

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

**Proposta de Metodologias de Concepção e  
Projeto do Produto considerando os Aspectos  
Ambientais no Ciclo de Vida**

Autor: **Yane Ribeiro de Oliveira Lobo**  
Orientador: **Paulo Corrêa Lima**

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA  
TESE DEFENDIDA POR YANE RIBEIRO DE  
OLIVEIRA LOBO E APROVADA PELA  
COMISSÃO JULGADORA EM 14 / 07 / 2000.

  
ORIENTADOR

58/00

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA  
DEPARTAMENTO DE MATERIAIS E FABRICAÇÃO**

# **Proposta de Metodologias de Concepção e Projeto do Produto considerando os Aspectos Ambientais no Ciclo de Vida**

Autor: **Yane Ribeiro de Oliveira Lobo**  
Orientador: **Paulo Corrêa Lima**

Curso: Engenharia Mecânica  
Área de Concentração: Materiais e Fabricação

Tese de doutorado apresentada à comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Mecânica.

Campinas, 14 de julho de 2000  
S.P. – Brasil

UNIDADE	BC		
L. CHAMADA:	U/Unicamp		
	L786p		
	Ex.		
OMBO BC/	43689		
ROC.	16-392101		
C	<input type="checkbox"/>	D	<input checked="" type="checkbox"/>
REC#	RS11,00		
DATA	09/02/01		
L. CPD			

CM-00154336-7

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

L786p

Lobo, Yane Ribeiro de Oliveira

Proposta de metodologias de concepção e projeto do produto considerando os aspectos ambientais no ciclo de vida / Yane Ribeiro de Oliveira Lobo.--Campinas, SP: [s.n.], 2000.

Orientador: Paulo Corrêa Lima.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

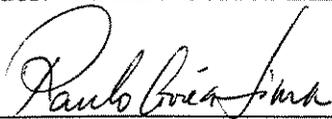
1. Impacto ambiental. 2. Engenharia ambiental. 3. Meio ambiente - Legislação. I. Lima, Paulo Corrêa. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA  
DEPARTAMENTO DE MATERIAIS E FABRICAÇÃO

TESE DE DOUTORADO

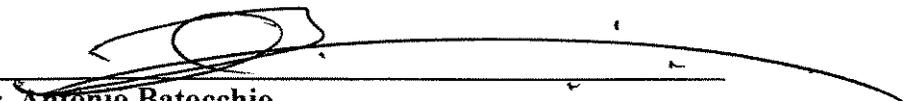
# Proposta de Metodologias de Concepção e Projeto do Produto considerando os Aspectos Ambientais no Ciclo de Vida

Autor: Yane Ribeiro de Oliveira Lobo  
Orientador: Paulo Corrêa Lima



---

Prof. Dr. Paulo Corrêa Lima, Presidente  
UNICAMP



---

Prof. Dr. Antonio Batocchio  
UNICAMP



---

Prof. Dr. Oswaldo Luiz Agostinho  
UNICAMP



---

Prof. Dr. Antonio Freitas Rentes  
USP/São Carlos



---

Prof. Dr. Paulo A. C. Miguel  
UNIMEP

Campinas, 14 de julho de 2000

## Agradecimentos

Este trabalho não poderia ser terminado sem a ajuda de diversas pessoas às quais presto minha homenagem:

A Fapesp, pelo auxílio da bolsa.

Ao meu orientador, que me mostrou os caminhos a serem seguidos.

Ao meu marido e meus filhos pela paciência.

Aos meus pais pelo incentivo em todos os momentos da minha vida.

A todos os professores e colegas do departamento, que ajudaram de forma direta e indireta na conclusão deste trabalho.

## Resumo

LOBO, Yane Ribeiro de Oliveira, *Proposta de Metodologias de Concepção e Projeto do Produto considerando Aspectos Ambientais no Ciclo de Vida*, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2000. 169 p. Tese (Doutorado)

Em consequência da globalização, está ocorrendo um aumento na diversificação dos produtos e a redução do ciclo de vida dos mesmos. Com isso, surge a necessidade de um produto já ser concebido com alta qualidade, baixo custo, o mais rápido possível e ecologicamente correto. Logo, é de extrema importância que os aspectos ambientais sejam incorporados na fase de desenvolvimento do produto. A Avaliação do Ciclo de Vida, um dos itens da norma ISO 14.000, analisa os impactos causados ao meio ambiente associados a um determinado produto. Junto com a utilização da técnica de Custeio do Ciclo de Vida, pode-se identificar, medir e gerenciar os custos ambientais na fase de desenvolvimento. Portanto, este trabalho tem como objetivo propor uma metodologia para análise dos aspectos ambientais no ciclo de vida de um produto durante a fase de concepção e projeto. Para desenvolver esta metodologia usou-se a metodologia do Projeto Axiomático.

### *Palavras Chave*

Avaliação do Ciclo de Vida, Custeio do Ciclo de Vida, ISO 14.000, Gerenciamento Ambiental, Projeto Axiomático

## Abstract

LOBO, Yane Ribeiro de Oliveira, *A methodology proposal to analyze the environment aspects on life-cycle during the conception and design phase*, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2000. 169 p. Tese (Doutorado)

As a result of the globalization the products have had their life-cycle reduced and their diversification increased. Consequently, products must be conceived with high quality, low cost, as soon as possible and environment impact free. So, it is very important that environmental aspects are considered in the product development phase. The Life-Cycle Assessment, one of the ISO 14.000 items, analyses the impacts in the environment associated to a certain product. In parallel with the Life-Cycle Costing, the environmental costs in the development stage can be identified, measured and managed. Therefore, this research has the objective of proposing a methodology to analyse the environment aspects on product life-cycle during the conception and design phase. The Axiomatic Design methodology is used to develop this methodology.

### *Key Words*

Life-Cycle Assessment, Life-Cycle Costing, ISO 14.000, Environmental Management, Axiomatic Design.

## Índice

1.	INTRODUÇÃO	01
1.1.	Objetivo do trabalho	03
1.2.	Conteúdo do trabalho	04
2.	CONTEXTUALIZAÇÃO	06
2.1.	Introdução	06
2.2.	O ciclo de desenvolvimento	06
2.2.1.	Estratégia do Produto	10
2.2.2.	Organização do Projeto	11
2.2.3.	Execução durante o estágio de definição	11
2.3.	Aspectos financeiros do ciclo de desenvolvimento	12
2.4.	Consideração dos aspectos ambientais na fase de desenvolvimento	16
2.5.	Pesquisa de campo exploratória: relação empresa/ISO 14.000	20
2.5.1.	Objetivo e apresentação da pesquisa	20
2.5.2.	Resultado da pesquisa	24

2.6.	Comentários finais	27
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	28
3.1.	Introdução	28
3.2.	Gerenciamento Ambiental	29
3.2.1.	Histórico	29
3.2.2.	Caracterização do Gerenciamento Ambiental	32
3.2.3.	Desenvolvimento Sustentável	36
3.2.4.	Produção Limpa	38
3.3.	ISO 14.000	41
3.3.1.	Sistema de Gerenciamento Ambiental	43
3.3.2.	Auditoria Ambiental	44
3.3.3.	Avaliação do desempenho Ambiental	44
3.3.4.	Rotulagem Ambiental	45
3.3.5.	Análise do Ciclo de Vida	46
3.3.6.	Aspectos Ambientais na Padronização do Produto	47
3.4.	Custeio do Ciclo de Vida	47

3.4.1.	Custeio Alvo	50
3.4.2.	Custeio Baseado em Atividades	54
3.4.3.	Custeio do Ciclo de Vida utilizando o ABC	57
3.5.	Custos Ambientais	60
3.5.1.	Custos de Adequação	60
3.5.2.	Custos das Falhas de Adequação	63
3.5.3.	Custos tratados como "externalidades"	64
3.6.	Avaliação do Ciclo de Vida	64
3.6.1.	Histórico	65
3.6.2.	Definição e caracterização	65
3.6.3.	Informações sobre o mercado	71
3.7.	Desdobramento da Função Qualidade	73
3.8.	Engenharia de Valor	76
3.9.	Projeto Axiomático	83
3.9.1.	Domínios de Projeto	85
3.9.2.	Decomposição do Projeto	86

3.9.3.	Axioma da Independência	87
3.9.4.	Axioma da Informação	89
3.10.	Projeto de Sistema	89
3.11.	Comentários finais	96
4.	PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA	97
4.1.	Introdução	97
4.2.	Metodologia	98
4.3.	Desenvolvimento da Metodologia	102
4.3.1.	Hierarquia {FR}/{DP}- Nível 1 e Nível 2	103
4.3.2.	Hierarquia {FR}/{DP}- Nível 3	111
4.3.3.	Hierarquia {FR}/{DP}- Nível 4	126
4.3.4.	Hierarquia {FR}/{DP}- Nível 5	140
4.3.5.	Hierarquia {FR}/{DP}- Decomposição em todos os níveis	142
4.4.	Diagrama de Fluxo	146
4.5.	Relação entre a decomposição e a ISO 14.000	148
4.6.	Comentários Finais	151

5.	CONCLUSÕES	152
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	155
	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	165

## **Lista de Figuras**

Figura 2.1.	Sistema de informações no ciclo do produto	08
Figura 2.2.	Análise das atividades para redução do tempo de ciclo	09
Figura 2.3.	Mapa do Fluxo de um novo produto	10
Figura 2.4.	Custos compromissados versus custos incorridos	14
Figura 2.5.	Responsabilidade dos projetistas	17
Figura 3.1.	Evolução da Gestão Ambiental	32
Figura 3.2.	Comparação das relações tradicional e atual entre as empresas e o meio ambiente	35
Figura 3.3.	Enfoques do Gerenciamento Ambiental	36
Figura 3.4.	ISO 14.000 – Um modelo para melhoria contínua	42
Figura 3.5.	Processo de Custeio Alvo	52
Figura 3.6.	Ferramentas de custeio usadas no desenvolvimento do produto	59
Figura 3.7.	Composição da LCA	66
Figura 3.8.	Processo de avaliação do ciclo de vida	71
Figura 3.9.	Composição dos materiais no automóvel	72

Figura 3.10.	Definição de valor e importância	78
Figura 3.11.	Valor do item atribuído pela Análise de Valor	78
Figura 3.12.	Classificação das atividades	83
Figura 3.13.	Axiomas de Projeto	84
Figura 3.14.	Processo do Projeto Axiomático	85
Figura 3.15.	Processo de decomposição do projeto – Método Zig-Zag	87
Figura 3.16.	Tipos de Projeto	88
Figura 3.17.	Hierarquia de {FR}/{DP}	90
Figura 3.18.	Diagrama de Junção de Módulos	93
Figura 3.19.	Diagrama de Fluxo	95
Figura 4.1.	Lógica do <i>Business Process</i>	99
Figura 4.2.	Influência das alterações no produto no custo do projeto	100
Figura 4.3.	Desenvolvimento de Produto	101
Figura 4.4.	Primeiro e segundo nível da decomposição proposta	104
Figura 4.5.	Ciclo de Vida do Produto sobre o enfoque da Cadeia de Valor de máquinas, equipamentos e outros insumos de produção	106

Figura 4.6.	Ciclo de Vida do Produto sobre o enfoque da Cadeia de Valor de matérias-primas, componentes ou subconjunto	107
Figura 4.7.	Interação entre empresa e mercado consumidor durante o ciclo de vida do produto	109
Figura 4.8.	Fluxo de informação distribuído de acordo com o lugar e o tempo	111
Figura 4.9.	Decomposição do FR <sub>1</sub> – Definir Produto	112
Figura 4.10.	Orçamento Baseado em Atividades	113
Figura 4.11.	Custo do Produto	114
Figura 4.12.	Decomposição do FR <sub>2</sub> – Projetar Produto	117
Figura 4.13.	Decomposição do FR <sub>3</sub> – Projetar Produção	120
Figura 4.14.	Decomposição do FR <sub>6</sub> – Projetar Descarte	122
Figura 4.15.	Reciclagem em Cascata	124
Figura 4.16.	Decomposição do FR <sub>23</sub> – Aumentar retorno sobre as vendas	127
Figura 4.17.	Torneira Tradicional	129
Figura 4.18.	Projeto Desacoplado	130
Figura 4.19.	Projeto com Integração Física	131
Figura 4.20.	Detalhe da Válvula de Controle	132

