenvolvimento do Ferramental, Plano de Trabalho, nem Estudos de Capabilidade.

## **E2) SPDP para desenvolvimento de amostras**

Tratando-se de desenvolvimento de amostras, comparando seu processo de fabricação com o processo de fabricação de um protótipo, fabricar uma amostra é muito mais criterioso. São necessários: FMEA de Processo, Plano de Trabalho, Desenhos de Processo, Estudos de Capabilidade, Fluxograma de Processo, máquinas, dispositivos e calibres que serão utilizados no processo de fabricação definitivo. Na verdade, as primeiras amostras montadas na célula de montagem, servem para verificar como irá fluir a montagem do produto no processo normal de fabricação. Vale lembrar que, para a empresa em estudo, amostras são consideradas como pré-lançamento.

No fim de cada mês, é responsabilidade do engenheiro de processo programar as SPDP's que deverão ser entregues no mês seguinte, junto ao PCP da empresa.

O fluxo de operações e as respectivas máquinas por onde deverá passar o novo produto, são definidos na reunião inicial do projeto. A partir das definições tomadas com relação ao fluxo e as máquinas, são gerados os seguintes documentos:

- Fluxograma de Processo: O fluxograma de processo deve fornecer informações referentes a seqüência de operações, descrevendo-as detalhadamente; número de equipamentos que serão utilizados no processo de fabricação; identificação de características críticas e/ou significativas para o processo de fabricação; e o estágio, ou seja, se a peça é um protótipo, amostra, produção ou lançamento seguro.
- Plano de Acompanhamento do Desenvolvimento do Ferramental (PADF): Documento utilizado para acompanhar a compra e/ou manufatura das ferramentas e dispositivos necessários para o projeto.
- Plano de Trabalho (WP – ‘Work Plan’): Documento onde estão contidas informações referentes ao ferramental e condições de máquinas. Neste documento, são listadas todas as ferramentas de *set-up* utilizadas para a fabricação do produto.
- Plano de Controle (CP – ‘Control Plan’): Documento gerado pela definição das características críticas e significativas do produto e do processo. O plano de

controle orienta e indica o que deve ser controlado e qual o método de controle que deve ser adotado no processo de fabricação do produto.

- Desenhos de Processo: A engenharia de processo recebe os desenhos de produto e os converte em desenhos de processo. Nestes desenhos, são adicionadas as tolerâncias e utilizadas pelos respectivos processos de fabricação entre outras observações específicas relacionadas com processo.
- FMEA de Processo.

Todas as informações, decisões e delegações de atividades decididas na reunião de abertura são registradas em ata, distribuída a todos os envolvidos.

A determinação dos ferramentais para a fabricação do produto é de responsabilidade da engenharia de processo, bem como o preenchimento do PADF e da requisição de compra do ferramental. Cabe ao analista de processo efetuar o *follow-up* sobre o andamento das requisições de compra junto ao departamento de compras da empresa, visando agilizar a liberação das mesmas junto à gerência.

O analista de processo programa a entrada do novo produto desenvolvido na produção baseado na data de chegada dos ferramentais. Quando eles chegam à empresa, o analista de amostras os recebe e confere e, estando de acordo com o solicitado, os entrega para o *pré-set* da mini-fábrica, que deve conferir novamente e armazená-los. Para que não haja dúvidas sobre o ferramental que foi entregue, uma cópia do PADF deve ser entregue junto com o mesmo.

No momento em que o novo desenvolvimento está entrando em produção, o analista de processo responsável pela montagem das amostras, juntamente com o técnico da produção responsável pela mini-fábrica encaminha as seguintes ações:

- solicita ao *pré-set* o ferramental necessário;
- solicita ao departamento de qualidade os dispositivos necessários;
- certifica-se da correta identificação do lote de peças;
- acompanha a liberação do *setup*;
- realiza estudos de capacidade do processo.

Realizadas todas as operações previstas no fluxograma de processo e estando o produto acabado, os mesmos são entregues ao engenheiro de produto. Ao concluir o desenvolvimento, é feita uma verificação dos materiais restantes, ou seja, os materiais não

utilizados devem ser devolvidos ao almoxarifado; ferramental remanescente deve ser devolvido ao *pré-set*; peças sucata devem ser encaminhadas como tal; e peças boas que não serão aproveitadas devem ser encaminhadas para a área de protótipos devidamente identificadas. Nenhuma peça deve permanecer na área produtiva das mini-fábricas depois de terminada sua fabricação e/ou montagem.

### **Laboratório de Testes**

Cabe ao laboratório de testes, ao receber a Solicitação de Desenvolvimento do Produto, verificar a necessidade de confeccionar novos dispositivos, estabelecendo deste modo um cronograma de projeto e confecção de dispositivos para testes de homologação do produto.

É responsabilidade do laboratório de testes providenciar os desenhos dos dispositivos, abrir requisição para a comprá-los, recebê-los, testá-los e organizá-los, para que no momento em que receber os produtos para testar, tudo esteja de acordo para que os testes de homologação sejam concluídos.

### **Logística**

Assim como os demais departamentos, a logística recebe a SPDP e efetua sua análise crítica. As atribuições do departamento estão voltadas aos procedimentos de embalagem e transporte do produto ao cliente. A logística define o procedimento e o submete aos demais departamentos envolvidos no projeto e à equipe multidisciplinar responsável pelo desenvolvimento do projeto para aprovação. Alguns clientes solicitam amostras de embalagens para aprovação.

Concluído o ciclo de atividades que circundam o fluxo percorrido por uma SPDP, ou seja, depois de concluída a fabricação e entrega das peças ao engenheiro de produto, convoca-se uma reunião para o fechamento da SPDP. A reunião tem como objetivo apresentar e discutir todos os assuntos referentes aos problemas ocorridos durante o desenvolvimento, desde o recebimento da matéria-prima até a entrega das peças à engenharia de produto e providenciar um plano de ação, caso seja necessário.

O final da reunião é caracterizado pela seguinte pergunta: O produto está em condição de ser enviado para o cliente? Caso a resposta seja sim, encerra-se a SPDP; caso contrário,

deve-se definir de imediato um plano de ação e efetuar um rigoroso acompanhamento do mesmo.

### 3.4 Integração da Engenharia de Processo à Engenharia de Produto: experiência vivenciada pela empresa

Resgatando o histórico da evolução do departamento de engenharia da empresa, constatou-se que o mesmo sofreu significantes modificações ao longo dos anos, dentre elas, a tentativa de alocar engenheiros de processo às equipes de desenvolvimento de produto (células). A seguir, a figura 21 apresenta as evoluções do departamento de engenharia desde sua criação até a estrutura atualmente estabelecida.

O estágio 5, caracterizou-se pela introdução de engenheiros de qualidade e engenheiros de processo na célula de desenvolvimento de produto. O objetivo era aumentar a integração entre as áreas, fazendo com que os engenheiros de qualidade e de processo participassem do desenvolvimento do produto desde o início e não apenas das reuniões de projeto.

Estágio 1	Estágio 2	Estágio 3	Estágio 4	Estágio 5	Estágio 6
Eng <sup>o</sup> . de produto	Eng <sup>o</sup> . de Produto Projetista de CAD	Eng <sup>o</sup> . de Produto Projetista de CAD Estagiário	Eng <sup>o</sup> . de Produto Projetista de CAD Estagiário Eng <sup>o</sup> . Recém Formado (Aprendiz)	Eng <sup>os</sup> . de Produto Projetista de CAD Estagiário Eng <sup>o</sup> . de Qualidade Eng <sup>o</sup> . de Processo	Eng <sup>os</sup> . de Produto Projetista de CAD Estagiário Eng <sup>o</sup> . de Qualidade

Figura 21 – Evolução do Departamento de Engenharia de Produto

A resposta dada pelos engenheiros de qualidade foi satisfatória, em pouco tempo estavam totalmente integrados à célula, viabilizando sua permanência. Entretanto, o mesmo não foi verificado com os engenheiros de processo, que por motivos descritos a seguir não conseguiram se adaptar ao ambiente de trabalho. Tal experiência durou cerca de um ano.

O processo de integração da engenharia de processo à engenharia de produto iniciou com a aproximação física. Na época, existiam 4 células de trabalho na engenharia. Foi alocado um engenheiro de processo para a célula A e um para a célula B, conforme mostra a figura 22 (a). A alocação do engenheiro de processo para dentro da célula foi meramente um deslocamento físico, pois, mesmo estando alocado fisicamente a uma célula de trabalho, os engenheiros de processo continuavam a trabalhar em parceria de acordo com a quantidade de trabalho, ou seja, o engenheiro que estava fisicamente alocado na célula A, mas de acordo com a demanda, atendia a Célula C e D, da mesma forma, o engenheiro de processo fisicamente alocado na célula B, atendia as células C e D, conforme mostra a figura 22 (b).

As atividades que os engenheiros de processo desenvolviam eram: fluxogramas de processo, desenhos de processo, planos de controle, liberação de *setup*.

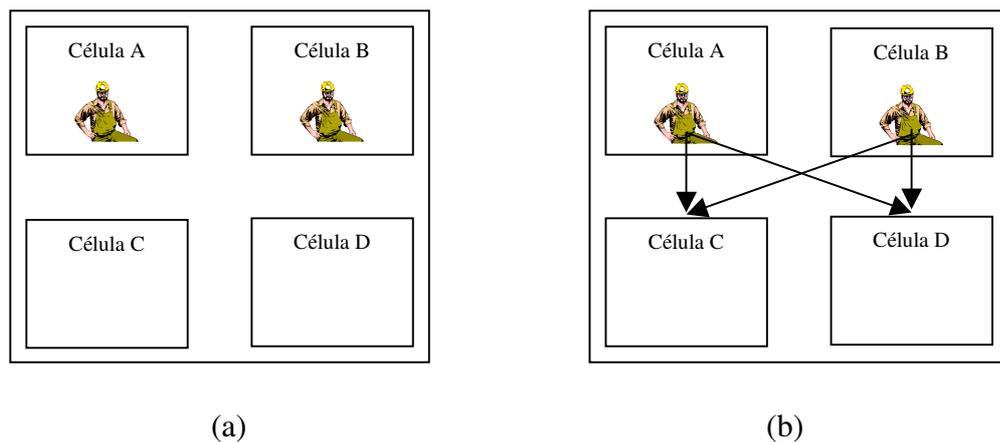


Figura 22 – Integração do Engenheiro de Processo à Engenharia de Produto

Uma segunda etapa do processo de integração entre produto e processo, foi caracterizada pela introdução de um responsável pelo desenvolvimento de amostras. Foi alocada uma pessoa em cada célula. Era sua responsabilidade todo o processo de fabricação de protótipos e amostras.

A partir de entrevistas informais realizadas com o pessoal de produto e de processo envolvido no processo de integração, pode-se evidenciar por parte de ambos os lados, produto e processo, pontos positivos e negativos.

Segundo entrevistas realizadas com pessoal do processo, os principais pontos positivos evidenciados no processo de integração foram: melhor interação com a equipe de desenvolvimento de produto e melhor fluxo de informação: “*estávamos sentados lado a lado*

*com os engenheiros de produto, recebíamos as informações em tempo real” - “mesmo desenvolvendo um fluxograma, desenho de processo ou qualquer outra atividade, estávamos ouvindo o que os engenheiros de produto estavam discutindo, quais eram os problemas, como seriam encaminhados e qual sua solução” - “tínhamos maior embasamento para discutir e propor alternativas de projeto”.*

Em contrapartida, consideram como principais pontos negativos: a forma como as equipes foram estruturadas, ou seja, má definição dos times; falta de nivelamento sobre conhecimentos específicos; e sobrecarga de trabalho: *“era previsto contratar mais engenheiros de processo, mas não aconteceu” - “a falta de mão-de-obra inviabilizou a estrutura” - “nunca conseguia me dedicar exclusivamente a atender a célula a qual fui alocado” - “às pessoas que foram alocadas para cuidar especificamente do desenvolvimento de amostras e protótipos eram especialistas e não generalistas, deveriam conhecer um pouco de tudo”.*

Já para o pessoal do produto, a presença dos engenheiros de processo traria a experiência que lhes faltava a respeito das atividades de chão-de-fábrica, ou seja, capacidade de produção, tanto de máquinas quanto das linhas de manufatura; análise de processo de fabricação, pois acreditam que o bom desempenho da produção se deve ao relacionamento estabelecido entre a engenharia de produto e de processo.

Entretanto, o engenheiro de processo praticamente não conseguiu responder às expectativas dos engenheiros de produto, pois, ao invés de estarem participando ativamente das reuniões de projeto, estavam na fábrica resolvendo pendências da produção, conforme relatado por um engenheiro de produto que vivenciou tal experiência: *“acreditava-se que trazendo o engenheiro de processo para dentro da célula da engenharia de produto, teríamos um melhor feedback entre as engenharias, mas não foi como havíamos previsto. Não basta simplesmente alocar o engenheiro de processo fisicamente, ele deve se diluir integralmente na atividade da célula, dedicar seu tempo especificamente aos novos desenvolvimentos”; “na maioria das vezes, chegava as 7:00 da manhã (está se referindo ao engenheiro de processo), deixava sua pasta na mesa e desaparecia. Voltava no final do expediente, pegava sua pasta e ia para casa”.*

Leva-se a crer que o que acabou por inviabilizar a tentativa de integrar o engenheiro de processo às células da engenharia de produto foi falta de pessoal e de um maior envolvimento e intervenção por parte da alta administração, que decidiu pela integração e acabou não dando

o suporte necessário para viabilizá-la, como, por exemplo, investir em mão de obra. A revisão bibliográfica cita em um de seus últimos parágrafos que um dos maiores obstáculos da integração entre desenvolvimento de produto e produção pode estar no topo da empresa, ou seja, não basta que os engenheiros de produto e processo reconheçam a importância em desenvolver uma boa interface, o que é fundamental é que a estrutura organizacional e os valores necessários para viabilizar tal integração estejam presentes durante todo o processo.