Figura 4.21. Processo de Avaliação do Ciclo de Vida	135
Figura 4.22. Decomposição do FR <sub>32</sub> – Minimizar custo de produção	137
Figura 4.23. PDCA da Qualidade Ambiental	138
Figura 4.24. Decomposição do FR <sub>322</sub> – Reduzir custo operacional	141
Figura 4.25. Projeto Axiomático do Sistema de Desenvolvimento do Produto	143
Figura 4.26. Matriz do Sistema de Projeto	145
Figura 4.27. Diagrama de Fluxo	147
Figura 4.28. Influências principais	149
Figura 4.29. Sistema de Medição de desempenho baseado no Projeto Axiomático	151

## Lista de Tabelas

Tabela 2.1	Processo de definição de um novo produto	12
Tabela 2.2.	Resultado da pesquisa	22
Tabela 2.3.	Resultado da Pergunta 1	24
Tabela 2.4.	Resultado da Pergunta 2	24
Tabela 2.5.	Resultado da Pergunta 3a	25
Tabela 2.6.	Resultado da Pergunta 3b	25
Tabela 2.7.	Resultado da Pergunta 4	26
Tabela 2.8.	Resultado da Pergunta 5	26
Tabela 3.1.	Mudança de enfoque no conceito de proteção ambiental	33
Tabela 3.2.	Visão panorâmica do planejamento do ciclo de vida do produto considerando a compatibilidade ambiental	48
Tabela 3.3.	Visões do fabricante, mercado e cliente do ciclo de vida de um produto	48
Tabela 3.4.	Parâmetros financeiros do ciclo de vida de um produto	49
Tabela 3.5.	Comparação do Projeto para o Custo <i>versus</i> Projeto do Custo	49
Tabela 3.6.	Relação entre as atividades básicas e seus direcionadores	55

Tabela 4.1. Exemplo de Custos Ambientais

134

## Nomenclatura

### *Abreviações*

- ABC** – Custeio Baseado em Atividades (*Activity-Based Costing*)  
**APQP** – *Advanced Product Quality Planning*  
**BP** – Processo do Negócio (*Business Process*)  
**BPA** - Análise do Processo do Negócio (*Business Process Analysis*)  
**CAPP** – Planejamento do Processo Auxiliado pelo Computador (*Computer Aided Process Planning*)  
**C** – Restrição (*Constrain*)  
**CQA** – Custos da Qualidade Ambiental  
**DFA** – *Design For Assembly*  
**DFD** – *Design For Disassembly*  
**DFE** – *Design For Environment*  
**DFM** – *Design For Manufacturing*  
**DFMA** – Projeto para Manufatura e Montagem (*Design For Manufacturing and Assembly*)  
**DFX** – *Design For Excellence*  
**DIS** – *Draft International Standard*  
**DP** – Parâmetro de Projeto (*Design Parameters*)  
**EA** – Auditoria Ambiental (*Environmental Auditing*)  
**EAPS** – Aspectos Ambientais na Padronização do Produto (*Environmental Aspects in Product Standards*)  
**EL** – Rotulagem Ambiental (*Environmental Labeling*)  
**EMS** – Sistema de Gerenciamento Ambiental (*Environmental Management System*)  
**EPE** – Avaliação do Desempenho Ambiental (*Environmental Performance Evaluation*)  
**FARe** – *Fiat Auto Recycling*  
**FMEA** – Módulo de Falhas e Análise de Efeitos (*Failure Mode and Effects Analysis*)  
**FR** – Requisito Funcional (*Functional Requirement*)  
**LCA** – Análise do Ciclo de Vida (*Life-Cycle Analysis*) ou Avaliação do Ciclo de Vida (*Life-Cycle Assessment*)  
**LCC** – Custeio do Ciclo de Vida (*Life-Cycle Costing*)  
**PSD** – Projeto do Sistema de Produção (*Production System Design*)  
**QFD** – Desdobramento da Função Qualidade (*Quality Function Deployment*)  
**REPA** - Análise do Perfil dos Recursos e Meio Ambiente (*Resource and Environmental Profile Analysis*)  
**ROI** – Retorno Sobre Investimento (*Return On Investment*)

**ROS** – Retorno Sobre Vendas (*Return On Sales*)

**PV** – Variável de Processo (*Process Variable*)

**WD** – *Working Draft*

.....

## ***Siglas***

**BID** – Banco Interamericano para Desenvolvimento

**BNDES** – Banco Nacional de Desenvolvimento

**DOD** – Departamento de Defesa dos Estados Unidos (*Department of Defense*)

**EPA** – Agência de Proteção Ambiental (*Environmental Protection Agency*)

**ISO** – Organização Internacional de Normas (*International Organization for Standards*)

**ONU** – Organização das Nações Unidas

**SETAC** – Sociedade do Meio Ambiente Toxicológico e Químico (*Society of Environmental Toxicology and Chemistry*)

**UICN** – União Internacional para Conservação da Natureza

**UNEP** – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (*United Nations Environment Programme*)

**WCED** – Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (*World Commission on Environment and Development*)

.....

## **Capítulo 1**

### **INTRODUÇÃO**

Nos últimos anos, o mundo dos negócios vem sofrendo bruscas modificações em consequência de fatos como a globalização dos mercados, o aumento da diversificação requerida pelo cliente, a redução do ciclo de vida dos produtos, o aparecimento de avançadas tecnologias de manufatura, e a busca pela qualidade total, entre outras.

Cada vez mais fica evidente a necessidade de um produto já ser concebido com qualidade, baixo custo e maior rapidez possível. As empresas necessitam lançar seus produtos em tempos cada vez menores para chegar primeiro ao mercado, ganhando com isto uma parte deste. Com isso a fase de desenvolvimento do produto ganha grande importância. É nesta fase que se deve pensar em reduzir os custos e melhorar a qualidade.

O desenvolvimento do produto, da concepção ao lançamento, tem sido objeto de inúmeras publicações\* que investigam o desenvolvimento do produto como um todo ou investigam etapas específicas do mesmo.

A incorporação da variável ambiental constitui um passo a mais no ajuste competitivo das empresas em resposta às imposições e desafios de uma economia globalizada. O compromisso das empresas com o meio ambiente e a busca contínua da excelência ambiental vêm constituindo uma exigência fundamental para a permanência no mercado atual (DIEZ & SILVEIRA, 1996).

As pressões exercidas pela opinião pública e inclusive pela própria estrutura interna das empresas, cada vez mais sensíveis às questões do meio ambiente, são traduzidas no estabelecimento de controles ambientais adequados por parte do setor público, em uma legislação mais rigorosa e em maiores exigências com relação ao comportamento que respeite o meio ambiente.

Novas regulamentações estão sendo introduzidas, as quais criam responsabilidades corporativas para o descarte do produto. Como será a responsabilidade e sua relação com o custo do produto, preço, projeto, custo do gerenciamento, e decisões de capital investido na organização? Para contabilizar este efeito no custo e no capital investido, as empresas necessitam de uma melhor identificação, como também, acompanhamento dos custos ambientais correntes e futuros (EPSTEIN, 1996).

Algumas empresas têm agido no retorno do produto, ou seja, na reciclagem e descarte. Com isto descobriram que os benefícios financeiros de reutilização de material reduzem a compra de matéria-prima substancialmente.

---

\*Desde 1990 até 1999 foram publicados 3.105 artigos cujo título se refere a desenvolvimento do produto, segundo o Compendex.

A proteção ambiental não pode mais depender apenas de controles no final dos processos, que normalmente são ineficientes e inadequados. A prevenção da poluição bem como outras questões ambientais têm que ser abordadas através de todos os aspectos no projeto, fabricação e processos de distribuição, operação, reciclagem e descarte. Utilizando a abordagem do Ciclo de Vida, as decisões de pesquisa e desenvolvimento estão atualmente emergindo como procedimentos operacionais padrões que levam em consideração o uso de matérias-primas, métodos de fabricação e a possibilidade de total reciclagem e de disposição final dos produtos.

O Custeio do Ciclo de Vida e os custos ambientais são essenciais para identificar, medir e gerenciar os impactos ambientais. Esta análise tem sido recentemente utilizada como instrumento para avaliar os impactos ao meio ambiente associados a um determinado produto. A Avaliação do Ciclo de Vida consiste no balanço entre entradas e saídas de determinado sistema produtivo e na associação das mesmas a efeitos ambientais potenciais e efetivos (MAGALHÃES, 1996).

### **1.1. Objetivo do trabalho**

O presente trabalho propõe uma metodologia para análise dos aspectos ambientais no ciclo de vida de um produto durante a fase de concepção e projeto.

Este trabalho tem como objetivos específicos:

- Conceituar a Avaliação do Ciclo de Vida;
- Analisar a necessidade do gerenciamento dos custos na fase de desenvolvimento;
- Fazer uma pesquisa junto a empresas de vários segmentos para conhecer em que estágio elas estão no assunto ISO 14.000;
- Montar um modelo para concepção e projeto de novos produtos que considere aspectos ambientais;
- Enriquecer o modelo com o resultado da pesquisa bem como, com os comentários sugeridos.

Sua contribuição é propor um modelo para concepção e projeto de novos produtos que considere aspectos ambientais em todo o ciclo de vida. Para enriquecer o modelo, realizou-se uma pesquisa junto a empresas de vários segmentos, para conhecer até que nível as normas ISO 14.000 estão sendo desdobradas. Esta pesquisa ainda teve uma segunda etapa onde as empresas esclareceram as dúvidas que surgiram, bem como as melhorias propostas para o modelo.

## **1.2. Conteúdo do trabalho**

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos, cujo conteúdo é apresentado a seguir.

**CAPÍTULO 1:** Neste capítulo inicialmente faz-se uma introdução do trabalho. São apresentados os objetivos deste trabalho, bem como sua contribuição. A seguir é apresentado o conteúdo do trabalho.

**CAPÍTULO 2:** Neste capítulo é realizada uma contextualização da importância de se considerar os impactos ambientais na fase de desenvolvimento do produto. Apresenta-se, também, uma pesquisa realizada junto a algumas empresas, que serviu como motivação para este estudo.

**CAPÍTULO 3:** Neste capítulo apresenta-se a Revisão Bibliográfica realizada. Inicialmente é mostrado um histórico do Gerenciamento Ambiental e definido o termo Desenvolvimento Sustentável. Baseado neste histórico faz-se uma comparação entre a relação empresa e meio ambiente atualmente e no passado. Apresenta-se ainda, a série de normas ISO 14.000. Em seguida, apresentam-se as técnicas de Custeio, definindo-se a Avaliação do Ciclo de Vida, o Desdobramento da Função Qualidade e a Engenharia de Valor. Por fim, apresenta-se a metodologia do Projeto Axiomático.

**CAPÍTULO 4:** Neste capítulo é proposta uma metodologia que considera os aspectos ambientais na fase de desenvolvimento. Foi utilizado o Projeto Axiomático para desenvolvimento desta proposta.

CAPÍTULO 5: Neste capítulo se estabelecem as conclusões do presente trabalho e são sugeridas algumas indicações para trabalhos futuros.

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL  
SEÇÃO CIRCULANTE

## **Capítulo 2**

### **CONTEXTUALIZAÇÃO**

#### **2.1. Introdução**

O presente capítulo apresenta inicialmente o ciclo de desenvolvimento do produto, bem como a busca da redução do tempo de desenvolvimento do produto. A seguir, apresenta o impacto dos aspectos financeiros e ambientais na fase de desenvolvimento do produto. Por fim, apresenta uma pesquisa realizada junto a algumas empresas, que serviu de motivação para a definição da metodologia proposta neste trabalho.

#### **2.2. O Ciclo de desenvolvimento**

No mercado globalizado, a busca pela vantagem competitiva passou a nortear a estratégia das empresas. A meta da gerência voltou-se para o desenvolvimento mais rápido e eficaz de

novos produtos, com melhor qualidade, menor custo e que satisfaçam as necessidades dos clientes. Assim, pode-se notar uma evolução no ciclo de desenvolvimento do produto.

A primeira preocupação foi com a qualidade dos produtos. A utilização de modernas tecnologias de projeto, o uso do computador e de métodos formais de projeto constituíram um poderoso apoio à qualidade do projeto do produto. São vários os métodos e ferramentas disponíveis que podem ser usados conforme as necessidades, podendo ser destacados os seguintes: QFD (*Quality Function Deployment*), FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*), DFX\* (*Design For Excellence*), Engenharia de Valor, CAE/CAD/CAM entre outros (CLARK & FUJIMOTO, 1991).

Um dos principais problemas do projeto do produto, principalmente em sua fase conceitual, é a dificuldade de percepção das necessidades do consumidor, para que então estas sejam traduzidas em decisões de engenharia. Portanto, um desafio para a empresa alcançar a competitividade mediante o seu produto, é identificar as necessidades do consumidor e incorporá-las ao seu projeto. Em especial, o uso da técnica de QFD ajuda a empresa a perceber estas necessidades.

A segunda preocupação é com o fator tempo. Como o mercado é cada vez mais dinâmico e o ciclo de vida do produto vem diminuindo continuamente, a equipe de projeto está sujeita as variações periódicas de comportamento do consumidor, tornando-se fundamental a rápida atualização da informação sobre as novas necessidades do mercado.

Para entender as necessidades do consumidor, e então transformá-las em requisitos de projeto, a empresa deve ter um sistema de informação que supra a equipe de projeto com dados relevantes para o produto. CLARK & FUJIMOTO (1991) apresentam um modelo de fluxo de informações no ciclo de vida do produto, conforme mostrado na figura 2.1.

---

\* O *Design For Excellence* engloba todas as técnicas que facilitam o projeto do produto. São elas: DFM (*Design for Manufacturing*), DFA (*Design for Assembly*), DFE (*Design for Environment*), DFD (*Design for Disassembly*), etc.

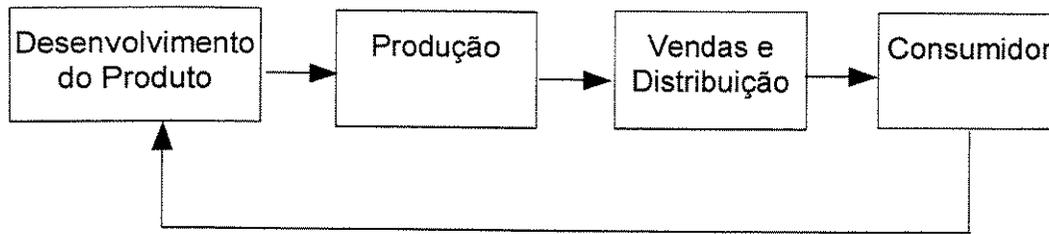


Figura 2.1. Sistema de informações no ciclo do produto (CLARK & FUJIMOTO, 1991)

CLARK & FUJIMOTO (1991) atentam ainda para três particularidades críticas na integração do processo de desenvolvimento:

- Sobreposição: homogeneização no tempo, espaço, conceito, habilidade, linguagem, métodos, atitudes e filosofia provenientes do aprimoramento da comunicação.
- Utilização, tamanho e especialização dos times: quanto menor número de pessoas mais coeso é o grupo, gerando menos ruídos na reunião do mesmo. Porém o seu tamanho deve estar relacionado às tarefas a serem executadas.
- Organização: times menores com a menor diferença de níveis hierárquicos possíveis e poucos membros tendem a ser mais integrados do que organizações hierarquicamente complexas.

WHEELWRIGHT & CLARK (1992) definem oito passos que agregam valor ao processo de desenvolvimento do produto, são eles:

1. Definir o tipo de projeto bem como as plataformas, os projetos derivados, a Pesquisa & Desenvolvimento, os parceiros de projetos, etc;
2. Identificar projetos existentes e classificar por tipo de projeto;
3. Estimar o tempo médio e os recursos necessários para cada tipo de projeto baseado em experiência passada;
4. Identificar a capacidade de recurso;

5. Determinar o *mix* de projetos desejado;
6. Estimar o número de projetos que os recursos existentes podem suportar;
7. Decidir que projeto específico perseguir;
8. Trabalhar para melhorar a capacidade de projeto.

O procedimento utilizado para reduzir o tempo de ciclo de desenvolvimento do produto é uma análise do processo, procurando classificar as atividades que agregam e as que não agregam valor ao produto.

Um passo fundamental na redução do tempo de ciclo de desenvolvimento é o mapeamento do fluxo do processo, como mostrado na figura 2.2. Porém, reduzir o tempo de ciclo não é fazer a tarefa da melhor maneira, mas sim eliminar as tarefas que não agregam valor e desempenhar em paralelo, quando possível, as que agregam.

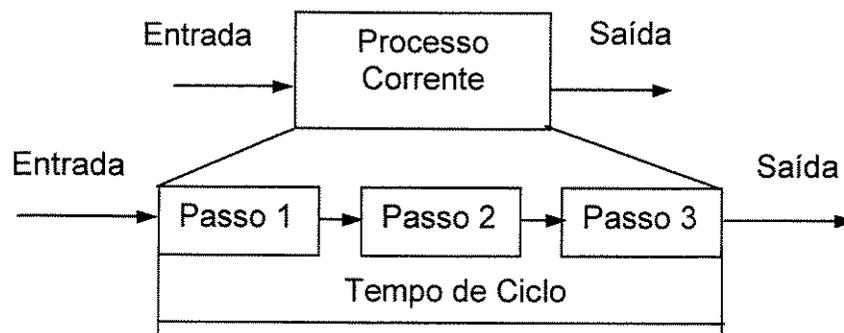


Figura 2.2. Análise das atividades para redução do tempo de ciclo (LIGUS, 1997)

Um outro fator que afeta muito o tempo de desenvolvimento é a incerteza. Porém, existem empresas que aprenderam a lidar com mercados incertos. Urban e Hauser (APUD MEYER & UTTERBACK, 1995) afirmam que um maior cuidado em estágios iniciais, ou seja, na fase de projeto e teste do desenvolvimento do produto podem reduzir a incerteza.

Estas empresas aprenderam como superar os problemas no processo de definição do produto. Estas técnicas podem-se agrupar em três categorias: estratégia do produto, organização do projeto e execução (TABRIZI & WALLEIGH, 1997). Estas técnicas são apresentadas a seguir:

### 2.2.1. Estratégia do Produto

Para se definir uma estratégia de produto é necessário criar e usar um mapa do fluxo do novo produto da empresa. Este mapa deve conter a plataforma dos produtos e seus derivativos que a empresa pretende desenvolver nos próximos dois anos. A diferença entre o sucesso ou não é os resultados obtidos pela aplicação das ferramentas de gerenciamento. É necessário ainda, construir uma estratégia para o produto sem provocar uma descontinuidade, preenchendo os intervalos com os derivativos do produto, como mostra a figura 2.3. É importante conhecer esta descontinuidade e os mercados existentes, e se prevenir das empresas entrantes.

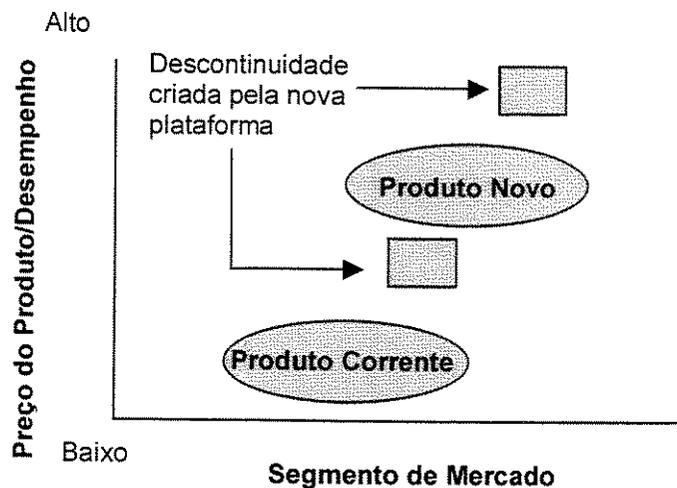


Figura 2.3. Mapa do fluxo de um novo produto (TABRIZI & WALLEIGH, 1997)

Esta descontinuidade criada pela nova plataforma pode ser minimizada se se incorporar alguns aspectos do produto novo no produto corrente antes do lançamento do produto. Isto ajuda a testar a recepção do mercado ao novo produto, bem como prevenir e antecipar alguns problemas do produto novo. Nota-se que é interessante fazer *upgrades* contínuos no produto

corrente, tornando mais suave a entrada do novo produto. Os produtos derivativos ajudam a preencher esta descontinuidade criada pela nova plataforma.

Por fim, é preciso obter boas informações do mercado. Procurar saber o que o mercado espera. Não fazer pesquisa de mercado apenas com os clientes atuais, e sim com os possíveis futuros clientes.

### **2.2.2. Organização do Projeto**

A organização para suportar o produto requer a criação de novas oportunidades de negócio para os novos mercados; a seleção de um time de definição da plataforma do produto; e a combinação de recursos durante o desenvolvimento da nova plataforma.

A empresa necessita garantir quatro elementos:

1. Disciplina – estabelecimento de marcos para o desenvolvimento de produtos derivativos;
2. Incentivos para o *marketing* e a engenharia quando conseguirem preencher a descontinuidade do mercado;
3. Alinhamento dos gerentes;
4. Recursos para o trabalho de desenvolvimento de produtos derivativos.

### **2.2.3. Execução durante o estágio de definição**

Para se garantir um bom resultado quando o produto for lançado, é necessário acompanhar o progresso do produto no mercado e acompanhá-lo durante a fase de lançamento, estabelecendo prioridades. É preciso desenvolver protótipos o mais cedo possível e ainda utilizar parceiros de desenvolvimento do produto, como por exemplo os fornecedores.

A tabela 2.1 apresenta o processo de definição de um novo produto.

Fatores	Plataforma de produtos novos	Produtos Derivados
Incerteza	Alta	Baixa
Definição das especificações	Especificações envolvem tempo extra antes da definição final	Especificações estão completas dentro de poucos dias
Pessoal do time inicial	Staff de apenas funcionários chaves	Staff completo com todos os funcionários envolvidos no desenvolvimento do produto
Marcos	Longos intervalos entre marcos	Pequenos intervalos entre marcos bem definidos

Tabela 2.1. Processo de definição de um novo produto (TABRIZI & WALLEIGH, 1997)

Um produto novo traz uma grande incerteza para a empresa quanto a sua recepção pelo mercado. Já um produto derivativo não traz tanta incerteza. Outra vantagem do produto derivado é a diminuição do tempo de especificação; um produto novo leva mais tempo para ser desenvolvido.

Usar a competição baseada no tempo é uma das estratégias mais poderosas. A redução do tempo de desenvolvimento do produto e da entrega de um novo produto, bem como a grande redução do inventário e do tempo de manufatura, é uma estratégia baseada no tempo. Comprimir o tempo tem efeito cascata na qualidade e no custo, resultando em um aumento de capacidade e em uma maior flexibilidade (LIGUS, 1997).

### 2.3. Aspectos financeiros do ciclo de desenvolvimento

Um aspecto muito relacionado com o fator tempo é o custo. No mercado atual os ciclos de desenvolvimento de produto estão encurtando. Produtos e processos são mais desenvolvidos, oferecendo maior valor para os clientes pelo mesmo preço que os produtos da geração anterior. As empresas precisam desenvolver os produtos rápida e precisamente.

O processo de desenvolvimento otimizado de um produto, efetivamente integra toda a empresa no conhecimento coletivo. A meta é maximizar a lucratividade do produto por todo o seu ciclo de vida. Para atingir esta meta, escolhas corretas devem ser feitas sobre aspectos do produto, funcionalidade, qualidade, e preço em um mercado dinâmico com competição elevada e maior necessidade dos clientes. As pessoas que são capazes de tomar decisões estão difundidas pela empresa: em *marketing*, finanças, engenharia, vendas, suprimentos, manufatura, serviço ao cliente, e até nos fornecedores da empresa.

Sob a ótica do cliente os elementos que compõem o custo do produto são: o custo de aquisição, o custo de operação, o custo de manutenção e o custo de descarte. O comportamento destes é consequência do projeto do produto, logo o foco da competição volta-se para o desenvolvimento de novos produtos, exigindo alto desempenho nesta fase. Tem-se, assim, definida o grau de competitividade da empresa na fase de projeto. É extremamente importante adiantar-se ao concorrente, com produtos diferenciados. Sendo que essa diferenciação deve ser buscada na própria capacidade de incorporar qualidade ao projeto do produto (CLARK & FUJIMOTO, 1991).