### **3.5 Comentário Final Sobre a Metodologia de PDP Utilizada Pela Empresa**

Este capítulo buscou apresentar a metodologia utilizada pela empresa no processo de desenvolvimento de seus produtos, bem como o cenário onde ocorre o desenvolvimento das etapas III – Aplicação do Produto e IV – Produção. Procurou apresentar a integração entre os departamentos envolvidos no PDP enfatizando a interface entre produto, processo e produção que, segundo a análise efetuada, necessita ser desenvolvida devido às deficiências identificadas, que serão devidamente abordadas no decorrer deste trabalho.

Tais deficiências identificadas na análise da metodologia são vistas como pontos passíveis de melhoria. Logo, a metodologia não é falha ou incompleta, pelo contrário, trata-se de um modelo bastante amplo e completo, porém há uma certa dificuldade em assimilar alguns de seus conceitos, muitas vezes devido à inexperiência em aplicá-lo e desenvolvê-lo.

Serão apresentados a seguir os pontos tidos como passíveis de melhoria. Acredita-se que corrigindo as dificuldades neles encontradas obter-se-á melhores *trade-offs* de projeto. Vale lembrar que os pontos apresentados como pontos de melhoria são considerados pela empresa como pontos de melhoria contínua, pois as deficiências existentes estão sendo tratadas e superadas continuamente.

### **3.6 Análise das Deficiências da Atual Metodologia**

A avaliação da metodologia utilizada pela empresa para gerenciar e desenvolver seus produtos destaca pontos passíveis de melhoria.

A partir da análise do cenário atual, sob o qual a empresa em questão desenvolve seus produtos, bem como a interface existente entre os departamentos envolvidos no PDP, principalmente a estabelecida entre engenharia de produto, processo e produção. Identificou-

se quatro pontos principais: o primeiro é a comunicação; o segundo é o planejamento das atividades; o terceiro são as equipes de trabalho, ou seja, equipes multidisciplinares responsáveis pela condução do projeto e as células que compõem a engenharia de produto; e o quarto a estrutura física onde está situado o departamento de engenharia de produto, destacando principalmente o *layout* do departamento. A seqüência dos pontos não reflete seu grau de importância. Durante o processo de auditoria para re-certificação da empresa para a norma ISO/TS 16949:2002, dentre as observações feitas pelo auditor inclui-se: planejamento (cronogramas, despesas, riscos); e falta de integração entre as áreas, reflexo da falta de comunicação e integração interdepartamental, o que vem a confirmar os pontos identificados como sendo passíveis de melhoria. Uma fonte de dados secundária também foi consultada, verificou-se novamente a confirmação dos pontos passíveis de melhoria identificados anteriormente, exceto a estrutura física do departamento.

A fonte de dados secundária consultada foi um questionário submetido a todos os participantes das equipes multidisciplinares de projeto. Tal questionário foi aplicado em 2001, logo após a introdução da metodologia global para a gestão e desenvolvimento de produtos, e reaplicado em 2003. O questionário é composto por questões relativas ao desempenho da metodologia de gerenciamento e desenvolvimento de produtos atualmente adotado pela empresa. O mesmo não poderá ser apresentado na íntegra, pois nele constam informações confidenciais. Alguns comentários serão apresentados nas seções subseqüentes deste capítulo.

A metodologia utilizada pela empresa no processo de desenvolvimento de produto requer uma forte simultaneidade no desenvolvimento dos estágios que a compõe, deste modo desenvolver a comunicação, o planejamento e as equipes de trabalho torna-se vital para o sucesso do projeto. Na verdade, comunicação, planejamento e equipes de projeto constituem uma frente de trabalho única e devem estar em perfeita sintonia, ou seja, se não houver um canal de comunicação bem desenvolvido, as informações não irão fluir adequadamente; sem planejamento e informação, as equipes de trabalho pouco têm a fazer para obter um bom desempenho no projeto, além de sofrerem sérias conseqüências geradas pela situação, ou seja, acabam perdendo muito tempo buscando informação para poder planejar e posteriormente executar. Nesta altura, o cronograma de projeto certamente está comprometido.

Vale lembrar que a empresa pertencia a duas grandes multinacionais, uma delas detinha 70% do controle acionário da empresa e a outra 30%. Cerca de quatro anos, o acionista majoritário assumiu o controle acionário total, desde então uma série de

significativas mudanças vem ocorrendo, dentre elas a introdução da metodologia global para gerenciar e desenvolver produtos. Até então, a metodologia utilizada pela empresa era o APQP da QS9000. Tudo leva a crer que os pontos identificados como sendo passíveis de melhoria estão passando por um ciclo de melhoria contínua, pois sua performance melhora de projeto para projeto, evidências serão apresentadas no decorrer do capítulo.

A seguir será apresentada uma análise sobre as deficiências associadas às atividades de comunicação e planejamento e composição das equipes de trabalho identificadas a partir do estudo efetuado.

### **3.6.1 Deficiências no Processo de Comunicação**

Certamente, a comunicação é um grande desafio na maioria dos projetos que envolvem trabalho em equipe. Fazer com que a informação flua adequadamente entre os departamentos e entre as pessoas envolvidas parece ser uma dificuldade inerente ao gerenciamento de projetos. Logo, a comunicação é um fator de grande discussão em livros de gerenciamento de projeto.

Na empresa em questão, existe grande preocupação com a área de tecnologia da informação. A busca pela inovação é constante, como, por exemplo, a criação de bancos de dados mundiais, gerenciamento eletrônico de documentos, atas de reuniões consolidadas eletronicamente, entre outros. No entanto, sem o interesse dos envolvidos no projeto, tanta tecnologia acaba não tendo valor efetivo.

No decorrer das entrevistas, ao questionar sobre a maneira como as informações fluem, verificou-se que, algumas pessoas demonstraram comprometimento para com o fluxo de informações, principalmente quando tem “algum assunto pegando”, como se costuma dizer na empresa, ou seja, algum assunto crítico, que requer empenho e dedicação para ser resolvido no menor espaço de tempo possível. Entretanto, há exceções. Verifica-se certa morosidade por parte de alguns para com o fluxo de informação, neste caso, ela só flui quando há pressão ou cobrança da alta administração.

Um comentário interessante a respeito foi feito por um dos entrevistados: *“Alguns colegas só começam a dar seqüência a um assunto no momento que são cobradas por algum dos gerentes. Em outras palavras, se o nome do seu gerente estiver no cc do e-mail, fique tranqüilo, o assunto será encaminhado aos interessados e a devida atenção será dada”*.

O comentário se aplica a uma minoria dentro da empresa, mas em alguns casos a minoria acaba prejudicando o desempenho da equipe. É lógico que cada pessoa tem uma maneira diferente de se comunicar, entretanto, em um ambiente dinâmico como o da empresa em questão, saber transmitir e receber informação é extremamente importante.

Quanto aos canais de comunicação disponíveis na empresa, os mesmos são considerados adequados. Dispõe-se de computadores com acesso a Internet, e-mail, aparelhos de fono e vídeo conferência, telefones fixos e móveis. Deste modo, não há desculpas que justifiquem a morosidade, em alguns casos, para transmitir informações. O que deve ser desenvolvido é um maior interesse e comprometimento por parte de alguns que ditam regras e não as executam. Algumas pessoas gostam muito de fazer aos outros as seguintes questões: “Vocês não conversam?” - “O setor de vocês não conversa?”, entretanto, estas perguntas deveriam ser feitas por cada um para si mesmo, ou seja, “Eu estou conversando com meus colegas?” - “Eu estou conversando com os outros setores da empresa?”, ca be uma reflexão, pois diariamente tem-se verificado uma série de problemas envolvendo comunicação e fluxo de informação.

Problemas que poderiam ser resolvidos de uma maneira muito simples, respondendo uma pergunta ou repassando um *e-mail*, como, por exemplo: as reuniões de projeto em geral são comunicadas via e-mail com no mínimo uma semana de antecedência, solicita-se que o destinatário confirme sua presença. Para isto, basta dar um simples *click* com o mouse no ícone “aceitar compromisso”. Nem todos os destinatários o fazem. Muitas vezes, devido a falta de confirmação, a reunião é adiada ou o remetente tem de ficar lembrando sobre a mesma.

Referenciando especificamente as reuniões de projeto, onde a equipe multidisciplinar é convocada para tratar de assuntos e pendências, referentes a cada uma das áreas, que impacta diretamente sobre o desempenho e cronograma do projeto, verifica-se que os departamentos que mais reclamam de falta de informação são aqueles que não comparecem nas reuniões ou que não recebem um bom feedback do seu representante na equipe, Exemplificando: o departamento A tem um representante A1 na equipe multidisciplinar que está tratando do projeto XYZ. A responsabilidade do representante A1 é repassar toda informação obtida na reunião de projeto aos demais integrantes do departamento “A” ao qual pertence, bem como as informações circulantes no seu departamento, relacionadas ao projeto, para a equipe multidisciplinar de projeto.

No entanto, falhas são freqüentes neste fluxo de informação, como, por exemplo, recebe-se um documento informando sobre a alteração de um fornecedor de matéria-prima. O departamento responsável está a par da alteração, entretanto, nada foi informado às equipes de projeto nas reuniões de projeto, a qual serve para tratar deste tipo de assunto, dentre outros.

Na maioria dos casos, não há como aprovar um novo fornecedor de um dia para outro, pois testes deverão ser efetuados para verificar se o novo fornecedor atende aos requisitos impostos pela empresa e pelo cliente. Neste ponto começa a correria, pois certamente irá faltar matéria-prima e não se pode cogitar a possibilidade de não entregar peças ao cliente.

Existem atas que registram os assuntos discutidos nas reuniões de projeto, entretanto, sabe-se que os detalhes não são registrados em ata. As pessoas devem ser mais ativas e se comunicar, devem “conversar”.

Outro canal de comunicação, estabelecido entre os departamentos, é a reunião setorial, como, por exemplo, a reunião da engenharia de produto. Todas as segundas-feiras, na segunda hora após o início do expediente, todos os engenheiros de produto são convocados para tratar assuntos relativos à semana anterior e a semana corrente, como, por exemplo, pendências, prioridades e novos projetos. O engenheiro de produto é o responsável direto por repassar as informações obtidas na reunião para os integrantes de sua célula de trabalho, bem como ser a voz ativa para expor os problemas relativos a qualidade, processo, produção e demais áreas envolvidas no projeto do produto.

O horário é outra estratégia, uma hora após iniciar o expediente. Tempo suficiente para que as pendências do final de semana, como: testes em andamento, montagem de protótipos ou amostras, entre outros, possam ser verificadas, atualizadas e comunicadas aos demais. O não comparecimento do engenheiro de produto na reunião compromete o fluxo de informação para os membros da sua célula, uma vez que não são feitas atas dessas reuniões.

Volta-se a enfatizar a importância não só do comparecimento às reuniões de projeto e setoriais, mas também o interesse e comprometimento de todos os envolvidos no processo.

A consulta à fonte de dados secundária (questionário) revelou que, conforme citado, a comunicação, bem como o planejamento e o desempenho das equipes de projeto, está passando por um processo de melhoria contínua. A seguir serão apresentados de forma gráfica os resultados obtidos da análise das questões relacionadas à comunicação e ao fluxo de informação, integrantes do questionário, sendo comparados os resultados obtidos em 2001

com os obtidos em 2003. O objetivo é evidenciar a melhoria contínua no processo de comunicação e mostrar que ainda há muito a ser feito.

A figura 23 apresenta o gráfico relativo a avaliação do participante sobre os projetos, a disponibilidade e a distribuição das informações relativas ao projeto dos quais participa, e a figura 24 apresenta a avaliação do participante quanto à quantidade de informações que possui sobre o projeto. Para a segunda questão, as possíveis respostas eram: (a) não, apesar de receber atas eletrônicas das reuniões; (b) não, mas procuro buscar informações referentes ao meu departamento; (c) sim, mas concentro atenção nas atividades de minha área; (d) sim, procuro estar informado sobre as atividades do projeto como um todo.