Existem algumas considerações significativas para compreender que a fase de projeto conceitual é a mais representativa no ciclo de desenvolvimento do produto para que seja incorporada qualidade (CLARK & FUJIMOTO, 1991). Inicialmente, os dados que podem ser observados na figura 2.4 indicam que é vantajoso dedicar-se à qualificação do produto na fase de projeto, pois a maior parcela dos custos do ciclo de vida do produto – 70% – é reflexo da fase de projeto. Nesta fase incorre-se em apenas 5% do custo total do produto. Portanto, o esforço para incorporar qualidade ao produto tem menor custo nesta fase e, por essa razão, maior impacto competitivo (BART & SCHNEBERG, 1992). Este fator de 70% pode ser alterado quando se considera os aspectos ambientais na fase de desenvolvimento do produto. Como a maioria dos custos de um novo produto é compromissada na fase de desenvolvimento, as alternativas de manufatura influenciam somente uma pequena parcela do custo total do produto.

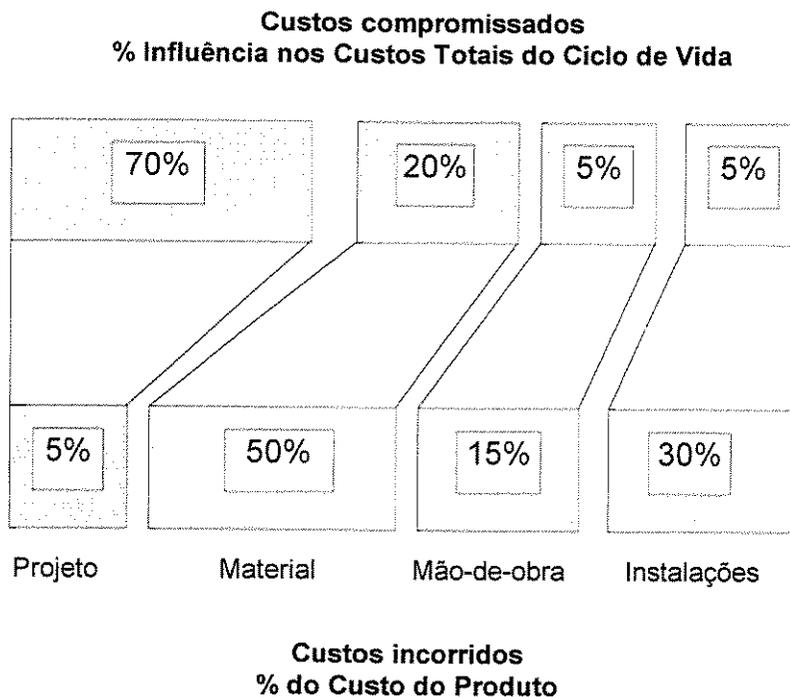


Figura 2.4. Custos comprometidos vs. Custos incorridos (BART & SCHNEBERG, 1992)

A importância desta colocação fica evidenciada pelo tempo de lançamento do produto. Quando os problemas são identificados e resolvidos com certa antecedência, é obtida uma redução de mais de 50% das alterações, reduzindo os tempos de manufatura e de resposta às necessidades do consumidor e, portanto, gerando competitividade. Além disso, é importante considerar e evitar o efeito crescente do aumento de custo de alteração no produto em relação aos seus estágios de desenvolvimento. O atraso na detecção de problemas representa um aumento do custo de alteração, que cresce em progressão geométrica de razão 10 (CLARK & FUJIMOTO, 1991). Logo, observa-se que os custos de alteração aumentam ao longo do ciclo de desenvolvimento, pois a cada alteração, um número maior de decisões já tomadas pode ser invalidado. Além disso, o processo de desenvolvimento seqüencial faz com que o número de alterações ocorra muito tardiamente. Com isso, pode-se concluir que decisões de projeto não acertadas, especialmente aquelas tomadas no início do desenvolvimento, causam um grande impacto sobre o custo do ciclo de vida do produto. É importante que logo no início do projeto se considerem todos os elementos do ciclo de vida do produto, incluindo qualidade, custo, programação da produção, manutenção, uso do cliente e os impactos ambientais. Um exemplo

típico de alto custo de alteração é o de peças forjadas. Caso seja necessária uma alteração em uma peça forjada de um produto que já foi lançado, ou seja, um produto que já está em produção, será necessário a construção de um novo ferramental. Estes ferramentais são de altíssimo custo, portanto terá aumentado o custo do ciclo de vida do produto.

BERLINER & BRIMSON (1992) afirmam que, em função da redução do ciclo de vida dos produtos, fica cada vez mais importante entender como este custo se relaciona com a lucratividade. Minimizar os custos dos produtos durante um período em particular, nem sempre resulta na redução dos custos totais do ciclo de vida. Uma perspectiva de longo prazo é necessária para registrar precisamente os custos dos produtos, que devem incluir dados atualizados relacionados com o ciclo de vida, além das informações contábeis regulares (BEUREN & SCHAEFFER, 1997).

Pode-se notar a importância do gerenciamento do custo ser realizado na fase de desenvolvimento do produto. Isto demonstra a descentralização do processo de gestão do custo.

Este processo possui quatro etapas, as quais estão descritas a seguir (COOPER, 1996):

1. Determinação do preço de venda através de pesquisa de *marketing*, análise do consumidor, e outras técnicas de pesquisa de preço;
2. Determinação da margem de lucro do novo produto;
3. Determinação do custo alvo, subtraindo a margem de lucro do preço de venda;
4. Uso da Engenharia de Valor na busca de metas no desenvolvimento do produto, para que quando este for manufaturado, possa atingir o custo alvo estabelecido.

Nesse contexto, aumenta a responsabilidade do projetista, pois sob o enfoque convencional, ao se desenvolver um novo produto eram consideradas condições básicas de sucesso: o custo, a qualidade, o desempenho na entrega, segurança, assistência técnica, inovação, etc. Atualmente, soma-se a todos esses fatores o respeito à natureza, porque, com a crescente conscientização da

população como um todo, está fadado ao fracasso – mesmo possuindo todas as qualidades desejáveis – um produto ecologicamente incorreto (FERROLI et al., 1997). Portanto, o desafio do projeto aumentou, e nesse novo enfoque a multi-disciplinaridade tornou-se, senão uma necessidade, pelo menos um recurso poderoso.

É necessário determinar como as despesas ambientais são alocadas para os produtos. O Custeio Baseado em Atividades e a técnica do Custeio do Ciclo de Vida são os fundamentos para alocação das despesas ambientais para o produto. Através da identificação dos custos de todas as atividades, a empresa pode caminhar para eliminação ou diminuição dos custos relacionados com aquelas atividades que não agregam valor ao produto.

#### **2.4. Consideração dos aspectos ambientais na fase de desenvolvimento**

Convencionalmente, os projetistas utilizam sua criatividade para desenvolver métodos mais econômicos, estruturas mais leves e resistentes, máquinas menores e mais compactas, meios de locomoção mais rápidos e seguros, linhas de montagem automatizadas, etc. Porém, isto ocorreu em decorrência da herança deixada pelos antigos projetistas, que viviam na época em que enormes chaminés soltando fumaça ou canalizações despejando produtos químicos nos rios significavam o avanço do progresso. “Nada podia deter o progresso”, se comentava na época. A questão ambiental não era considerada pelo projetista. Algumas vezes esta questão era considerada na etapa do planejamento do mercado, ou no planejamento do consumo ou ainda apenas no planejamento da obsolescência, quando deveria ser uma das preocupações principais desde o projeto preliminar (FERROLI et al., 1997).

A criatividade deve estar presente em todo o ciclo de vida do produto, incluindo gerenciamento, *marketing*, vendas, manufatura, etc. Entretanto, é na fase de projeto conceitual que ela mais se evidencia e se faz necessária.

Quando todos os projetistas não consideravam aspectos ambientais, do ponto de vista econômico, não havia maiores problemas para a empresa, mas agora o cenário mudou. Empresas já passaram pela experiência de lançar no mercado um produto “perfeito”, mais barato, com inovações, com *design* moderno, seguro e perder o mercado para a concorrência em virtude de

ser agressivo à natureza. Portanto, desde a concepção da idéia, o projetista deve ter em mente as implicações ecológicas que o produto tem, pois seus concorrentes podem usar, e certamente usarão, essas implicações para transformar o lançamento de um produto em um fracasso de vendas.

O projetista tem aumentado sua responsabilidade, pois devem ser consideradas as regulamentações e restrições ambientais durante os estágios do ciclo de vida – produção, uso e descarte, como mostra a figura 2.5.

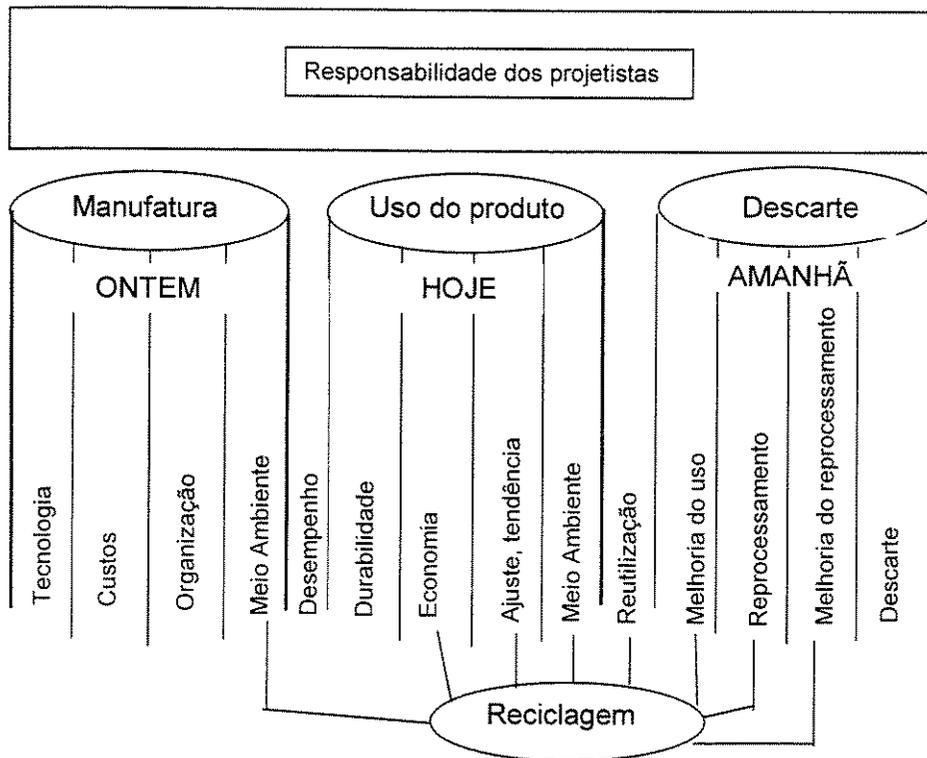


Figura 2.5. Responsabilidade dos projetistas (WESTKÄMPER & OSTEN-SACKEN, 1998)

É preciso, pois, ponderar entre os lucros a curto prazo e as implicações ambientais a longo prazo. Cada vez mais o consumidor tem consciência de que o produto deve ser não-poluente. Logo, o projetista deve estar alerta para o que esta situação implica em termos de custo, desperdício e reprojeto.

Nesse caso, é importante que o projetista tenha disponível, como ressaltam OLESEN & KELDMANN (1993), ferramentas ambientalmente orientadas, que possam capacitá-lo a deixar as decisões ambientais seguirem a seqüência normal no desenvolvimento de novos produtos, criando um balanceamento certo entre as propriedades ambientais e as outras propriedades do produto. Uma dessas ferramentas consiste em formular questões orientadas para o meio ambiente desde a fase do reconhecimento de uma necessidade – que gera a idéia de um novo produto, até a etapa de detalhamento desse novo produto. Por exemplo, a escolha do tipo de material de um novo produto deve ser acompanhada de um planejamento não só da obtenção deste material, como também de sua vida útil, nas implicações ambientais causadas durante seu uso, seu descarte e nas implicações ambientais decorrentes de seu descarte.

A importância da questão ambiental já está sendo um dos temas principais das estratégias de manufatura idealizadas pelos Sistemas de Gestão da Produção, conforme comentam CORRÊA & GIANESI (1994), quando afirmam que uma das causas atuais para replanejamento estratégico é novas legislações de proteção ambiental que venham a restringir a venda de um determinado produto. Isso pode ser encarado por uma empresa como uma ameaça ou uma oportunidade. Ameaça no caso da empresa ser incapaz de adaptar-se a nova situação, ao passo que se esta conseguir sair na frente na corrida ambiental, terá uma fantástica oportunidade para impor-se no mercado e conquistar novos consumidores.