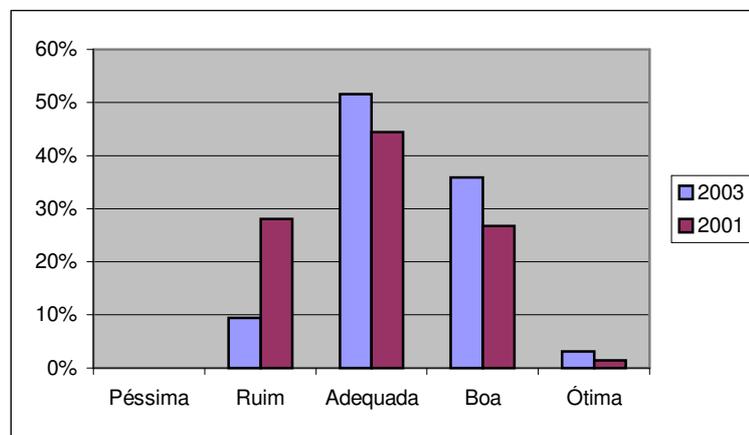


Figura 23 – Disponibilidade e distribuição da informação sobre os projetos dos quais participa

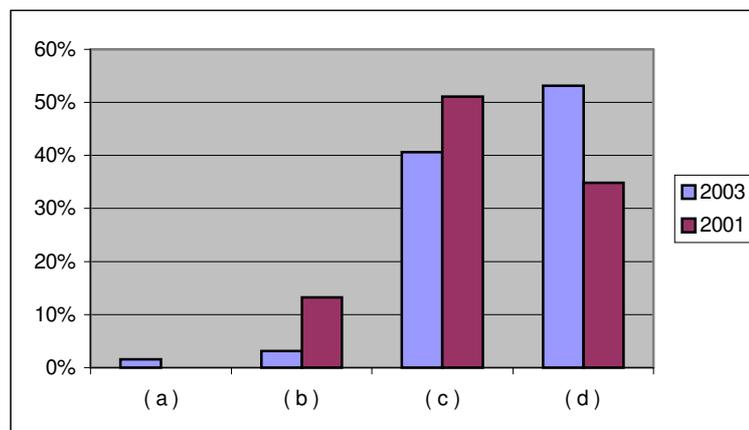


Figura 24 – Grau de informação sobre os projetos dos quais participa

Tanto a figura 23, quanto a 24 deixam claro que evoluções no processo de informação estão ocorrendo. No entanto, quanto à disponibilidade e à distribuição das informações muito ainda há para ser feito, visto que a metade dos entrevistados considera apenas adequada. Já quanto ao grau de informação sobre os projetos, verifica-se que há uma grande concentração de informação dentro dos departamentos. Este ponto deve ser trabalhado no intuito de efetivar o fluxo de informações interdepartamental.

### **3.6.2 Deficiências de Planejamento**

Existem inúmeras definições para planejamento, todas procuram incorporar ao conceito elementos objetivos relativos ao seu campo de ação no qual se desenvolverá o processo ou onde se aplicarão conhecimentos técnicos. Deste modo, planejar não significa apenas colocar datas em uma planilha ou apresentar um belo cronograma feito em algum aplicativo de gestão de projetos, é muito mais do que isso. O planejamento deve refletir o grau de envolvimento e comprometimento entre as áreas e pessoas envolvidas no projeto, ou seja, não é uma tarefa que deve ser analisada e efetuada por uma única pessoa e sim pelo grupo. No estudo em questão, o grupo é a equipe multidisciplinar de projeto, a qual possui prazos a cumprir, trabalhos em andamento a serem concluídos, além de problemas cotidianos que surgem e devem ser resolvidos.

Na empresa em estudo o planejamento é um ponto que vem sendo trabalhado ao longo do tempo, e que vem apresentando resultados satisfatórios incrementados a cada projeto. Com a introdução da atual metodologia para a gestão e desenvolvimento de produtos, o planejamento é um dos pontos de maior cobrança por parte da alta administração.

Entretanto, a cobrança por si só não é suficiente. A cultura até então era “fazer com que aconteça” não importa o quanto irá custar. Entende-se como “o quanto irá custar” o custo associado ao uso dos recursos necessários para fazer com que o projeto aconteça, como: mão-de-obra, orçamento, equipamentos.

Durante as entrevistas informais realizadas com pessoal de engenharia, ao questionar sobre os projetos que são considerados sucesso, ou seja, projetos que se destacaram e projetos que não se destacaram e os motivos que levaram ao sucesso ou não, foi possível perceber um fato interessante. O projeto “X” foi bastante citado pelos entrevistados como sendo o de maior destaque. Ao pesquisar mais a respeito, pode-se verificar que o sucesso foi atribuído ao curto

espaço de tempo no qual o projeto foi desenvolvido, neste caso, praticamente não houve tempo para planejar. A questão era que o projeto deveria ser entregue e realmente foi entregue no prazo solicitado.

Fazendo uma analogia com os estágios propostos pela empresa para efetuar o desenvolvimento do produto: início – planejamento – confirmação – validação do produto – validação do processo – produção – encerramento, pode-se considerar que o projeto “X” partiu da validação do processo, deixando de lado os estágios anteriores.

Dentre as entrevistas, um relato merece destaque: *‘O projeto não foi planejado’*. Contrariando a opinião dos demais colegas; *‘Eu não o considero um sucesso. O prazo foi atendido, pois pessoas que realmente acreditavam o fizeram acontecer. Inúmeras horas extras foram trabalhadas. Eu o consideraria um sucesso se tivesse sido atendido dentro do planejado, ou seja, cronograma, budget e risco’*.

O insucesso é caracterizado de forma aleatória, não há um consenso. Alguns o consideram como sendo o não cumprimento do prazo solicitado pelo cliente; outros, como sendo os problemas enfrentados ao longo do desenvolvimento seja por informações mal transmitidas internamente (cliente internos e equipe de projeto) ou externamente (cliente e fornecedor); questões técnicas que geram algum tipo de ação mais trabalhosa e que requereu uma preocupação adicional; ou falta de planejamento.

Analisando as respostas obtidas nas entrevistas informais, chega-se a conclusão que o insucesso é gerado basicamente pelos fatores que estão sendo discutidos neste capítulo: comunicação, planejamento e equipes de trabalho.

Outro fator que interfere diretamente na elaboração do planejamento é o cliente, pois em muitos casos este retém a informação por muito tempo, e, depois, tem pressa em obter resultados. Como no relato a seguir: *‘O cliente retém a informação por muito tempo, depois quer que façamos loucuras. Em outros casos, não nos dá nem tempo para efetuar um bom planejamento, como, por exemplo, no lançamento ‘Y’, onde divulgaram fotos de um protótipo na internet para verificar como seria sua receptividade pelo mercado. O resultado foi positivo. Deram três semanas para enviarmos as amostras iniciais. Situações como esta não nos dão muito tempo para planejar adequadamente. Esperamos que com a introdução do Coordenador de Lançamento de Produtos, este tipo de situação seja revertido, pois uma de*

*suas funções está diretamente ligada ao planejamento do projeto, bem como seu acompanhamento e cobrança de resultados para o cumprimento do mesmo”.*

A empresa trabalha com planejamento, mas ainda há muitos pontos a serem melhorados, destaca-se entre eles o envolvimento de mais pessoas nas equipes de projeto, ou talvez a reestruturação dessas equipes buscando um maior comprometimento.

Quanto ao planejamento de riscos e de despesas, existe um modelo proposto, entretanto, o mesmo não está sendo aplicado conforme deveria. Conforme já comentado anteriormente, acredita-se que ainda há inexperiência para aplicá-lo conforme o sistema de gestão e desenvolvimento solicita.

De acordo com o modelo apresentado no capítulo anterior, o início do projeto é caracterizado pela Reunião Inicial do Projeto (RIP). Entende-se que o cronograma do projeto deve ser elaborado após a Reunião Inicial do Projeto, pois é nesta reunião que serão discutidos os prazos, investimentos e riscos envolvidos no desenvolvimento do projeto. Na realidade, o que ocorre é um pouco diferente: o cronograma é estabelecido pela engenharia de produto e praticamente imposto para as outras áreas na Reunião Inicial do Projeto. Se as datas não forem questionadas na reunião, subentende-se que foram aceitas e deverão ser cumpridas. A partir de estimativas de tempo, como, por exemplo, necessidade de desenvolver um ferramental para um novo projeto (um dispositivo de montagem), consulta-se a engenharia de processo que estima uma data. A engenharia de produto, ou melhor, o engenheiro de produto líder do projeto é quem estabelece o cronograma de projeto. Exemplificando: o projeto XYZ necessita de um dispositivo especial para sua montagem. O engenheiro de produto busca junto à engenharia de processo o prazo necessário para o desenvolvimento do dispositivo e o custo aproximado. O engenheiro de processo estima tempo e prazo no mesmo instante, baseado somente na sua experiência.

O mesmo procedimento é utilizado para os demais pontos que irão compor o cronograma do projeto, como os demais relativos ao processo, produção, logística e qualidade. O resultado é um cronograma aproximado. Ao aglutinar as informações no cronograma do projeto, o engenheiro de produto faz ainda um ajuste de datas, ou seja, adiciona uma margem de segurança, pois sua experiência leva a crer que muitas das datas não serão cumpridas. Entende-se, porém, que um cronograma de projeto não deve ser imposto, deve ser discutido e acordado entre as partes envolvidas.

### 3.6.3 Deficiências das Equipes de Projeto

A atual filosofia de trabalho da maioria das empresas, dentre elas inclui-se a empresa em questão, está voltada para as equipes de trabalho. Não é por acaso que a primeira pergunta em uma entrevista para um estágio ou emprego, envolve uma série de questionamentos sobre o assunto, tais como: “Você já trabalhou em equipe?” - “Você gosta de trabalhar em equipe?” - “Qual sua experiência em trabalhar com equipes?”. Enfim, o foco são equipes de trabalho, pois, em geral, somente a união e o conhecimento do “TIME” é capaz de superar rapidamente os obstáculos a serem enfrentado ao longo do ciclo de projeto e desenvolvimento do produto.

A relação estabelecida entre equipes de trabalho, comunicação e planejamento do projeto, é diretamente proporcional e recíproca, pois, uma equipe mal estruturada certamente não irá conseguir fazer com que a informação flua corretamente entre seus membros e dificilmente às pessoas externas à mesma. Do mesmo modo, não há como defender a teoria de que o planejamento deve ser realizado pela equipe e não por uma única pessoa se a equipe não está alinhada para tal.

Existem dois tipos principais de equipes de trabalho na empresa: o primeiro, são as equipes multidisciplinares de projeto, compostas por um representante de cada departamento; o segundo, são as células de trabalho da engenharia de produto, compostas por um engenheiro de produto, um engenheiro de qualidade, um projetista de CAD e um estagiário.

A consulta efetuada a base de dados secundária (questionário) revelou que a maioria dos entrevistados considerou importante participar de uma equipe multidisciplinar de projeto e continuariam participando das equipes mesmo que a participação fosse voluntária. Quanto à avaliação do desempenho da sua equipe multidisciplinar, mais da metade dos entrevistados a consideram 75% eficiente, verifica-se uma evolução em relação à primeira entrevista onde a eficiência foi julgada 50%. Verificou-se também maior importância dada às equipes multidisciplinares por parte das gerências em relação à primeira pesquisa. Todavia, muito há para ser feito, a cada ano, com o amadurecimento da nova metodologia e experiência dos envolvidos os resultados estão sendo incrementados.

A participação nas equipes multidisciplinares não é voluntária. Na verdade, pessoas chave são convidadas a fazer parte da equipe. Entretanto, o interesse e o comprometimento de cada um dos membros da equipe reflete sua satisfação ou insatisfação de fazer parte do grupo. Algumas pessoas são indiferentes, outras sentem orgulho em participar. As equipes

multidisciplinares deveriam ser revistas e um questionamento direto a cada um de seus membros deveria ser feito sobre seu real interesse em fazer parte do time.

Sabe-se que para algumas pessoas o volume de trabalho não as deixa assumir outras responsabilidades, para outras, dado seu nível de envolvimento e responsabilidade para com outros assuntos dentro da empresa não se disponibilizam a tal atividade. Por estes e outros motivos, acredita-se que as equipes devem ser revistas e, se necessário, substituições devem ser feitas, dada a importância da equipe multidisciplinar de projeto perante todo o fluxo de informação. Cada integrante da equipe pode ser considerado um canal de comunicação do departamento com a equipe e da equipe com o departamento.

Por outro lado, a análise das células de trabalho que compõem a engenharia de produto da empresa, quanto à sua composição, deixa claro que há uma lacuna a ser preenchida. Atualmente, os engenheiros de produto, processo e produção têm pouco tempo para conversarem. A interação entre eles é essencial para assegurar o fluxo e sintonia das informações referentes ao que está sendo feito e o que será desenvolvido a seguir.

Tendo em vista a integração entre o departamento de desenvolvimento de produto e a produção, tema tratado ao longo deste trabalho, a lacuna a ser preenchida requer a inserção de um engenheiro de processo em cada uma das células de trabalho da engenharia de produto. No entanto, sabe-se que não basta simplesmente introduzir um engenheiro de processo na equipe de desenvolvimento de produto para que todos os problemas relacionados ao planejamento e comunicação sejam resolvidos.

A inserção do engenheiro de processo no time de desenvolvimento de produto é, sem dúvida, um primeiro passo. O capítulo seguinte irá apresentar uma proposta para melhorar a integração entre engenharia de produto, processo e produção atacando fortemente a comunicação, o planejamento e a estruturação das equipes de projeto e células de desenvolvimento, bem como propor a utilização de ferramentas que ajudarão a integrar os departamentos de projeto e fabricação. Entretanto, a forma como o assunto será conduzido, exige reflexão, pois a experiência de inserir um engenheiro de processo a cada uma das células de desenvolvimento de produto não é um assunto novo para a empresa, já foi realizada no passado e não trouxe bons resultados.

### **3.6.4 Deficiências Relacionadas à Estrutura Física do Departamento de Engenharia de Produto**

Conforme já apresentado anteriormente, o departamento de engenharia de produto é composto por cinco células de trabalho e cada uma das células é constituída por quatro pessoas, em média.

O ambiente onde está alocada a engenharia de produto é bastante amplo, as mesas estão dispostas lado a lado, não há divisórias separando-as. Segundo informações obtidas durante a realização das entrevistas, a opção por não utilizar divisórias entre as células de trabalho é proporcionar uma maior integração entre as células. Na verdade a preocupação deveria estar voltada no processo de integração da célula de desenvolvimento de produto com a engenharia de processo e produção, pois a integração entre as células ocorre espontaneamente. Além disso, há a reunião do departamento todas as segundas-feiras, cujo objetivo é integração entre os engenheiros de produto e nivelamento de informações entre assuntos específicos tratados em cada uma das células.

Analisando o cenário atual, chegou-se à conclusão de que a inexistência das divisórias “barreiras físicas” atrapalha a concentração necessária para o desenvolvimento do trabalho. Muitos reclamam sobre a falta de um ambiente que proporcione uma condição propícia para o bom desenvolvimento das atividades, devido as constantes intervenções externas as quais estão sujeitos e são submetidos, como por exemplo: um assunto está sendo tratado na célula A, este assunto diz respeito somente a célula A, mas devido a proximidade e inexistência de uma “barreira física” os membros da célula B, que não têm a ver com o assunto que está sendo tratado, acabam sem querer se envolvendo ou envolvidos, atrapalhando deste modo o desenvolvimento do seu trabalho.

Outro ponto bastante observado é o intenso fluxo de pessoas durante o expediente de trabalho. Da maneira como estão dispostas, as células estão vulneráveis, pois dificilmente uma pessoa que passa pelo corredor não pára em cada uma das células, seja para cumprimentar um conhecido, tratar assunto relativo ao trabalho ou outro qualquer, até chegar ao seu destino, muitas paradas foram realizadas. As pessoas que estão sentadas de costas para o corredor são ainda mais vulneráveis. Caso existissem divisórias tais constatações seriam praticamente eliminadas. As pessoas estariam mais protegidas e teriam maior condição para concentrar-se e desenvolver seus trabalhos.

Vale citar um exemplo: a revisão de desenhos. Quando há necessidade de revisar desenhos, a grande maioria dos engenheiros, para não dizer todos, prefere revisá-los em uma das salas de reunião, pois no posto de trabalho, devido à dificuldade de concentração e às constantes interrupções tornam praticamente impossível desenvolver tal atividade. Cita-se apenas um exemplo, no entanto muitos outros existem e são constatados diariamente, e todos estão relacionados à falta de concentração e interrupções durante o decorrer da jornada de trabalho.

Atualmente não há um padrão para a distribuição das mesas, cada uma das células tem a liberdade para modificar a posição das mesas, armários, arquivos, computadores e demais mobílias e equipamentos de trabalho como acharem melhor. A figura 25 apresenta a atual configuração do departamento de engenharia de produto.

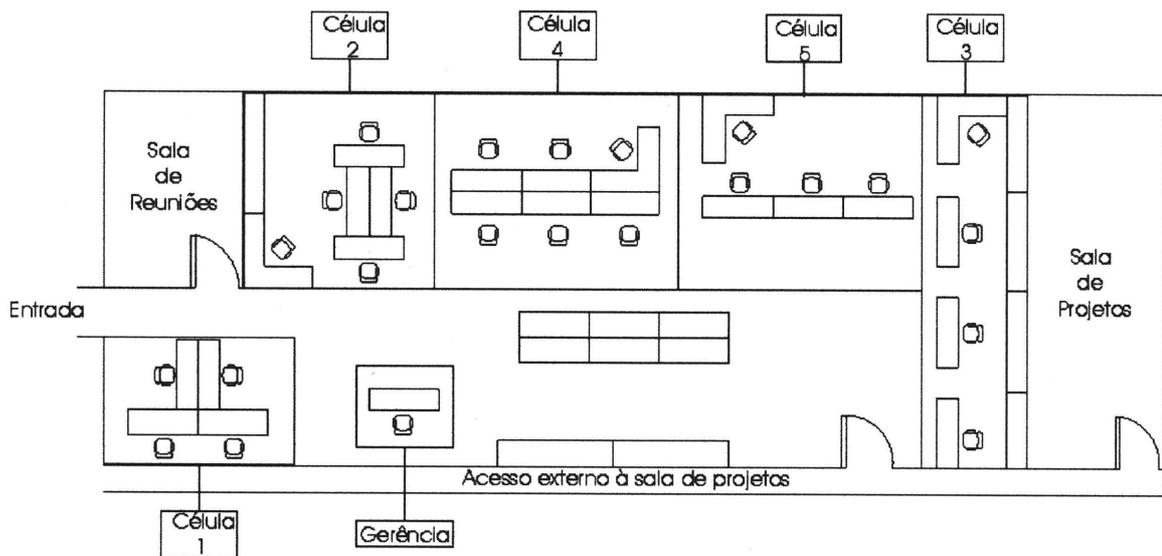


Figura 25 - Atual *layout* do departamento de engenharia de produto

## **4 PROPOSTA DE INTERVENÇÃO**

O presente capítulo irá apresentar a proposta de intervenção, cujo objetivo principal é estabelecer um plano para eliminar as deficiências relacionadas a cada um dos tópicos identificados como sendo pontos passíveis de melhoria, apresentados e detalhados no capítulo anterior.

Na busca de resultados positivos, a proposta de intervenção irá abordar:

- Alteração do *layout* do departamento de engenharia de produto;
- Reorganização das equipes multidisciplinares de projeto;
- Inclusão de um novo integrante a cada uma das células de desenvolvimento de produto, denominado Engenheiro de Desenvolvimento;
- Criação de um novo departamento, a princípio denominado Engenharia de Desenvolvimento.

Intervindo nos pontos acima mencionados, conseguir-se-á resolver as deficiências relacionadas ao processo de comunicação, planejamento, equipes de projeto e à estrutura física do departamento de engenharia de produto, ou, pelo menos, grande parte delas.

A seguir, serão apresentados, detalhadamente, cada um dos pontos que irão compor a proposta de intervenção.

### **4.1 Estrutura Física do Departamento de Engenharia de Produto**

Quanto à estrutura física do departamento de engenharia de produto, propõe-se a criação de um novo layout para o departamento. A proposta contempla: salas individuais para cada uma das células de desenvolvimento de produto e uma sala de projetos e espaço de convivência, apresentados a seguir.

#### **4.1.1 Células de Desenvolvimento de Produto**

A figura 26 apresenta a planta baixa da célula de desenvolvimento de produto proposta. Propõe-se uma configuração padrão para as cinco células que constituem o departamento.



### **4.1.2 Sala de Projeto**

Propõe-se também a criação de uma sala de projeto que servirá para tratar assuntos relacionados ao desenvolvimento de projetos, auditorias de qualidade, workshops e demais atividades. Tem-se como objetivo fazer com que esta seja um local de encontro para disseminação e nivelamento de informação entre as pessoas envolvidas nos projetos.

Um ponto de grande importância é a localização da sala de projeto. De acordo com a figura 27, pode-se perceber que a sala de projetos deverá permitir o acesso das células da engenharia de produto pela parte interna do departamento. Já o acesso de clientes, quando for necessária sua participação em uma das reuniões ou durante alguma auditoria, deverá ser efetuado externamente, pois se deve evitar o acesso do cliente à parte interna do departamento de engenharia de produto por ser tratar de um ambiente onde informações confidenciais circulam rotineiramente.

Atualmente as reuniões de projeto são realizadas em uma sala distante fisicamente do departamento de engenharia de produto. As reuniões de projeto, de acordo com a estrutura das células de desenvolvimento, devem ser realizadas o mais próximo possível das mesmas. A idéia é criar um ambiente que propicie a integração e o fluxo de informação entre os envolvidos.

Propõe-se que sejam centralizados na sala de projeto os procedimentos internos da empresa e todo e qualquer tipo de literatura técnica e documento relevante que sejam de uso comum facilitando, deste modo o acesso aos mesmos. A sala de projeto será um local onde informações serão discutidas, propostas serão analisadas, portanto, é pertinente ter este tipo de informação ao alcance.

Quanto aos recursos materiais necessários propõe-se que a sala de projetos seja o mais completa quanto possível. Os itens básicos são os seguintes: mesa de reuniões, aparelho de fono e videoconferência, computador, e quadro branco. Num segundo passo, está prevista a inclusão de um projetor de vídeo.

### **4.1.3 Área de convivência**

A nova estrutura do departamento sugere a criação de uma sala de convivência, denominada “sala do cafezinho”, composta por uma pequena mesa, máquina de café e água, além de revistas afins e um quadro de avisos gerais.

A idéia principal do espaço de convivência é ter um local que propicie a troca informal de informações, ou seja, num momento de descontração o assunto poderá ser comentado e discutido, quem sabe até solucionado. A sala será mais um espaço para a troca de informação e integração.

Outro ponto importante que se deseja solucionar com a adoção deste espaço é estabelecer limites para lanches, ou seja, evitar xícaras de café, copos de água e etc. nas mesas de trabalho.

#### **4.1.4 Estrutura física proposta**

A figura 27 apresenta a estrutura proposta para o departamento de engenharia de produto. Vale lembrar que o espaço físico atualmente disponibilizado não foi levado em consideração e sim o melhor arranjo para a nova concepção do departamento.

## **4.2 Criação de um Novo Departamento**

A análise efetuada e apresentada no capítulo anterior leva a crer que os pontos identificados como passíveis de melhoria (comunicação, planejamento e equipes de trabalho) são, em grande parte, conseqüências da falta de integração entre os departamentos, principalmente entre engenharia de produto, processo e produção. Deste modo, para uma efetiva integração entre essas áreas, necessita-se introduzir um “facilitador” em cada uma das células de trabalho.

Entretanto, pelo que foi levantado a partir das entrevistas realizadas com o pessoal de produto, processo e produção, o assunto é bastante polêmico, pois, conforme comentado anteriormente, já se tentou introduzir um engenheiro de processo na engenharia de produto e o resultado não foi satisfatório.

Vale lembrar que atualmente há uma pessoa, ligada a cada uma das células de desenvolvimento de produto, cuja responsabilidade, entre outras, é efetuar e efetivar a integração não só dos departamentos de engenharia de produto, processo e produção, mas sim de todos os departamentos envolvidos no processo de desenvolvimento de produtos. Essa pessoa é denominada Coordenador de Lançamento de Produtos. Entretanto, sua atenção e

preocupações estão voltadas ao nível gerencial do processo. Propõe-se a introdução de um integrador a nível operacional.

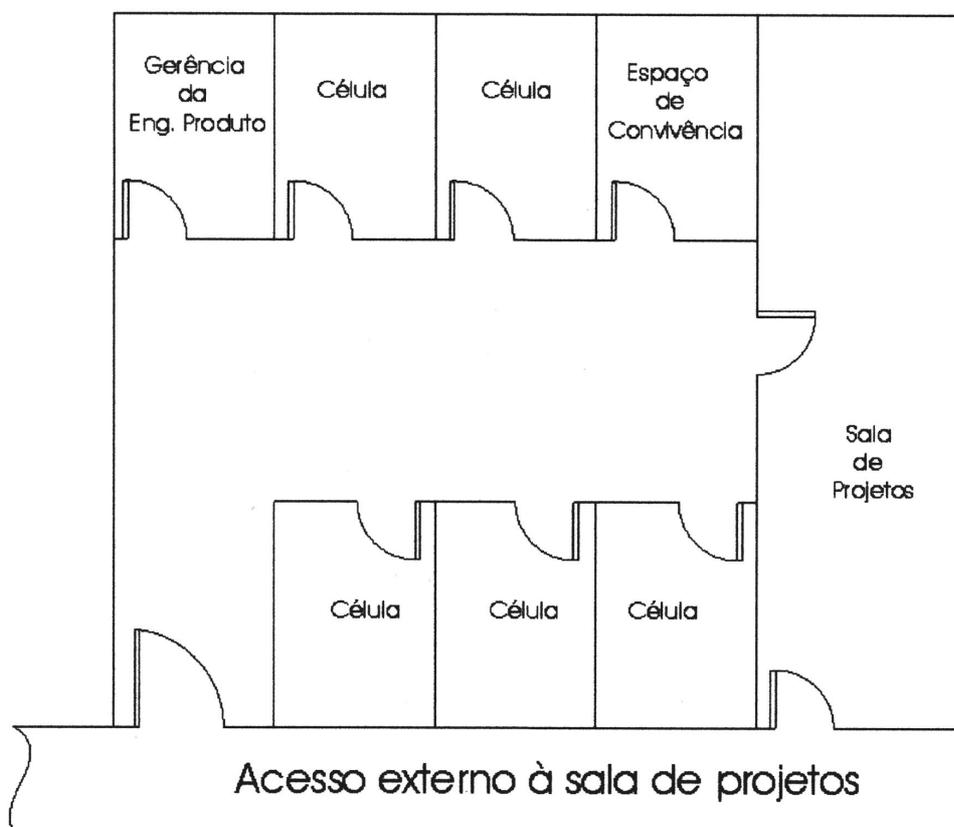


Figura 27 – Layout proposto para o departamento de engenharia de produto

A proposta é criar um novo departamento, o qual será chamado Engenharia de Desenvolvimento. A figura 28 apresenta o organograma proposto para o novo departamento.