A busca por produtos ecologicamente corretos aliada a fatores importantes como barreiras alfandegárias ou geração de blocos econômicos, altera os limites da competitividade das empresas. Isto gera uma série de abordagens que poderá servir de base para uma adaptação, de acordo com o tipo específico de empresa. Esta preocupação ecológica traz conseqüências diretas sobre a atividade de projeto, já que é bem mais simples alterar um produto em fase de criação, do que procurar contornar os problemas ambientais decorrentes deste produto depois de comercializado, instalado ou em funcionamento.

A qualidade do projeto do produto não é mais um fator isolado no ciclo de vida deste, mas é a qualidade, sobre todos os fatores, que determinam a satisfação do consumidor. O desenvolvimento de produtos ecologicamente corretos tornou-se hoje um dos principais desafios da engenharia. No momento em que a palavra emissão zero passe a fazer parte da política das

empresas, assim como os termos zero defeito, *lead time* zero, estoque zero, projetar se tornará uma atividade muito mais complexa, exigindo um interesse maior com a questão ambiental no projeto conceitual.

A explicação da afirmação anterior resume-se na própria filosofia da emissão zero, que caracteriza, segundo PAULI (1996), a completa ausência de resíduos líquidos, gasosos ou sólidos, onde os elementos entrantes no processo são usados na produção.

Emissão Zero não significa fabricar um produto sem rejeito, o que pela Segunda Lei da Termodinâmica é impossível, mas sim, desenvolver um método de aproveitar esse rejeito em outro processo. Em outras palavras, as empresas trabalharão em uma espécie de rede, onde a segunda utilizará como insumo os refugos da primeira, a terceira utilizará como insumo os refugos da segunda e assim sucessivamente. Logo os produtos terão de ser projetados, planejando no que poderão ser utilizados seus rejeitos.

A consideração de preservar o meio ambiente é um fator qualitativo do projeto do produto, e pode-se dizer estratégico, com uma importância significativamente crescente, em âmbito mundial.

Segundo PORTER & VAN DER LINDE (1995), as empresas necessitam reconhecer a poluição em termos de desperdícios e diminuição de valor para o consumidor. Essa nova visão da poluição como ineficiência na gestão de recursos lembra a revolução da qualidade nos anos 80. Há alguns anos atrás os executivos acreditavam que investir em qualidade era caro, porque viam os defeitos como algo inevitável e não como uma deficiência no processo. Hoje, está disseminado o conceito de que as inovações podem não só melhorar a qualidade como reduzir custos.

KELDMANN (1995) comenta que substanciais melhorias, tanto em níveis ambientais quanto comerciais, requerem mudanças na concepção dos produtos e dos seus sistemas, já que na fase da concepção há um alto grau de liberdade para que ocorram estas mudanças. Esses melhoramentos somente são conseguidos através da pesquisa por melhores materiais, métodos de produção mais eficientes e melhor aproveitamento de recursos naturais. Isto deve ser realizado na fase da concepção do produto.

Em virtude disso, surge uma fronteira interessante de estudo, a tentativa de desenvolvimento de uma abordagem interativa da avaliação econômica de impactos ambientais, da mesma forma como fizeram as agências financiadoras nos anos 70, com vistas à estruturação de uma metodologia para avaliação econômica de impactos ambientais de projetos.

## **2.5. Pesquisa de campo exploratória: relação empresa/ISO 14.000**

Este tópico se insere neste capítulo, pois esta pesquisa exploratória veio como suporte para definir os caminhos da revisão bibliográfica.

Para se obter um melhor resultado do trabalho, realizou-se uma pesquisa exploratória junto a empresas. Esta pesquisa, junto com a análise preliminar apresentada anteriormente, serviu para contextualizar e auxiliar na construção da metodologia da tese. Com isto tornou-se possível unir os estudos teóricos com o que está sendo utilizado nas empresas, tornando este um trabalho de interesse acadêmico e prático.

### **2.5.1. Objetivo e apresentação da pesquisa**

Esta pesquisa teve dois objetivos. O primeiro foi conhecer que tipo de preocupação as empresas têm sobre aspectos ambientais. Esta primeira etapa da pesquisa foi realizada através do envio de um questionário composto de sete perguntas. As três primeiras perguntas buscam um enfoque mais geral, abordando aspectos de certificação ambiental ISO 14.000. As quatro últimas buscam um aspecto mais específico, procurando conhecer em que estágio de conhecimento as empresas estavam sobre a metodologia da Avaliação do Ciclo de Vida, bem como a preocupação de se considerar aspectos ambientais na fase de desenvolvimento. Esta primeira fase da pesquisa não teve como objetivo fazer um levantamento estatístico, mais sim estabelece um canal de comunicação com as empresas.

O segundo objetivo da pesquisa foi o enriquecimento do modelo a ser proposto. Para isto se subdividiu esta segunda etapa. Primeiramente, foram esclarecidas algumas dúvidas sobre as respostas, já que muitas respostas foram ricas em comentários e exemplos. Posteriormente, foi

enviado o resultado da pesquisa junto com o modelo proposto. Algumas empresas comentaram o resultado e o modelo. Com estas respostas foi possível enriquecer a metodologia proposta que será apresentada no capítulo 4.

Esta pesquisa foi realizada através de envio de questionários via correio e email. Foram enviados 68 questionários, dos quais foram recebidas 21 respostas, ou seja, teve-se 39 % de taxa de retorno.

Foram escolhidas empresas que tinham problemas com descarte dos resíduos de produção ou com o descarte do produto final. Foram consultadas listas de clientes de consultorias de gestão ambiental para facilitar a escolha.

As empresas foram divididas em setores econômicos, como mostra a tabela 2.2.

Tipo de empresa	Segmento	Enviado		Respondido	
Mineradora	Indústria de Base	2	2,9%	0	0,0%
Papel/Madeira	Indústria de Base	4	5,9%	2	9,5%
Petroquímica	Indústria de Base	8	11,8%	3	14,3%
Química	Indústria de Base	6	8,8%	1	4,8%
Siderúrgica	Indústria de Base	4	5,9%	2	9,5%
<i>Subtotal</i>		<b>24</b>	<b>35,3%</b>	<b>8</b>	<b>38,1%</b>
Documentos	Outros	1	1,5%	0	0,0%
Embalagens	Outros	1	1,5%	0	0,0%
Proteção Ambiental	Outros	1	1,5%	0	0,0%
Serviços	Outros	3	4,4%	0	0,0%
Têxtil	Outros	1	1,5%	1	4,8%
<i>Subtotal</i>		<b>7</b>	<b>10,3%</b>	<b>1</b>	<b>4,8%</b>
Aviação	Partes e Peças	1	1,5%	1	4,8%
Autopeças	Partes e Peças	3	4,4%	2	9,5%
Eletrônica	Partes e Peças	7	10,3%	1	4,8%
Informática	Partes e Peças	2	2,9%	0	0,0%
Mecânica	Partes e Peças	1	1,5%	0	0,0%
Montadora	Partes e Peças	5	7,4%	3	14,3%
Telecomunicações	Partes e Peças	3	4,4%	1	4,8%
<i>Subtotal</i>		<b>22</b>	<b>32,5%</b>	<b>8</b>	<b>38,0%</b>
Alimentos/Bebidas	Processos	3	4,4%	1	4,8%
Cosméticos	Processos	1	1,5%	0	0,0%
Farmacêutica	Processos	6	8,8%	1	4,8%
Fotografia	Processos	1	1,5%	0	0,0%
Multi-indústria	Processos	4	5,9%	2	9,5%
<i>Subtotal</i>		<b>15</b>	<b>22,0%</b>	<b>4</b>	<b>19,0%</b>
<b>Total</b>		<b>68</b>	<b>100,0%</b>	<b>21</b>	<b>100,0%</b>

Tabela 2.2. Resultado da pesquisa

As perguntas foram as seguintes:

*Pergunta n.º 1: Sua empresa está familiarizada com o termo ISO 14.000?*

Esta pergunta teve como objetivo saber se a empresa conhece o termo ISO 14.000, e avaliar a penetração desta norma setorialmente.

*Pergunta n.º 2: A empresa é certificada?*

*Pergunta n.º 3a: Há quanto tempo?*

Esta pergunta tentou apontar se esta preocupação é recente ou se reporta há algum tempo.

*Pergunta n.º 3b: Qual o tempo de preparação?*

Esta pergunta teve como objetivo quantificar o esforço necessário para se adequar aos requisitos da norma.

A segunda parte das perguntas procurou mais especificamente conhecer o interesse das empresas na metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida. Assim como o interesse de se desenvolver produtos com enfoque ambiental. As perguntas são as seguintes:

*Pergunta n.º 4: A empresa está familiarizada com o termo Avaliação do Ciclo de Vida?*

Esta pergunta teve como objetivo saber se a empresa conhece o termo Avaliação do Ciclo de Vida, e avaliar a penetração deste conceito.

*Pergunta n.º 5: Para que é usada a Avaliação do Ciclo de Vida?*

Com as respostas desta pergunta pode-se enriquecer o modelo proposto.

*Pergunta n.º 6: Quais os resultados até o momento?*

Conhecer os resultados obtidos pelas empresas para se poder comparar e avaliar o que realmente é importante ser considerado no desenvolvimento da metodologia.

*Pergunta n.º 7: No desenvolvimento do produto é levado em conta algum aspecto ambiental?*

Avaliar o peso das considerações dos aspectos ambientais na fase de desenvolvimento.

## 2.5.2. Resultado da pesquisa

As tabelas abaixo mostram o resultado da primeira fase da pesquisa.

A pergunta número 1 sobre a familiarização a norma ISO 14.000 apresentou o seguinte resultado, mostrado na tabela 2.3.

	PARTES E PEÇAS	INDÚSTRIA DE BASE	PROCESSOS	OUTROS
SIM	89%	100%	100%	100%
NÃO	11%	0%	0%	0%

Tabela 2.3. Resultado da pergunta 1

Este resultado mostra um grande número de respostas positivas, pois o questionário foi enviado para grandes empresas, e empresas que tinham produtos com algum problema de descarte final, ou empresas com processos geradores de grande quantidade de resíduos.

A pergunta número 2 sobre a certificação apresentou o seguinte resultado, mostrado na tabela 2.4.

	PARTES E PEÇAS	INDÚSTRIA DE BASE	PROCESSOS	OUTROS
SIM	56%	100%	25%	100%
NÃO	44%	0%	0%	0%
NÃO/SISTEMA PRÓPRIO	0%	0%	75%	0%

Tabela 2.4. Resultado da pergunta 2

Pode-se notar que as empresas de processos não têm grande interesse em se certificar pela ISO 14.000. Estas empresas possuem seus próprios sistemas de qualidade ambiental que dos seus pontos de vista, são melhores que a ISO 14.000.

A pergunta número 3a sobre o tempo de certificação, apresentou o seguinte resultado, mostrado na tabela 2.5.

	PARTES E PEÇAS	INDÚSTRIA DE BASE	PROCESSOS	OUTROS
1 ANO	80%	20%	--	100%
2 ANOS	20%	60%	--	0%
3 ANOS	0%	20%	--	0%

Tabela 2.5. Resultado da pergunta 3a

Na indústria de partes e peças a maioria das empresas já possui certificação há um ano. O que se pode notar também nas indústrias classificadas como outros. Com isto, percebe-se que este assunto só ganhou interesse recentemente. Esta pesquisa foi realizada entre os anos de 1998 e 1999.

A pergunta número 3b sobre o tempo necessário para se obter a certificação, apresentou o seguinte resultado, mostrado na tabela 2.6.

	PARTES E PEÇAS	INDÚSTRIA DE BASE	PROCESSOS	OUTROS
10 MESES	0%	--	--	0%
12 MESES	50%	--	--	0%
15 MESES	50%	--	--	100%

Tabela 2.6. Resultado da pergunta 3b

O processo de certificação leva em torno de um ano a um ano e meio, como se pode concluir através das respostas a pergunta 3b.

A pergunta número 4 sobre a familiarização a técnica de Avaliação do Ciclo de Vida, apresentou o seguinte resultado, mostrado na tabela 2.7.

	PARTES E PEÇAS	INDÚSTRIA DE BASE	PROCESSOS	OUTROS
SIM	78%	83%	25%	100%
NÃO	22%	17%	75%	0%

Tabela 2.7. Resultado da pergunta 4

Pode-se notar que a maioria das empresas conhece o termo Avaliação do Ciclo de Vida.