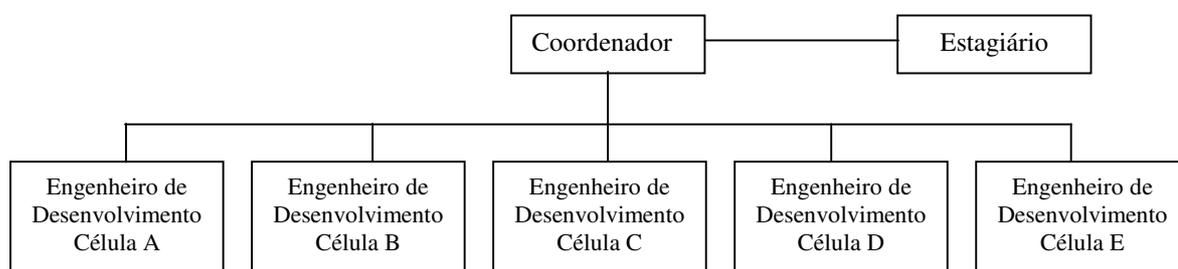


Figura 28 – Organograma do Departamento de Engenharia de Desenvolvimento

Propõe-se que o departamento seja composto por um coordenador, cinco engenheiros e um estagiário. O perfil desejado para o coordenador e engenheiros foi estabelecido de acordo

com as respectivas funções que irão desenvolver dentro da estrutura proposta. Atentou-se para a generalidade além da especialidade, algo que faltou durante o primeiro processo de integração, pois a presença de ambos, especialista “engenheiro de desenvolvimento” e generalista “coordenador do departamento” é de vital importância para o sucesso da integração. O perfil dos profissionais que irão compor o departamento de engenharia de desenvolvimento é apresentado a seguir.

#### **4.2.1 Coordenador do Departamento de Engenharia de Desenvolvimento**

Profissional com formação superior, preferencialmente em engenharia ou administração, pós-graduado em engenharia de produção, deseja-se no mínimo o título de especialista. Deverá ter conhecimento teórico e prático sobre assuntos relacionados à engenharia de produção; experiência em liderar equipes. Um importante atributo para este profissional é saber lidar com conflitos de interesse, pois estará coordenando o trabalho dos “engenheiros de desenvolvimento” que estarão diretamente ligadas ao processo de integração de três áreas cujos interesses internos são diferentes, mas que devem convergir para o mesmo ponto.

Deseja-se também que este profissional tenha um excelente conhecimento técnico. Deverá ter pleno conhecimento sobre as linhas de produção, incluindo máquinas, processos de fabricação, capacidades e limitações. A pessoa ideal para ocupar este cargo está dentro da empresa, basta efetuar um criterioso processo de entrevistas para que a escolha seja feita da melhor forma possível. É claro que a primeira pergunta a ser feita ao candidato é sobre sua vontade e interesse em assumir um novo departamento, pois grande parte do sucesso, do processo de mudança, estará em suas mãos. Deste modo, o comprometimento do coordenador do departamento de Engenharia de Desenvolvimento será com o todo.

O coordenador do departamento de Engenharia de Desenvolvimento estará subordinado diretamente ao gerente de engenharia.

#### **4.2.2 Engenheiro de Desenvolvimento**

Inúmeras opções foram levantadas sobre o perfil ideal deste profissional. Cogitou-se a utilização de engenheiros de processo, produto ou produção para ocupar cada um dos cargos. A princípio dois engenheiros de produto, dois de processo e um de produção, totalizando os

cinco novos postos de trabalho. Entretanto, a quantidade de pontos negativos previamente identificados sobre a inclusão destes profissionais foi maior do que a de pontos positivos.

O principal ponto desfavorável levantado e analisado refere-se aos vícios que cada um dos profissionais traria para a nova função. Já comentamos que produto, processo e produção desenvolvem diferentes funções dentro da empresa, possuem diferentes pontos de vista, suas prioridades são diferentes, e o mais importante, empregam diferentes tipos de profissionais. Muitas vezes esquecem que estão jogando no mesmo time, que seu objetivo final é comum e que o sucesso de um depende diretamente do sucesso do outro. Deste modo, a idéia de realocar engenheiros de dentro da empresa para assumir as novas funções foi descartada por completo.

Outra alternativa é contratar engenheiros formados com experiência no assunto. Suas experiências trariam sem dúvida muitos benefícios, mas alguns vícios também, além da dificuldade em encontrar profissionais que fechem com o perfil desejado. Esta alternativa não está descartada por completo, mas sim em segundo plano.

A idéia é ter como facilitador da integração uma pessoa neutra, um profissional que busque agregar todos os valores e experiências de cada um dos departamentos e os difunda entre estes departamentos, sem estar mais inclinado para um dos lados. Sua atenção e preocupação devem ser igual para com a engenharia de produto, processo e produção. Deste modo, chegou-se a conclusão que as pessoas mais indicadas, para assumir as novas vagas criadas são engenheiros recém formados, de preferência, estagiários prestes a se formar devem ser aproveitados. Um dos cuidados a serem tomados durante a escolha dos mesmos, assim como para o coordenador do departamento, é quanto à motivação e interesse em assumir a função.

O trabalho que a empresa desenvolve para com seus estagiários os torna perfeitamente aptos para ocupar o cargo. O período máximo de estágio na empresa é de vinte e quatro meses, durante este período o estagiário deve passar por no mínimo quatro setores da empresa, estas passagens são denominadas rodízios e duram, em média, quarenta e cinco dias. Por exemplo: um estagiário inicia seu estágio no laboratório de testes, juntamente com seu superior imediato determina que seus rodízios serão na engenharia de produto, engenharia de processo, engenharia de produção e engenharia de qualidade.

Tem-se, no final do período de estágio, um profissional na maioria dos casos prestes a se formar, completamente adaptado à filosofia de trabalho da empresa, com excelente conhecimento técnico e, acima de tudo, com vontade de ser efetivado e continuar desenvolvendo um bom trabalho.

#### **4.2.3 Estagiário**

O organograma do departamento de engenharia de desenvolvimento prevê um estagiário cuja função será auxiliar nos trabalhos tanto do coordenador do departamento a quem estará diretamente subordinado quanto dos engenheiros de desenvolvimento. Poderá desenvolver diversas tarefas, uma pessoa que estará sendo treinada e que provavelmente ao concluir seu período de estágio será aproveitada na equipe.

#### **4.2.4 Introdução do engenheiro de desenvolvimento nas células da engenharia de produto**

O engenheiro de desenvolvimento deverá ser alocado fisicamente na célula da engenharia de produto, pois é nesta que as notícias chegam primeiro devido ao maior contato com os clientes, comparado às áreas de processo e produção.

O novo *layout* proposto para o departamento de engenharia de produto, apresentado anteriormente na figura 28, prevê a inclusão de uma pessoa em cada uma das células da engenharia de produto, o engenheiro de desenvolvimento. A princípio sugere-se a realização de um projeto piloto em uma das cinco células que constituem o departamento de engenharia de produto. Caso o resultado seja positivo, espera-se implementar a proposta, inserindo um engenheiro de desenvolvimento em cada uma das células e contemplando a estrutura organizacional proposta para o departamento de engenharia de desenvolvimento.

Salienta-se que as preocupações do engenheiro de desenvolvimento deverão estar a nível operacional. Ele deverá se preocupar em buscar informação e fazê-la fluir entre os departamentos de engenharia de produto, processo e produção.

Dentre as atividades a serem desenvolvidas, destaca-se sua participação nas reuniões de produção, que ocorrem todos os dias ao iniciar o expediente, e na reunião da engenharia de produto, que ocorre uma vez por semana. Até então não há participação da engenharia de

processo nas reuniões da engenharia de produto, nem da engenharia de produto nas reuniões da engenharia de processo.

As reuniões de produção servem para apresentar os problemas e dificuldades enfrentadas no dia anterior, e a reunião da engenharia de produto, conforme já comentado anteriormente, serve para nivelar informações entre as células de desenvolvimento de produto, acertar prioridades, entre outros. A participação do engenheiro de desenvolvimento será importante, pois será responsável por agrupar as informações. Será uma forma de reportar aos integrantes de sua célula os assuntos tratados pela produção e levar informações da engenharia de produto à produção.

O fluxo de informação e integração entre engenharia de produto, processo e produção, esperados com a introdução do engenheiro de desenvolvimento na célula de desenvolvimento de produto será apresentado na figura 29. Comparando o fluxo proposto com o atual, apresentado na figura 20 no item 3.3.4, que trata das interfaces estabelecidas entre os departamentos envolvidos no PDP demonstra a melhoria no fluxo de informação efetivado pelo fluxo proposto a partir da introdução do engenheiro de desenvolvimento.

O objetivo é fazer com que as informações relativas ao departamento de engenharia de produto, processo e produção sejam acessíveis ao engenheiro de desenvolvimento. Isso irá facilitar o acesso de todos às informações de produto, processo e produção através do engenheiro de desenvolvimento. O engenheiro de desenvolvimento poderá não ter a resposta de imediato, mas terá muita facilidade de buscá-la, dado o nível de integração que estabelecerá com os departamentos.

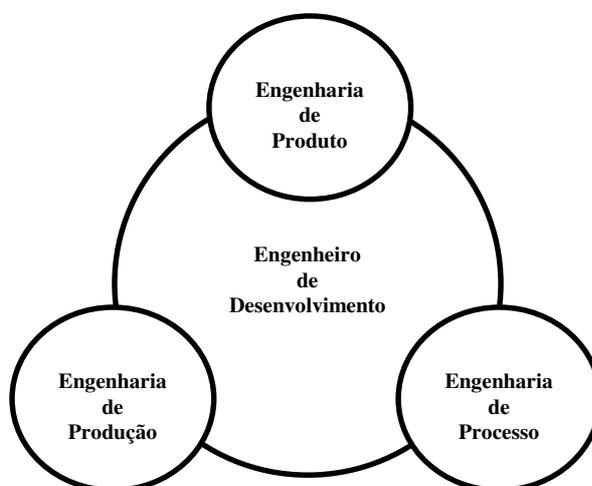


Figura 29 – Fluxo de Informação obtido com a introdução do Engenheiro de Desenvolvimento.

### 4.3 Equipes de Trabalho

O quadro 1 apresenta a composição atual de uma das EMP's, e também a composição proposta. Para cada cliente existe uma equipe multidisciplinar, logo é comum uma mesma pessoa fazer parte de mais de uma equipe. Deseja-se introduzir à nova composição da equipe experiências práticas oriundas da base produtiva (operadores) e das linhas e células de montagem (montadores), cuja participação será eventual, ou seja, de acordo com a necessidade ou assunto a ser abordado.

Conforme mostra o quadro 1, a atual composição das EMP's não contam com a participação de pessoas ligadas à base produtiva (chão-de-fábrica). A engenharia de processo atualmente é representada pelo engenheiro de processo; a engenharia de qualidade pelo engenheiro de qualidade; a produção, geralmente, pelo gerente de produção de uma das unidades de fabricação; e a montagem, pelo analista de montagem.

Referente à participação da engenharia de processo na EMP, sugere-se que além do engenheiro de processo, eventualmente participe um representante atuante no processo de fabricação, podendo ser um técnico de manufatura ou supervisor de linha. Sabe-se, no entanto, que atualmente os engenheiros de processo estão mais envolvidos com documentação (planos de controle, fluxogramas de processo, FMEAS de processo e etc) e praticamente não se envolvem no que acontece na base produtiva, conforme a percepção dos engenheiros de produto, quanto à falta de comparecimento dos engenheiros de processo à base produtiva: *“os engenheiros de processo deveriam acompanhar mais o que está acontecendo na fábrica, saindo mais de trás de suas mesas”*.

Quanto à participação da engenharia de qualidade na EMP, sugere-se que além do engenheiro de qualidade, eventualmente participe também um representante da qualidade atuante no processo de fabricação e/ou montagem, ou seja, deseja-se integrar a equipe pessoas que tenham experiência com os problemas cotidianos que envolvem a qualidade do produto final, visto que o conhecimento do engenheiro de qualidade é genérico e não específico.

Em relação à participação da produção na EMP, percebe-se que a participação do gerente é importante devido ao seu conhecimento genérico sobre a produção. Todavia, ter pessoas de nível operacional, é tão importante quanto à participação do gerente, pois estes possuem o conhecimento técnico específico obtido ao longo dos anos trabalhados em linhas

de fabricação. Mesmo sendo uma participação eventual, não há ninguém melhor para opinar sobre um determinado assunto do que aquele que fica a maior parte do tempo desenvolvendo a respectiva atividade.

Quadro 1 – Equipe Multidisciplinar de Projeto (EMP): Atual x Proposta

	Atual	Proposta
Departamento	Representante	Representante
Engenharia de Produto	Engenheiro de Produto	Engenheiro de Produto
Engenharia de Processo	Engenheiro de Processo	Engenheiro de Processo + <b>Representante direto da engenharia de processo no chão de fábrica</b>
Engenharia de Qualidade	Engenheiro de Qualidade	Engenheiro de Qualidade + <b>Representante da qualidade no chão de fábrica</b>
Engenharia Experimental	Analista de Produto	-
Produção	Gerente de Produção (geralmente)	Gerente de Produção (geralmente) + <b>Representante direto da produção (operador)</b>
Montagem	Analista de Montagem	Analista de Montagem + <b>Representante direto da montagem (montador)</b>
Compras	Analista de Compras	Analista de Compras
PCP	Analista de PCP	-
Logística	Analista de Logística	Analista de Logística
Controladoria	Controler	Controler
Vendas	Gerente de Vendas (geralmente)	Gerente de Vendas (geralmente)
Engenharia de Desenvolvimento	-	Engenheiro de Desenvolvimento

Referente à participação do Setor de Montagem na EMP, sugere-se, eventualmente, a participação de montadores além do analista de montagem cuja visão está voltada ao processo de forma geral (conhece as linhas e células de montagem na sua amplitude, especifica a necessidade de confeccionar dispositivos, *poka-yokes* e etc). Percebe-se que na equipe falta o

conhecimento prático, ou seja, o cotidiano, seus problemas rotineiros como, por exemplo, uma operação de montagem. Não há ninguém melhor para relatar as dificuldades enfrentadas na operação do que o próprio montador. Da mesma forma que os operadores, a experiência prática obtida ao longo dos anos de trabalho nas linhas de montagem, muito têm a contribuir para com a equipe de projeto.

Sabe-se que propor a introdução e participação de pessoas de nível operacional nas EMP's não é fácil, muitos obstáculos deverão ser superados. A aceitação por parte de alguns, num primeiro momento é negativa, logo, sugere-se que suas participações sejam eventuais. De acordo com os relatos descritos na revisão bibliográfica, pessoas de nível operacional, como operadores de máquina e montadores têm muito a contribuir para a equipe de projeto.

A idéia é fazer com que a participação de operadores e montadores se desenvolva de maneira flexível, ou seja, não se deseja fixar um operador ou montador exclusivo para participar das reuniões, e sim aproveitar a experiência específica de cada um deles de acordo com a necessidade.

A proposta de intervenção não pode ser implementada devido ao tempo necessário para a sua efetivação ser incompatível com o prazo para a conclusão do presente trabalho. Entretanto, será realizada uma discussão sobre as vantagens advindas de sua implementação, bem como as dificuldades a serem enfrentadas. Generalidades sobre a proposta também serão comentadas a seguir.

## **4.4 Discussão da Proposta Apresentada**

### **4.4.1 Vantagens**

A proposta de intervenção apresentada anteriormente tem condições de contribuir positivamente para o desenvolvimento da interface entre engenharia de produto, processo e produção.

Dentre as principais vantagens esperadas a partir da sua implantação, pode-se citar:

- Maior integração da equipe que compõe a célula de desenvolvimento de produto, ou seja, uma melhor integração entre engenharia de produto, representada pelo engenheiro de produto; engenharias de processo e produção, representadas pelo

engenheiro de desenvolvimento; engenharia de qualidade, representada pelo engenheiro de qualidade; projetista de CAD; e estagiário; dado que estarão num ambiente comum;

- Maior poder de concentração para o desenvolvimento do trabalho, conseqüentemente maior produtividade, advindos do novo *layout* proposto para as células de desenvolvimento de produto (salas individuais para cada célula);
- Desenvolvimento dos canais de comunicação entre engenharia de produto, processo e produção, proporcionando fácil acesso à mesma, conforme ilustrado na figura 29;
- Recomposição da equipes multidisciplinares de projeto com pessoas realmente interessadas em participar, contribuir e que estejam comprometidas para com o bom andamento do mesmo;
- Melhores condições para planejar atividades de projeto, tendo em vista o suporte recebido do engenheiro de desenvolvimento;
- Possibilidade de agregar às equipes de projeto o conhecimento de operadores e montadores, ou seja, trazer para o time de projeto experiências de práticas vivenciadas na base produtiva.

#### **4.4.2 Dificuldades para Implantação**

Tem-se conhecimento que a implantação do plano de intervenção proposto será uma tarefa bastante difícil, pois envolvem mudanças físicas e humanas, além de investimento financeiro.

Quanto à proposta relativa à mudança do *layout* da engenharia de produto, as principais dificuldades a serem enfrentadas são as seguintes:

- Resistência à mudança por parte das pessoas;
- Investimento necessário para viabilizar a estrutura física (divisórias, equipamentos, móveis);
- O fato de no passado às células já terem sido separadas por divisórias.

Quanto à proposta de criação de um novo departamento, a dificuldade maior será justificar sua necessidade, pois a diretriz geral da empresa é reduzir o quadro de mão-de-obra

indireta. Deste modo, a criação de um novo departamento é um assunto que deve ser abordado com cautela. As vantagens advindas da sua criação deverão ser apresentadas à alta administração de tal forma que a mesma “compre a idéia” e viabilize a estrutura.

A princípio, propõe-se um projeto piloto, ou seja, introduzir um “engenheiro de desenvolvimento” em uma das células de desenvolvimento de produto para verificar como será seu entrosamento com os demais integrantes das células e com os departamentos de processo e produção.

Conforme esperado, os resultados positivos obtidos a partir do projeto piloto servirão como uma forte evidência para viabilizar a concepção do novo departamento.

Em relação à participação do pessoal de nível operacional (operadores e montadores) nas equipes multidisciplinares de projeto, algumas dificuldades também deverão ser enfrentadas, como por exemplo: a produção trabalha sob pressão, está sempre buscando um melhor desempenho, pois é cobrada por resultados, ou seja, peças produzidas. Tirar um operador de um posto de trabalho para participar de uma reunião pode interferir na produtividade. Uma linha de montagem ou de produção sem um operador pode gerar sérias conseqüências. Entretanto, estabelecer um plano de substituição não é tarefa difícil, o essencial é conscientizar o gerente da unidade de fabricação, ou mini fábrica sobre o quanto importante pode ser para o desenvolvimento do projeto a participação de pessoas com experiência prática sobre o assunto.

Por fim, a dificuldade de aceitação de pessoas de nível operacional na equipe de projeto por parte de alguns integrantes que julgam desnecessária tal participação.

#### **4.4.3 Generalidades da Proposta**

Um dos motivos que levaram à escolha do assunto “Interface entre desenvolvimento de Produto e Produção” foi a sua generalidade, ou seja, pode-se estudar tal interface em indústrias de diferentes ramos de atividade, como, por exemplo, indústria de autopeças, automobilística, metalúrgica, aeroespacial, moveleira, entre outras.

Durante a análise da metodologia utilizada pela empresa em estudo no processo de desenvolvimento de seus produtos, foram identificados quatro pontos passíveis de melhoria, ou seja, deficiências apresentadas pela metodologia (deficiências relacionadas ao processo de

comunicação, planejamento, equipes de trabalho e estrutura física do departamento de engenharia de produto). A cada uma das deficiências foi estabelecido um plano de ação apresentados na proposta de intervenção.

Verificando a adequabilidade da proposta de intervenção a outras empresas, pode-se classificar os pontos passíveis de melhoria em genéricos e específicos.

- Genéricos: Aqueles que se julga serem problemas comumente encontrados em outras empresas no que diz respeito não só à integração entre os departamentos de desenvolvimento de produto e produção, mas na integração interdepartamental. Neste trabalho, os pontos genéricos são representados pelas deficiências relativas à comunicação, planejamento e equipes de trabalho.
- Específicos: Aqueles que tratam das particularidades de cada tipo de empresa. Considera-se a estrutura física do departamento de engenharia de produto um item específico.

Deste modo, grande parte da proposta de intervenção poderá ser generalizada para outras empresas, pois problemas de comunicação, planejamento e equipes de trabalho fazem parte do processo de integração e das interfaces estabelecidas entre áreas envolvidas no processo de desenvolvimento do produto e sua respectiva produção. Algumas empresas podem apresentar uma interface mais desenvolvida do que outras, mesmo assim, buscam aprimorá-la cada vez mais, ou seja, a otimização da interface entre desenvolvimento de produto e produção caracteriza-se por ser um processo de melhoria contínua.

Ao abordar a estrutura física do departamento de engenharia de produto, tratou-se de algo específico, característica da empresa analisada. Neste caso, imperam outros fatores, ou seja, prevalecem as particularidades de cada tipo de empresa, como, por exemplo, recursos, espaço físico, número de efetivo, estrutura departamental, etc. Mesmo assim, algumas sugestões apresentadas na proposta para alteração da estrutura física do departamento de engenharia de produto da empresa em estudo poderão ser utilizadas por outras empresas, como, por exemplo, a sala de projeto e o espaço de convivência.

## 5 COMENTÁRIOS FINAIS

### 5.1 Conclusões

A realização deste trabalho explorou o tema interface entre desenvolvimento de produto e produção. As informações referentes ao assunto estão disseminadas em vários livros sobre desenvolvimento de produto e gerenciamento de projetos, mas não há uma obra que trate especificamente sobre o assunto.

A revisão bibliográfica revelou que a interface entre engenharia de produto, processo e produção, ou seja, integração interdepartamental, não se resume meramente à aplicação da metodologia da Engenharia Simultânea e de outras técnicas, como, por exemplo, o Desenho orientado à fabricação (DFM – *Design for manufacturing*) e o desenho orientado à montagem (DFA – *Design for assembly*). Ter um ambiente de engenharia simultânea em uma empresa não significa que a mesma está desenvolvendo seus produtos de acordo com a metodologia. Uma verdadeira integração no desenvolvimento de um projeto é muito mais do que simplesmente desenvolver suas etapas em paralelo.

O trabalho apoiou-se em um estudo de caso realizado em uma empresa multinacional, fabricante de autopeças, líder mundial de mercado em seu segmento.

O início do trabalho revela a situação atual enfrentada pela empresa, ou seja, a frenética busca pelo desenvolvimento de seus produtos em espaços de tempo cada vez menores. Pois sabem que se não o fizerem seus concorrentes o farão.

A apresentação da metodologia utilizada pela empresa para o processo de desenvolvimento de seus produtos procurou reproduzir o cenário atual, uma introdução para dar um melhor entendimento e nivelamento ao leitor.

A partir da análise da metodologia atualmente utilizada pela empresa, constatou-se pontos passíveis de melhoria: comunicação; planejamento; equipes de trabalho; e estrutura física do departamento de engenharia de produto. A cada um destes pontos foram identificadas dificuldades relativas ao bom desenvolvimento da interface entre as engenharias de produto, processo e produção. Em resposta a essas dificuldades, foi elaborada uma proposta de intervenção composta por: alteração do *layout* do departamento de engenharia de produto; reorganização das equipes multidisciplinares de projeto; e criação de um novo

departamento (engenharia de desenvolvimento) e de uma nova função (engenheiro de desenvolvimento).

Quanto à estrutura física do departamento de engenharia de produto, propôs-se uma nova concepção composta por salas individuais para as células de desenvolvimento de produto, sala de convivência e sala de projeto. Em relação à criação de um novo departamento e uma nova função, respectivamente denominados engenharia de desenvolvimento e engenheiro de desenvolvimento, objetiva-se a partir dos mesmos criar um elo entre engenharia de produto, processo e produção, facilitando o fluxo de informação e planejamento entre as áreas. Quanto às equipes de trabalho, ou equipes multidisciplinares de projeto, propôs-se a reestruturação introduzindo a participação do pessoal de nível operacional, cujo conhecimento prático é de grande valor para o desenvolvimento do projeto, ou seja, trazer o conhecimento prático, obtido no dia-a-dia no chão-de-fábrica para dentro das equipes de projeto.

O plano de intervenção proposto não pode ser implantado devido o tempo necessário para sua efetivação ser incompatível com o prazo para a conclusão deste trabalho. Deste modo, não há dados concretos que aprovem ou desaprovem a proposta teórica. Todavia, subentende-se que as vantagens advindas justificam em parte a validação do modelo.

## 5.2 Sugestões para Trabalhos Futuros

A recomendação geral para a continuidade deste trabalho é implementar o plano de intervenção e verificar com dados concretos sua efetividade.

De forma geral, todos os pontos apresentados no plano de intervenção sugerido devem ser explorados mais detalhadamente, servindo como assunto para futuros trabalhos, como por exemplo:

- *Layout* de departamento de engenharia de produto: Poderá ser desenvolvido um trabalho que trate especificamente sobre tipos de layout para departamento de engenharia de produto, comparando empresas de mesmo segmento e de segmentos diferentes;
- Departamento de engenharia de desenvolvimento e engenheiro de desenvolvimento: Sugere-se como assunto para um futuro trabalho, tratar especificamente sobre o departamento de engenharia de desenvolvimento,

abordando como é sua aceitação perante os demais departamentos de engenharia; como os engenheiros de produto, processo e produção vêem uma pessoa responsável por compartilhar a informação entre as três áreas; entre outros tópicos relacionados à criação do departamento;

- Equipes multidisciplinares de projeto: Poderá ser desenvolvido um trabalho específico sobre equipes multidisciplinares de projeto, abordando dentre outros assuntos, a composição das equipes multidisciplinares de projeto, quais os critérios utilizados para sua composição, qual o nível de satisfação, interesse e comprometimento dos integrantes da equipe;
- Indicadores que podem ser empregados para avaliar o sucesso de um projeto e a interface entre os departamentos de engenharia de produto, processo e produção.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACK, N. **Metodologia de Projeto de Produtos Industriais**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983.
- BAXTER, M. **Projeto de Produto: guia prático para o design de novos produtos**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.
- BRALLA, J. G. **Handbook of Product Designer for Manufacturing**. Mc Graw-Hill, 1996.
- BROWN, S. L. ; EISENHARDT, K. M. **Product Development: past research, present findings, and future directions**. Academy of Management Review – Stanford University. v. 20. n. 2.p. 343-378, 1995.
- BOOTHROYD, G.; DEWHURST, P. **Product Design for Assembly**. USA: Boothroyd Dewhurst, 1991.
- BOOTHROYD, G.; DEWHURST, P.; KNIGHT, W. **Product Design for Manufacture and Assembly**. New York: Marcel Dekker, 1994.
- CAMPOS, V.F. **TQC – Controle da Qualidade Total (No estilo Japonês)**. Belo Horizonte: MG Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999.
- CASAROTTO FILHO, N.; FÁVARO, J.S.; CASTRO, J.E. **Gerência de Projeto / Engenharia Simultânea**. São Paulo: Atlas, 1999.
- CLARK, K.B.; WHEELWRIGHT, S.C. **Managing new products and process development: text and cases**. New York: Free Press, 1993.
- CLARK, K.B.; FUJIMOTO, T. **Product Development Performance. – Strategy, Organization, and Management in the World Auto Industry**. Boston: Harvard Business School: Press, 1991.
- CLAUSING, D. **Total quality development: a step-by-step guide to world-class concurrent engineering**. New York : Asme Press, 1993.
- CONTADOR, J. C. **Gestão de Operações: a engenharia de produção a serviço da modernização da empresa**. São Paulo: Edgard Blücher, 1997.
- CUNHA, G. D. **Desenvolvimento de Produto**. Apostila da disciplina de desenvolvimento de produto do curso de mestrado em engenharia de produção. PPGEP – UFRGS, 2001.
- DAVIS, M. M.; AQUILANO, N.J.; CHASE, R.B. **Fundamentos da Administração da Produção**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- DAVENPORT, T. H. **Reengenharia de Produtos: como inovar na empresa através da tecnologia da informação**. 5.ed. Rio de Janeiro: Campus, 1994.