A pergunta número 5 sobre a utilização da Avaliação do Ciclo de Vida, apresentou o seguinte resultado, mostrado na tabela 2.8.

	PARTES E PEÇAS	INDÚSTRIA DE BASE	PROCESSOS	OUTROS
Em análise	14%	0%	0%	0%
Desenvolvimento de produto	57%	0%	0%	0%
Avaliação do impacto e melhorias de oportunidades	29%	66%	100%	100%
Obtenção de selo verde	0%	34%	0%	0%

Tabela 2.8. Resultado da pergunta 5

As empresas estão usando sua certificação, na maioria das vezes como mais uma ferramenta de *marketing*. Esta foi uma conclusão retirada das respostas a esta pergunta. Elas ainda não realizaram uma Avaliação de Ciclo de Vida.

Como resposta à pergunta 6 sobre os resultados atingidos, observou-se que todas as empresas estão procurando reduzir o consumo de água e energia, ou seja, a entrada de recursos do sistema.

Novamente, encontrou-se aqui uma resposta unânime para pergunta 7 sobre a utilização da Avaliação do Ciclo de Vida no desenvolvimento do produto. Todas as empresas estão procurando considerar aspectos ambientais na fase de desenvolvimento do produto.

O resultado da segunda parte da pesquisa está incorporado na apresentação da metodologia proposta. Seria complicado mostrar este resultado separadamente, pois esta etapa decorreu de forma informal, ou seja, por entrevistas não estruturadas.

## **2.6. Comentários Finais**

Neste capítulo foi realizada uma contextualização para conhecer como este assunto está sendo abordado. Para isto fez-se um estudo sobre a importância da fase de desenvolvimento do produto, levando-se em conta aspectos financeiros, ambientais e de mercado. Em seguida, foi apresentada uma pesquisa realizada junto a empresas e seus resultados. Esta pesquisa ajudou a contextualizar o assunto Avaliação do Ciclo de Vida e conhecer melhor como ele é tratado de forma prática.

No próximo capítulo é realizado um levantamento bibliográfico sobre os principais assuntos a serem abordados na metodologia proposta.

## **Capítulo 3**

### **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1. Introdução**

O presente capítulo apresenta em primeiro lugar, um histórico das questões ambientais. Em seguida, definem-se os termos gerenciamento ambiental, comparando as relações tradicional e atual entre as empresas e o meio ambiente; desenvolvimento sustentável e produção limpa. Posteriormente, enumera-se a série de normas ISO 14.000.

Em segundo lugar, os seguintes temas são tratados: Custeio Alvo, Custeio do Ciclo de Vida, Custeio Baseado em Atividades e os custos ambientais.

Em terceiro lugar são apresentadas algumas técnicas, tais como: Avaliação do Ciclo de Vida, Desdobramento da Função Qualidade e Engenharia de Valor.

Para finalizar, analisa-se a metodologia de Projeto Axiomático.

## **3.2. Gerenciamento Ambiental**

### **3.2.1. Histórico**

A Conferência sobre a Biosfera realizada em Paris, em 1968, mesmo sendo uma reunião de especialistas em ciências, marcou o despertar de uma consciência ecológica internacional. Contudo, o ambientalismo somente ganhou importância com a primeira Conferência da ONU sobre o Meio Ambiente (LONGARAY, 1996).

Em junho de 1972, em Estocolmo, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, por meio da Comissão Brundtland, estabeleceu um diálogo entre os países ricos e pobres sobre as questões ambientais. Naquela ocasião a poluição atmosférica e hídrica chegava a níveis alarmantes, sendo poucos os países que já tinham implementado ações concretas para reduzi-las. Ainda não havia uma adequada compreensão sobre as consequências. Havia um consenso de que o desenvolvimento não podia ser interrompido ou reduzido (REIS, 1995). Nesta década, a política ambiental das empresas dos países desenvolvidos limitava-se a incorporar tecnologias de depuração. Estas tecnologias, também conhecidas como técnicas de final de linha, não modificam o processo produtivo, apenas incorporam equipamentos antipoluentes aos já existentes. O documento final do evento, Declaração sobre Meio Ambiente Humano, resultou em uma agenda para a ação ambiental, contendo 23 princípios, então chamada de “Agenda 23”.

A partir dessa conferência, quase todas as nações industrializadas promulgaram legislações e regulamentações ambientais. Além disso, foram criados órgãos encarregados do meio ambiente para enfrentar de maneira mais eficaz a degradação da natureza.

Verificou-se então, uma forte oposição das empresas a qualquer forma de regulamentação. As normas, as taxas e os demais instrumentos de natureza similar, eram entendidos como obstáculos aos processos produtivos. As empresas alegavam a existência de incompatibilidade entre a responsabilidade ambiental delas e a maximização de lucros, entre a política ambiental e

o crescimento da atividade econômica. Essa resistência devia-se ao fato de que eram necessários investimentos em equipamentos despoluidores, que trariam aumento dos custos e um conseqüente aumento dos preços dos produtos da empresa. Com isso, as empresas se limitavam a cumprir as leis que prescreviam o controle ambiental.

Porém, a crise energética da década de 70 significou para muitos países uma busca por processos de produção poupadores de recursos naturais e energéticos. Os dois choques do petróleo ocorridos nessa década foram os principais responsáveis pela necessidade de contenção de energia e matéria-prima. Assim, as indústrias que estavam sendo pressionadas para incorporar equipamentos de despoluição aproveitaram a ocasião para repensarem seus processos de produção.

O processo de quantificação do uso do recurso e descarga de produtos no meio ambiente começou a ser reconhecido como Análise do Perfil dos Recursos e do Meio Ambiente (*Resource and Environmental Profile Analysis - REPA*), como praticado nos EUA. Na Europa foi chamado de Ecobalance. Com a formação de um público interessado, encorajando a indústria a disponibilizar informação acurada para o público e com a escassez de óleo no início dos anos 70, aproximadamente 15 REPAs foram criadas entre 1970 e 1975 (DEAN, 1998).

Nesse período, um protocolo ou metodologia de pesquisa padrão conduziu estes estudos em desenvolvimento. Esta metodologia de múltiplos passos envolve um número de hipóteses. Durante estes anos, as hipóteses e técnicas usadas suportaram consideráveis revisões feitas pela Agência de Proteção Ambiental (*Environmental Protection Agency - EPA\**) e representantes de indústrias, com um resultado que justificou as metodologias envolvidas.

A partir da década de 80, a ênfase passa para o ciclo de vida do produto - projeto, aquisição de matéria-prima, processo de fabricação, destinação do lixo industrial, até o descarte

---

\*EPA é uma agência americana que teve início em 1970, com a missão de proteger a saúde humana e salvaguardar o meio ambiente – ar, água e solo – do qual os seres vivos dependem.

final do produto, depois deste ter sido utilizado pelo consumidor. Fabricantes, fornecedores, distribuidores, consumidores devem observar os danos que seus produtos causam ao meio ambiente, em todos os estágios. Nesta fase o controle ambiental é integrado às práticas e aos processos produtivos, deixando de ser uma atividade de controle de poluição, passando a ser função da produção. O princípio básico passa ser o da prevenção. Ainda nessa década, a contaminação ambiental passou a ocupar posição de destaque nos meios de informação, devido a alguns acidentes de vulto, como o acidente na usina nuclear em Chernobyl, na então União Soviética; o acidente químico em Seveso, na Itália; o vazamento de gás letal em uma planta química em Bhopal, na Índia; entre outros. Cientistas constataram que a camada de Ozônio que circunda a Terra e a protege de algumas faixas de radiações solares estava sendo destruída. Desta forma, os temas ambientais passaram a fazer parte do dia-a-dia (LONGARAY, 1996).

Na década de 90, já consciente da importância de manter o equilíbrio ambiental e entendendo que o efeito nocivo de um resíduo ultrapassa os limites da área em que foi gerado ou é disposto, o homem começou a internalizar os custos da qualidade de vida em seu orçamento e pagar o preço de manter limpo o ambiente em que vive. A preocupação com o uso indiscriminado das matérias-primas escassas e não renováveis, a racionalização do uso da energia, o entusiasmo pela reciclagem, que combate o desperdício, impulsionaram autoridades governamentais e ecologistas a realizarem uma nova Conferência sobre o meio ambiente.

Sob essa perspectiva, nas comemorações do 20º aniversário da Conferência de Estocolmo, em junho de 1992, realizou-se no Rio de Janeiro a Conferência sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, ou como ficou conhecida a “ECO-92”. Participaram desta conferência mais de 150 países. O objetivo da Conferência do Rio seria avaliar como os critérios ambientais haviam sido incorporados nas políticas e no planejamento dos países desde a Conferência de Estocolmo. Desse encontro resultou a “Agenda 21” (LONGARAY, 1996).

A Agenda 21 reflete o consenso global e o compromisso político no seu nível mais alto, objetivando o compromisso ambiental. Constitui um plano de ação que tem como missão colocar em prática programas para frear o processo de degradação ambiental. Ela convoca as empresas a uma participação ativa na implementação dos programas de Gestão Ambiental, que levarão ao desenvolvimento sustentável.

A figura 3.1 faz um resumo da evolução da Gestão Ambiental.

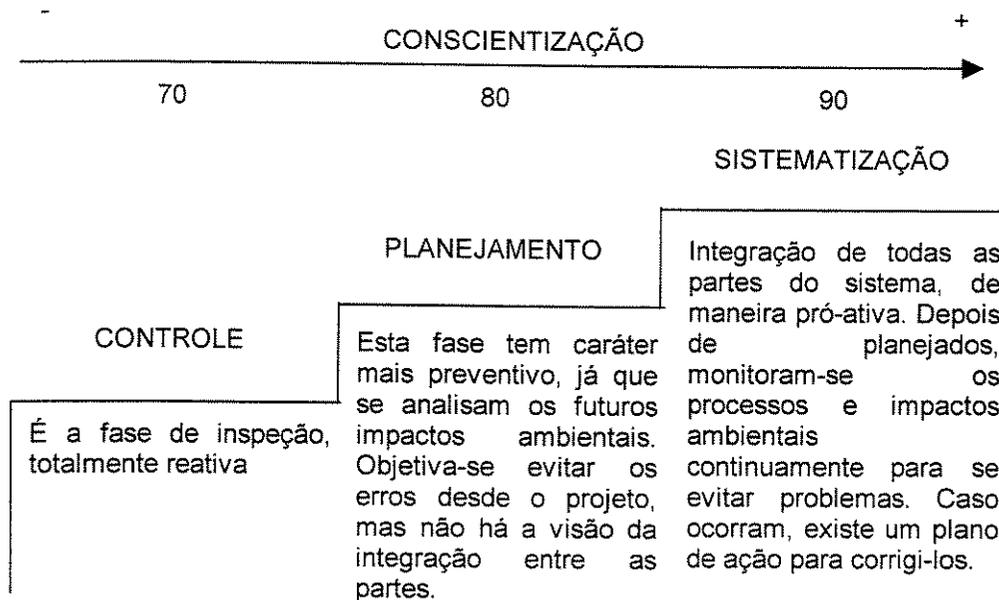


Figura 3.1. Evolução da Gestão Ambiental (HOJDA, 1997)

### 3.2.2. Caracterização do Gerenciamento Ambiental

Nos últimos 20 anos, assuntos ambientais têm ganhado reconhecimento. O público em geral tem começado a perceber que o consumo de produtos manufaturados e serviços, bem como atividades diárias da nossa sociedade, afetam o fornecimento de recursos naturais e a qualidade do meio ambiente (DEAN, 1998).

Devido ao rápido crescimento das atividades produtivas em escala global, surgem problemas ambientais como consumo de energia e recursos naturais, poluição do ar e do solo e grande quantidade de lixo gerada, tornando-se evidente a necessidade de buscar uma solução para esta sociedade industrializada.

Na grande maioria das empresas, as questões ambientais são ainda tratadas como mais um custo periférico e indesejável. As exigências legais e normativas são consideradas não

agregadoras de valor. Os dirigentes normalmente posicionam-se contrários às dotações orçamentárias destinadas ao tratamento preventivo das relações entre produção e meio ambiente (REIS, 1995).

O emprego das tecnologias limpas já disponíveis, nem sempre são atraentes sob o ponto de vista financeiro, pois pode afetar negativamente os resultados de uma empresa. Esta poderá ficar sem condições de competir em um mercado onde nem todos estão empregando tecnologia limpa, se as regras não forem uniformes.

Uma empresa que identifique nas questões ambientais uma vantagem competitiva, utilizará tal arma com vigor. Especialmente se fomentar no seio da comunidade que a abriga, uma oposição ao poluidor, mesmo que tal classificação esteja desprovida de sustentação técnica ou de amparo legal. A empresa que demonstrar que é ecologicamente correta pode utilizar isto como um agressivo elemento de *marketing*.

Logo, pode-se deduzir que existem algumas idéias sustentadas em relação ao meio ambiente que devem ser revistas, conforme mostra a tabela 3.1.

Fator	ANTES	ATUALMENTE
Competitividade	A responsabilidade ambiental vai contra a competitividade, uma vez que cria custos para as empresas.	A incorporação da gestão ambiental na estratégia global da empresa cria novas oportunidades de negócios.
Tipo de atividade e tamanho da empresa	A proteção do meio ambiente é um fator importante a ser considerado somente para as empresas grandes que realizam atividades altamente nocivas para o meio ambiente.	Todas as empresas, qualquer que seja sua atividade e tamanho devem incorporar, na medida do possível, a proteção ambiental em sua estratégia global, pois isto resultará em importantes vantagens competitivas.
Áreas envolvidas na gestão ambiental	A proteção do meio ambiente é função da produção.	A gestão do meio ambiente deve estar incorporada na estratégia global da empresa, envolvendo toda a organização.

Tabela 3.1. Mudança de enfoque no conceito de proteção ambiental (DIEZ & SILVEIRA, 1996)

O Gerenciamento Ambiental é um conjunto de rotinas e procedimentos que permite à organização administrar adequadamente as relações entre suas atividades e o meio ambiente que as abriga, atendendo às expectativas das partes interessadas.

O Gerenciamento Ambiental requer, como premissa, um comprometimento da alta direção da empresa e de seus acionistas com o estabelecimento de uma política ambiental claramente definida, que irá nortear as atividades da organização com relação ao meio ambiente. A política ambiental da empresa deve expressar, por conseguinte, seu compromisso ambiental formal, assumido perante a sociedade, definindo suas intenções e princípios com relação ao seu desempenho ambiental (LONGARAY, 1996).

Logo, a política ambiental da empresa pode adotar basicamente duas estratégias: a utilização de instrumentos de comando e controle, e o uso de instrumentos econômicos. A primeira consiste em impor aos agentes econômicos, normas para o acesso e o uso dos recursos naturais. Já os instrumentos de incentivo econômico procuram empregar sinais de mercado para induzir os agentes a usar eficientemente os recursos.

Os parâmetros ambientais devem ser considerados no planejamento estratégico, no processo e na disposição final do produto. Como visto anteriormente, as empresas começam a revisar algumas idéias em relação ao meio ambiente. As políticas ambientais das empresas utilizam os instrumentos de incentivo a proteção do meio ambiente como uma vantagem competitiva. A figura 3.2 faz uma comparação da relação tradicional e a atual entre as empresas e o meio ambiente.

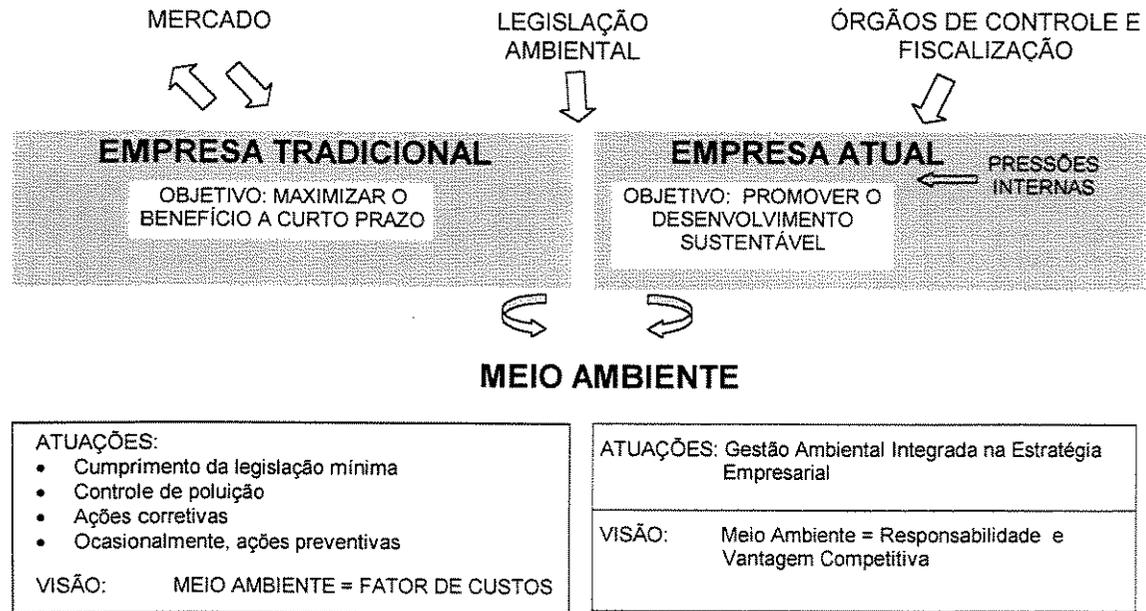


Figura 3.2. Comparação das relações tradicional e atual entre as empresas e o meio ambiente (DIEZ & SILVEIRA, 1996)

Muitas empresas estão se ajustando para atender aos requisitos de proteção ambiental, apresentando soluções para a redução do impacto de suas atividades no meio ambiente, e o uso adequado dos recursos naturais. Com isto, elas descobriram que não agredir o meio ambiente é economicamente viável. A política da indústria e do comércio tem o papel fundamental na redução do impacto ambiental e no uso dos recursos naturais, através de processos de produção limpa e procedimentos adequados durante todo o ciclo de vida do produto.

A aproximação entre ecologia e economia é irreversível. As empresas vêm percebendo que é mais barato fazer direito, desde o início, do que consertar depois, pois pode não haver conserto, o que levará a custos insuportáveis.

O Gerenciamento Ambiental possui dois enfoques, como se observa na figura 3.3. O primeiro é um enfoque na organização, onde se estabelece um sistema de gestão. Este sistema possui um módulo de avaliação do desempenho e outro de auditoria. O segundo é o enfoque no produto.

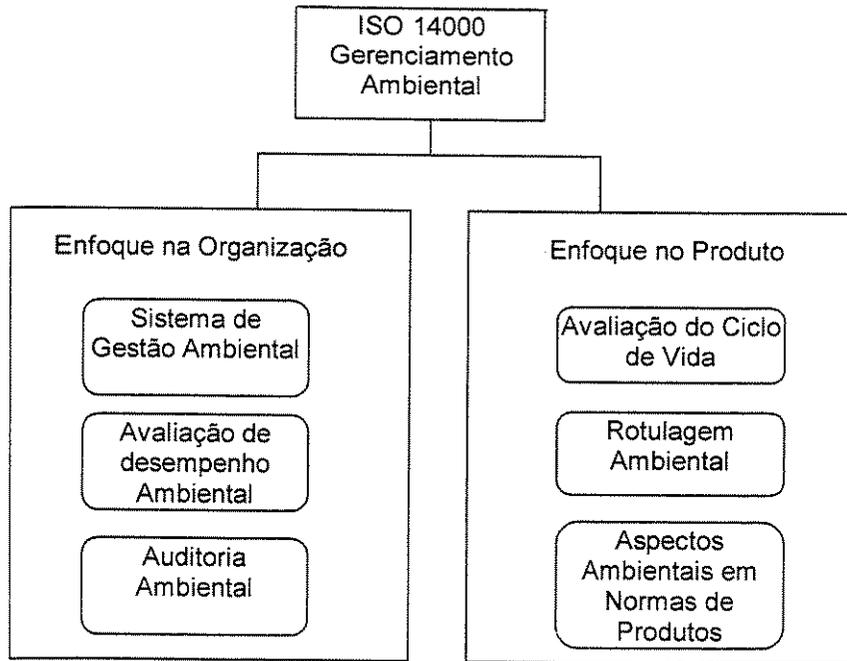


Figura 3.3. Enfoques do Gerenciamento Ambiental (REIS, 1995)

### 3.2.3. Desenvolvimento Sustentável

Na última década, o termo desenvolvimento sustentável tem estado em voga como uma necessária estratégia ambiental. Contudo, antes de conceituá-lo, faz-se necessário retornar a um passado recente, para compreender a origem do conceito.

Pode-se dizer que do final da 2ª Guerra Mundial até fins da década de 60, a questão sobre crescimento econômico restringiu-se aos indicadores de crescimento de produto real ou crescimento do produto real per capita. Dessa forma, os países desenvolvidos eram aqueles que possuíam maior taxa de crescimento de renda per capita. Os termos desenvolvimento e crescimento eram usados de forma indistinta, porém é necessário distinguir os dois termos.

Atualmente, entende-se por **crescimento econômico** o aumento contínuo do produto nacional em termos globais ao longo do tempo, enquanto **desenvolvimento econômico** representa não apenas o crescimento da produção nacional, mas também a forma como esta é distribuída social e setorialmente. O desenvolvimento econômico passou a ser complementado

por indicadores que expressam a qualidade de vida dos indivíduos: por um lado a diminuição dos níveis de pobreza, do desemprego e desigualdade; por outro lado a elevação das condições de saúde, nutrição, educação e moradia.

Apesar do termo **desenvolvimento econômico** ter representado uma evolução do conceito de **crescimento econômico**, ainda assim não contemplava a questão da degradação dos recursos naturais. O conceito de **desenvolvimento sustentável** foi criado para suprir esta lacuna.

A história desse termo se inicia em 1980, quando a UICN (União Internacional para a Conservação da Natureza) apresentou o documento da Estratégia de Conservação Mundial com o objetivo de alcançar o desenvolvimento sustentável através da conservação dos recursos vivos. O documento recebeu apoio do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (*United Nations Environment Programme* – UNEP), que buscou popularizar o conceito, apresentando seus princípios e conteúdo como sendo:

- A ajuda para os muito pobres, porque eles não têm opção a não ser destruir o meio ambiente;
- A idéia do desenvolvimento auto-sustentado, dentro dos limites dos recursos naturais, ou seja, a reutilização e reciclagem de produtos, reduzindo com isto o uso de matéria-prima “*in natura*”;
- A idéia de desenvolvimento com custo real, usando critérios econômicos não tradicionais, ou melhor, usando medidas de desempenho não financeiras;
- A noção de necessidade de iniciativas centradas nas pessoas.

Em 1983, a ONU (Organização das Nações Unidas) convocou uma comissão de alto nível. Durante três anos a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (*World Commission on Environment and Development* – WCED), mais conhecida como Comissão de Brundtland, levou a conhecimento público e estudou o problema. Seu relatório, “*Our Common Future*”, publicado em 1987, enfatizava a necessidade de estratégias de desenvolvimento em

todos países que reconhecessem os limites da habilidade do ecossistema em se auto regenerar e absorver os rejeitos dos produtos.

O relatório da Comissão de Brundtland estabeleceu a seguinte definição do termo desenvolvimento sustentável (TOSTES & FERNANDES, 1996):

“É o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente, sem comprometer as habilidades das futuras gerações de satisfazerem suas necessidades”.

Na definição formal de desenvolvimento sustentável estão inseridos dois conceitos de grande importância. O primeiro é o conceito das necessidades, que podem variar de sociedade para sociedade, mas que devem ser satisfeitas para assegurar as condições essenciais de vida a todos, indistintamente. O segundo conceito é o da limitação, que reconhece a necessidade de se desenvolver soluções tecnológicas que conservem os recursos limitados atualmente disponíveis e de permitir renová-los na medida em que eles sejam necessários às futuras gerações.

O relatório também descreveu o desenvolvimento sustentável como o desenvolvimento que satisfaz as necessidades básicas do mundo do pobre e aproxima a visão econômica com o impacto que a atividade humana causa ao meio ambiente.

Dentro dessa perspectiva, as organizações ganharam significativa importância no sentido de contribuir para o consenso social, pelo desempenho de uma prática empresarial sustentável, que visa orientar a mudança na direção estratégica, vislumbrando a conservação do meio ambiente.