- DESCHAMPS, J.P.; NAYAK, P.R. **Produtos Irresistíveis**. São Paulo : Ed. Makron Books, 1997.
- DOWLATSHAHI, S. A Comparison of Approaches to Concurrent Engineering. **Advanced Manufacturing Technology**. n.9. p. 106-113,1994.
- FERREIRA, H. S. R.; TOLEDO, J. C. **Metodologias e Ferramentas de Suporte à Gestão do Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) na Indústria Brasileira de Autopeças**. Florianópolis: 3º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto, 2001.
- FLEMING, Q. W. ; KOPPELMAN, J. M. Integrated Project Development Teams: another fad ... or a permanent change. **International Journal of Project Management**. v.14.n.3. p.163-168, 1996.
- FOGLIATTO, F. **Planejamento e Controle de Produção (PCP)**; Material de Suporte – Parte I. Apostila de curso. PPGEP – UFRGS, 2001.
- GARCIA, M.; NEVES, M.F. **Normas para Elaboração de Teses, Dissertações e Monografias**. [on line] Disponível na Internet via URL: <http://www.mgar.vet.br/normas/aspFormt.asp> . Arquivo capturado em 09/03/2004.
- GIL, A.C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.
- GURGEL, F. C. A . **Administração do Produto**. São Paulo: Atlas, 1995.
- HAMMER, M.; CHAMPY, J. **Reengenharia: revolucionando a empresa em função dos clientes, da concorrência e das grandes mudanças da gerência**. 13.ed. Rio de Janeiro: Campus, 1994.
- HARTLEY, J. R. **Engenharia Simultânea: um método para reduzir prazos, melhorar a qualidade e reduzir custos**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.
- KAMINSKI, P. C. **Desenvolvendo Produtos com Planejamento, Criatividade e Qualidade**. Rio de Janeiro: CTC, 2000.
- KAPLAN, R.B.; MURDOCK, L. Core Process Redesign. *McKinsey Quarterly* 2, p.27-43, 1991.
- KERZNER, H. **Gestão de Projetos: as melhores práticas**. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- KOTLER, P. **Administração de Marketing**. 10.ed. São Paulo: Prentice Hall, 2000.
- KWASNICKA, E. L. **Introdução à Administração**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1995.
- LAU, H. C. W.; JIANG, B.; CHAN, F.T.S.; et al. An Innovative Scheme for Product and Process Design. **Journal of Materials Processing Technology**. n. 123. p.85-92, 2002.
- MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da Produção**. São Paulo: Saraiva, 1998.

- MAXIMIANO, A. C. A. **Administração de Projetos: como transformar idéias em resultados**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- MEREDITH, J. R.; SHAFER, S. M. **Administração da Produção para MBA's**. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- MOREIRA, D. A. **Introdução à Administração de Produção e Operações**. São Paulo: Pioneira, 1998.
- O'DRISCOLL, M. Design for Manufacture. **Journal of Materials Processing Technology**. 2002.
- OLIVEIRA, C. A. **Inovação do Produto e do Processo**. Belo Horizonte: Desenvolvimento Gerencial, 2000.
- PAHL, G.; BEITZ, W. **Engineering Design: A Systematic Approach**. 2.ed.Londres: Springer Verlag, 1996.
- PMBOK. v.1.0. **Universo de Conhecimento em Gerência de Projetos**. Tradução livre, disponibilizada através da Internet pelo PMI MG. Maio/2000.
- PRASAD, B. **Concurrent Engineering Fundamentals: integrated product and process organization**. v.I. New Jersey: Prentice Hall, 1996.
- PUGH, S. **Total Design: integrated methods for successful product engineering**. Addison Wesley, 1991.
- RIBEIRO, J.L.D.; ECHEVESTE, M.E.; DANILEVICZ, A.F. **A Utilização do QFD na Otimização de Produtos, Processos e Serviços**. Porto Alegre: FEENG – UFRGS, 2001.
- ROCKART, J.F.; SHORT, J.E. Information Technology and the New Organization: Towards More Efficient Management of Interdependence, **working paper CISR, MIT Sloan School of Management, Center for Information Systems Research**, September, 1998.
- ROZENFELD, H.; AMARAL, D. C. **Conceitos Gerais de Desenvolvimento de Produto**. [on line] Disponível na Internet via URL: [http://www.numa.org.br/conhecimentos\\_port/pag\\_conhec/Desenvolvimento\\_de\\_Produto.html](http://www.numa.org.br/conhecimentos_port/pag_conhec/Desenvolvimento_de_Produto.html) ; última verificação 31/01/2001. Arquivo capturado em 29/04/2003.
- ROZENFELD, H.; AGUIAR, A. **Organização para Desenvolvimento de Produtos**. [on line] Disponível na Internet via URL: [http://www.numa.org.br/conhecimentos\\_port/pag\\_conhec/Desenvolvimento\\_de\\_Produto.html](http://www.numa.org.br/conhecimentos_port/pag_conhec/Desenvolvimento_de_Produto.html) ; última verificação 11/11/1999. Arquivo capturado em 29/04/2003.
- SCHNEIDER, C. F. **A Integração das Áreas de Produção e de Marketing e o Impacto Estratégico**. Dissertação PPGA UFRGS. Porto Alegre: 2000.

- SHAPIRO, B.P.; SVIOKA, J.L.; RANGAN, V.K. *It Fell Trough the Cracks*, 9-591-098. Boston, Harvard Business School, 1991.
- SHINGO, SHIGEO. **O Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da engenharia de produção**. 2.ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; et al. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1997.
- SLACK, N. **Vantagem Competitiva em Manufatura: atingindo a competitividade nas operações industriais**. São Paulo: Atlas, 1993.
- SMITH, P.; REINERTSEN, D.G. **Desenvolvendo Produtos na Metade do Tempo: a agilidade como fator decisivo diante da globalização do mercado**. São Paulo: Futura, 1997.
- STARR, M. K. **Administração da Produção: sistemas e sínteses**. São Paulo: Edgard Blücher, 1976.
- STONER, J. A. F.; FREEMAN, R.E. **Administração**. 5.ed. Rio de Janeiro: Prentice Hall do Brasil, 1985.
- TEIXEIRA, G. S. **Apresentação de uma abordagem para o desenvolvimento de produto e suas ferramentas de apoio aplicada a uma empresa do setor eletro-eletrônico**. Dissertação de Mestrado Profissional em Engenharia. Porto Alegre: PPGE - UFRGS, 2002.
- TOLEDO, J. C. **Gestão do Processo de Desenvolvimento de Produto ; 1999**. [on line] Disponível na Internet via URL: [http:// www.dep.ufscar.br/pet/boletim.html](http://www.dep.ufscar.br/pet/boletim.html). Arquivo capturado em 29/04/2003.
- VALERI, S. G.; ROZENFELD, H. **Gerenciamento de Projetos**. [on line] Disponível na Internet via URL: [http://www.numa.org.br/conhecimentos\\_port/pag\\_conhec/Desenvolvimento\\_de\\_Produto.html](http://www.numa.org.br/conhecimentos_port/pag_conhec/Desenvolvimento_de_Produto.html) ; última verificação 11/11/1999. Arquivo capturado em 29/04/2003.
- VALERIANO, D. L. **Gerência em Projetos: pesquisa, desenvolvimento e engenharia**. São Paulo: Makron Books, 1998.
- VALERIANO, D. L. **Gerenciamento Estratégico e Administração por Projetos**. São Paulo: Makron Books, 2001.
- VERZUH, E. **MBA Compacto: gestão de projetos**. Rio de Janeiro: Campus, 2000.
- WILLIAMS, T.M. The need for new paradigms for complex projects. **International Journal of Management**. v.17. n.5. p.269-273, 1999.

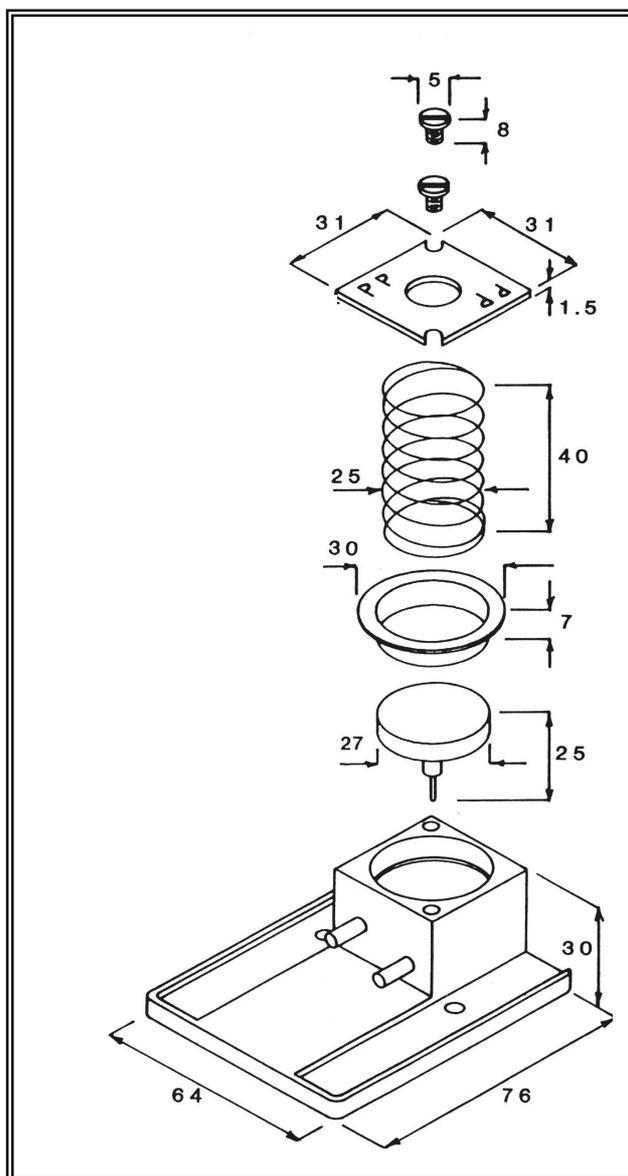
ZANCUL, E.; ROZENFELD, H. **Engenharia Simultânea**. [on line] Disponível na Internet via URL: [http://www.numa.org.br/conhecimentos\\_port/pag\\_conhec/Desenvolvimento\\_de\\_Produto.html](http://www.numa.org.br/conhecimentos_port/pag_conhec/Desenvolvimento_de_Produto.html) ; última verificação 11/11/1999. Arquivo capturado em 29/04/2003.

## ANEXOS

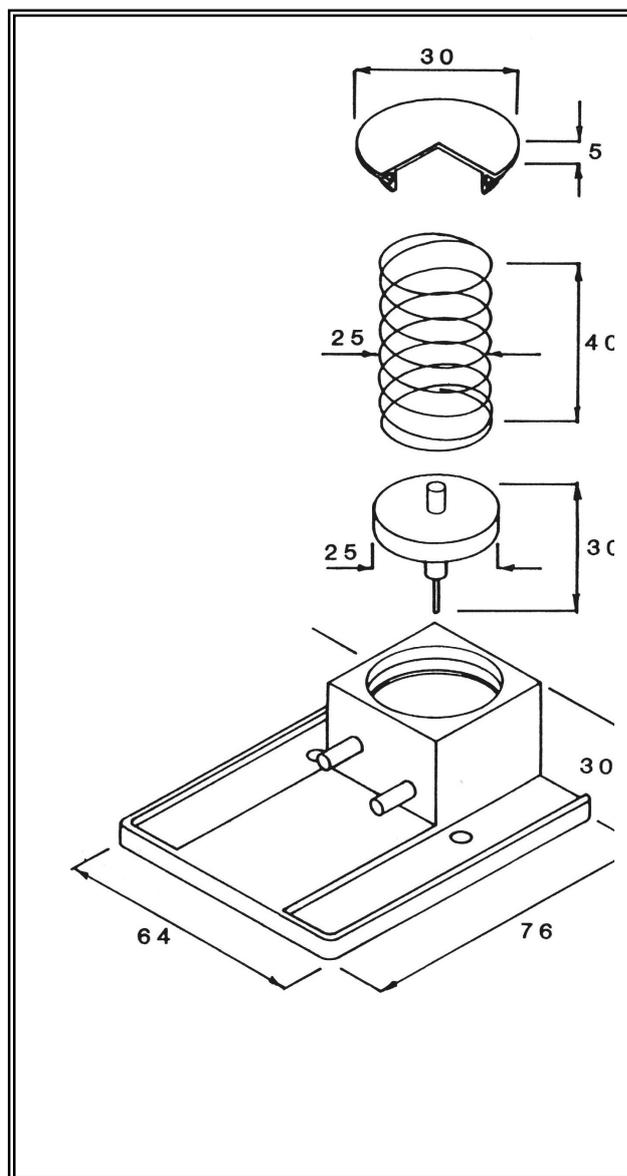
ANEXO A: Exemplos relativos à aplicação das técnicas de DFA e DFM.

ANEXO A1: Pistão Pneumático

Antes



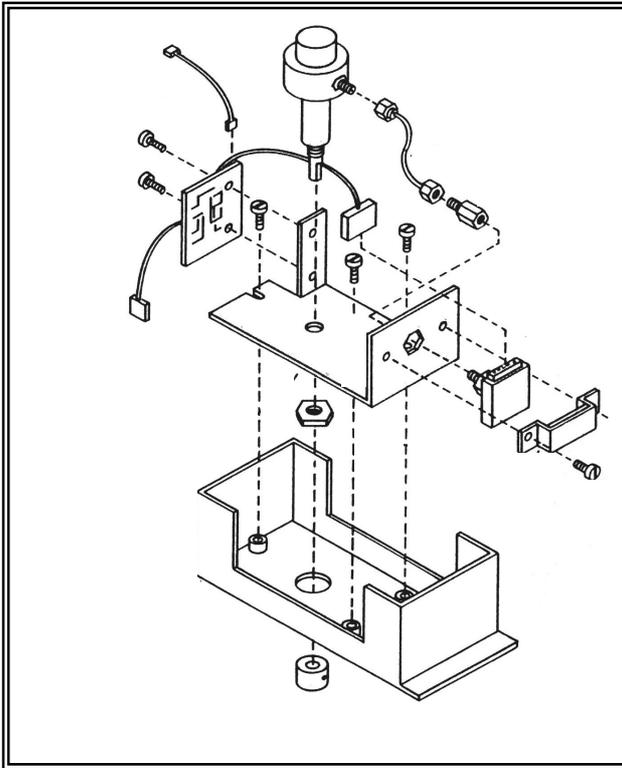
Depois



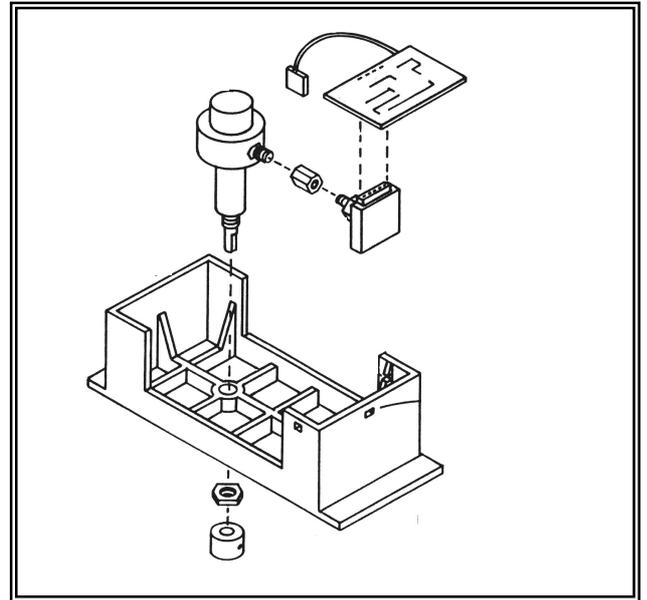
Fonte: Product Design for Assembly – Boothroyd & Dewhurst, 1991

## ANEXO A2: Indicador de Pressão

Antes

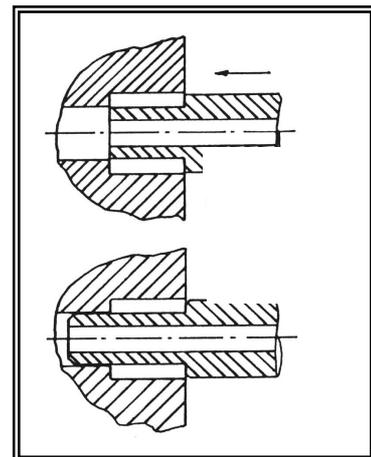
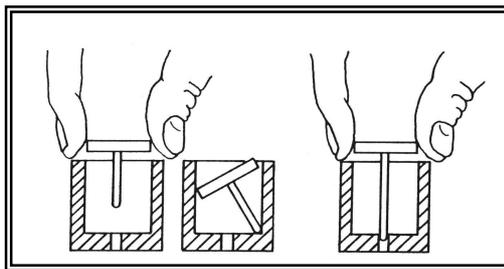


Depois



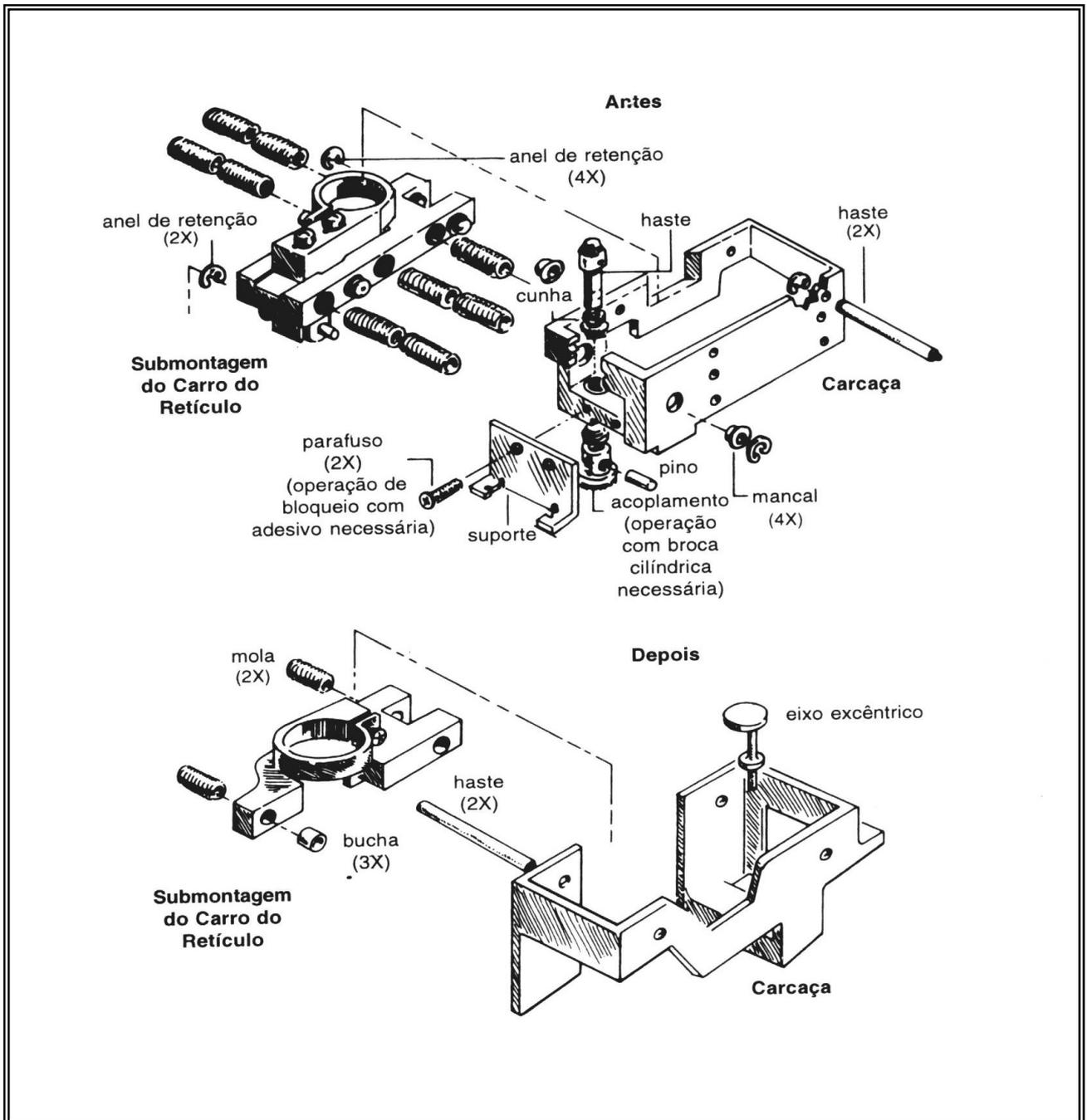
Fonte: Product Design for Assembly – Boothroyd &amp; Dewhurst, 1991

## ANEXO A3



Fonte: Product Design for Assembly – Boothroyd &amp; Dewhurst, 1991

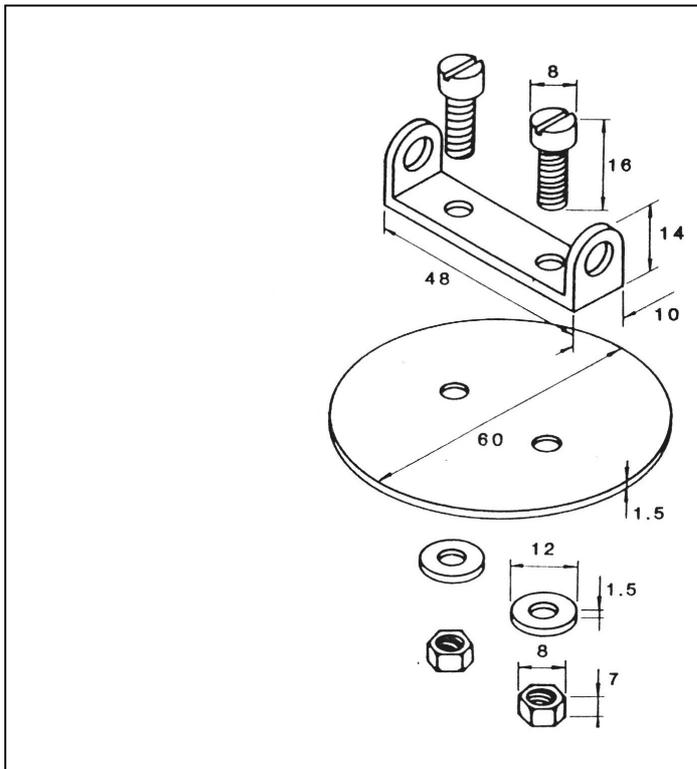
ANEXO A4: Retículo



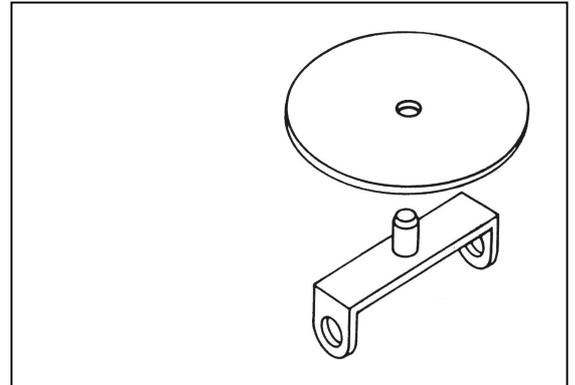
Fonte: Engenharia Simultânea – Hartley, 1998

## ANEXO A5: Diafragma

Antes de aplicar DFA



Depois de aplicar DFA



Fonte: Product Design for Assembly – Boothroyd &amp; Dewhurst, 1991

ANEXO B: Principais questões que conduziram o processo de entrevistas informais.

- 1) Qual sua opinião sobre a integração entre os departamentos de engenharia de produto, processo e produção?
- 2) Você considera o desenvolvimento da interface entre desenvolvimento de produto, processo e produção importante para o desenvolvimento da empresa?
- 3) Como a empresa trata a integração entre os departamentos de engenharia de produto, processo e produção?
- 4) Você vivenciou, ou tem conhecimento sobre experiências anteriores relativas ao processo de integração entre os departamentos de engenharia de produto, processo e produção?
- 5) Qual sua opinião sobre o processo / canais de comunicação estabelecidos / desenvolvidos na empresa?
- 6) Qual sua opinião sobre a maneira como a empresa aborda questões relativas ao planejamento dos projetos, risco e despesas?
- 7) Você considera as equipes multidisciplinares de projeto bem estruturadas? O que você mudaria?
- 8) Qual sua opinião sobre a estrutura física do departamento de engenharia de produto? Quais os pontos positivos e negativos associados? O que você mudaria?
- 10) Na sua opinião qual o projeto de maior destaque desenvolvido (sucesso) pela empresa? Quais foram os motivos que o levaram ao sucesso?
- 11) Na sua opinião qual o projeto que menos se destacou (mal sucedido)? Quais foram os motivos que o levaram ao ‘fracasso’?