#### **3.2.4. Produção Limpa**

É necessário, portanto, utilizar tecnologias e práticas gerenciais que minimizem os desperdícios durante o ciclo de vida do produto (SOUZA, 1993). O conceito de Produção Limpa (*Clean Production*) foi desenvolvido pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente e significa aplicar, de forma contínua, uma estratégia ambiental aos processos e produtos de uma

indústria, a fim de reduzir riscos ao meio ambiente e ao ser humano. Essa estratégia visa prevenir a geração de resíduos, em primeiro lugar, e ainda minimizar o uso de matérias-primas e energia. Seus principais objetivos são:

- Aumentar a eficiência;
- Prevenir a poluição do ar, água e solo;
- Reduzir os resíduos na fonte de produção;
- Minimizar os riscos para a população humana e o meio ambiente.

De acordo com a Agenda 21, a utilização de tecnologias limpas é um importante caminho a ser seguido para o alcance da sustentabilidade ecológica, porque introduz o incremento dos métodos de produção através de tecnologias e processos que utilizam recursos de forma eficiente, evitando resíduos. Torna-se então imprescindível a substituição das técnicas existentes por tecnologias, engenharia, *know-how*, e práticas gerenciais que reduzam ao máximo os resíduos durante o ciclo de vida do produto.

Adotar uma tecnologia limpa não significa dizer, entretanto, que as instalações de uma indústria existente tenham que ser inteiramente substituídas e sucateadas. Modificações localizadas, introduzidas em alguns setores críticos das instalações, quase sempre são soluções suficientes para a maioria das indústrias já implantadas.

Consolida-se a expressão Produção Limpa, como (FURTADO & FLEURY, 1996):

- Processo - atóxico, energia-eficiente, utilizador de materiais renováveis; extraídos de modo a manter a viabilidade do ecossistema e da comunidade fornecedora ou, se não-renovável, passíveis de reprocessamento atóxico e energia-eficiente; não poluidor durante todo o ciclo de vida do produto; preservador da biodiversidade da natureza e da cultura social, permitindo que gerações futuras possam atender suas necessidades.

- Produto - durável, reutilizável; fácil de desmontar e remontar; utilizador do mínimo de embalagem apropriada para distribuição, utilizando materiais reciclados ou recicláveis.

Para atender à abrangência conceitual, internacionalmente adotada, as atividades em Produção Limpa deverão incorporar quatro princípios fundamentais: princípio preventivo, princípio precatório, controle democrático das informações e visão holística ou integral.

O princípio preventivo estabelece a necessidade de se precaver contra a geração de resíduos na fonte. Aparentemente simples na forma de enunciar, requer considerável esforço e competência no projeto do produto e do processo. O princípio precatório, já adotado como instrumento jurídico em alguns países europeus, determina a necessidade de substituição de matérias-primas ou produtos para os quais existam indicações ou suspeita de efeitos prejudiciais ao ambiente ou ao homem - independentemente de prova ou certeza científica. O controle democrático das informações estabelece a necessidade de comunicação ambiental, de parte da indústria e do direito público de acesso às informações sobre riscos, efeitos e segurança de produtos e processos para o ambiente e saúde humana. A visão holística reforça o uso de métodos de Avaliação do Ciclo de Vida, da matéria-prima (em sua fonte), à destinação e manejo ambiental do produto, suas partes e embalagens, ao final da vida útil.

A minimização do uso de matérias-primas já permite, por si só, reduzir a massa de resíduos gerados, em razão da maior eficiência do processo e de técnicas de produção empregadas. Essa maior eficiência resulta, naturalmente, em menores desperdícios materiais e, conseqüentemente, em menor geração de resíduos. A racionalização do uso da energia, por sua vez, reduz a geração de gases e partículas, se forem utilizados combustíveis fósseis na central produtora de energia que é utilizada pela indústria sob forma de vapor, eletricidade e outros.

Com isso, a “causa verde” oferece à empresa oportunidades de adicionar valor, e possivelmente obter vantagem competitiva através da percepção pública favorável, economia de custos ou rendimentos adicionais, enquanto diminui os efeitos de seus produtos e processos produtivos no ambiente. Pode-se deduzir então, que tomar as providências necessárias antecipadamente, seja através da introdução de novos processos produtivos menos poluentes, seja na alteração das matérias-primas utilizadas na produção industrial, seja na modificação do

produto final, garantem a utilização eficaz dos recursos naturais e representam custos menores para as empresas.

A seguir, será apresentada com mais detalhe, a norma ISO 14.000. Esta norma tem como objetivo estabelecer padrões de qualidade ambiental, bem como, o gerenciamento do processo e do produto.

### **3.3. ISO 14.000**

A Organização Internacional de Normas (ISO – *International Standards Organization*), é uma organização não governamental fundada em 1947 para estabelecer normas internacionais que tratam de serviços. Atualmente, esta organização tem transferido a atenção das normas técnicas para área ambiental. A ISO formou um Grupo de Estratégia em Meio Ambiente em 1991 para examinar a necessidade de padronizar as práticas do gerenciamento ambiental. Em 1993, se formou um Comitê Técnico para estabelecer as normas de gerenciamento ambiental - ISO 14.000.

A norma ISO 14.000 está orientada para o processo e não para medidas de desempenho, como a norma QS 9.000. Ela descreve como os componentes do sistema de gerenciamento ambiental devem ser, e como este pode operar. A ISO 14.000 não estabelece nenhuma meta de desempenho, apenas descreve como a empresa deve fazer para estabelecer e atingir metas genéricas. Para isto, são necessários o comprometimento da alta gerência, a definição de responsabilidades, um plano de implementação, treinamento, procedimentos apropriados, documentação e autoria. A figura 3.4 ilustra o modelo de melhoria contínua proposto pela ISO.

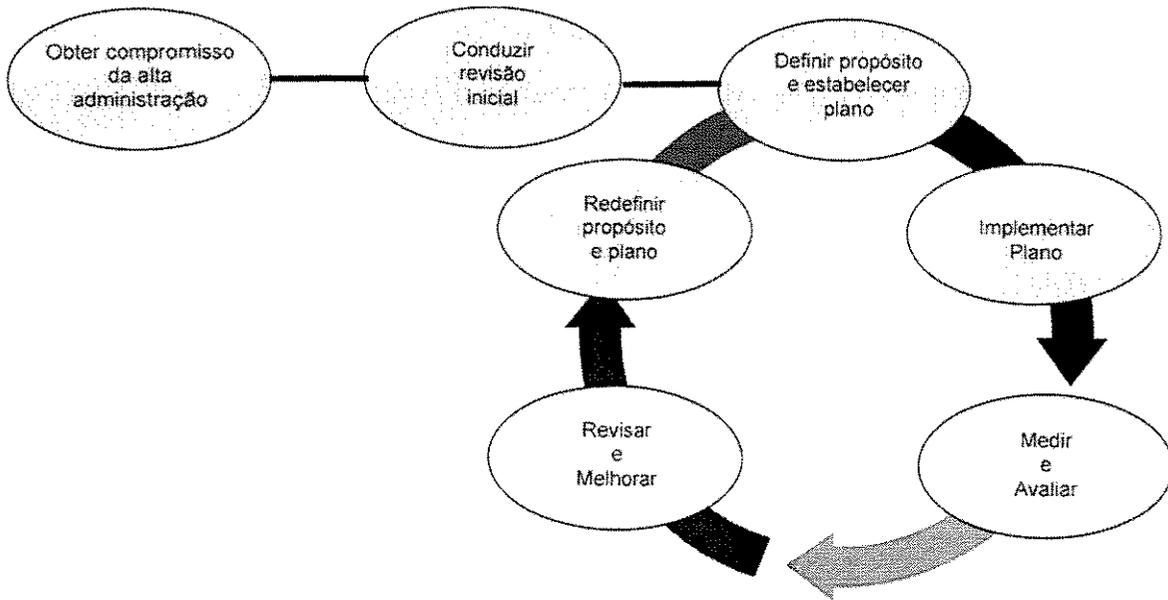


Figura 3.4. ISO 14.000 – Um modelo para melhoria contínua

O controle dos processos, neste ciclo, tem início através do comprometimento da alta administração com o Sistema de Gestão Ambiental. Segundo a ISO 14.000, a alta administração deve estabelecer a Política Ambiental definindo e implementando-a como uma diretriz do sistema e ainda estabelecendo metas e objetivos como forma de administrar e desenvolver o sistema.

Alcançar a certificação é um processo lento e árduo que requer numerosos recursos internos e um apoio externo significativo. Os custos de implementação da ISO 14.000 incluem: custo do consultor externo; custo do tempo do funcionário; possíveis custos de interrupção da operação ou queda temporária de eficiência da operação; recursos adicionais para criação de novos procedimentos e estrutura organizacional, e gastos com a certificação.

Porém, apesar dos gastos, a certificação traz muitos benefícios como a flexibilidade na regulamentação, pois as empresas certificadas estarão cumprindo às leis municipais, estaduais e federais. Dessa forma, será possível reduzir o seguro contra danos causados ao meio ambiente e o custo de empréstimos. Estas empresas terão, no Brasil, mais facilidades de conseguir recursos de órgãos como Banco Interamericano para Desenvolvimento (BID), Banco Mundial e Banco

Nacional de Desenvolvimento (BNDES). A certificação melhora ainda a relação entre acionistas e a comunidade em que a empresa está inserida. Além disso, as companhias que se certificarem primeiro, alcançarão um estado de fornecedor “preferido” e com isto ganharão uma vantagem competitiva significativa. Logo, terão possibilidade de atingir mercados restritos como o da comunidade Européia e de outros países desenvolvidos.

A série ISO 14.000 é um conjunto de seis normas que endereçam seis diferentes itens. Os três primeiros estão relacionados com a avaliação da organização (ISO 14.000, 1999):

### **3.3.1. Sistema de Gerenciamento Ambiental (*Environmental Management System* - EMS; ISO 14.001 e 14.004)**

Esta norma é composta pela especificação do sistema propriamente dito (ISO 14.001) e de um documento que auxilia o sistema (ISO 14.004) (WOODISE et al., 1998). Tem como característica formular um sistema de gerenciamento que permita:

- A identificação do significado dos impactos ambientais;
- A criação e comunicação da política ambiental da companhia;
- O desenvolvimento de planos e procedimentos ambientais;
- A revisão do sistema de gerenciamento;
- A inspeção e revisão do sistema.

O Sistema de Gerenciamento Ambiental é essencial para uma organização ter a capacidade de antecipar e atingir seus objetivos ambientais, e garantir contínua conformidade com os requisitos, especificações e normas.

Dos seis itens da norma, o Sistema de Gerenciamento Ambiental é a única norma usada com propósitos de certificação. Os outros cinco são guias para implementação do EMS e fornecem uma boa estrutura para melhoria do desempenho das atividades.

### **3.3.2. Auditoria Ambiental (*Environmental Auditing* - EA; ISO 14.010-12)**

Esta norma é subdividida em três partes. Na primeira parte aborda-se os princípios gerais da auditoria ambiental (ISO 14.010) que são:

- Objetividade, independência e competência;
- Cuidado profissional conveniente;
- Procedimentos sistemáticos;
- Critérios de auditoria, evidência, descobertas e relatórios; e
- Confiabilidade das descobertas e conclusões.

Na segunda parte são formulados os Procedimentos de Auditoria. A Auditoria do Sistema de Gerenciamento Ambiental (ISO 14.011) contempla as discussões destes procedimentos de auditoria para o planejamento e desempenho do sistema de gerenciamento ambiental.

A terceira subdivisão diz respeito aos Critérios de Qualificação de Auditores Ambientais (ISO 14.012).

### **3.3.3. Avaliação do Desempenho Ambiental (*Environmental Performance Evaluation* - EPE, ISO 14.031)**

A avaliação do desempenho ambiental possui uma abordagem baseada nos resultados verificados no EMS. Existem alguns meios que não o cumprimento de regulamentos, com os quais pode-se medir o desempenho ambiental, como a redução de rejeitos do produto e o uso

eficiente da matéria-prima. O ideal é a organização utilizar ferramentas para medir seu desempenho ambiental, incluindo indicadores de desempenho no sistema de gerenciamento ambiental.

A meta da avaliação do desempenho ambiental é dar a gerência uma ferramenta útil para gerar informações precisas, necessárias à medição e o rastreamento do desempenho ambiental permitindo que seus objetivos e metas sejam atingidos (TIBOR & FELDMAN, 1996).

As outras três normas, descritas a seguir, estão relacionadas a avaliação do produto.

### **3.3.4. Rotulagem Ambiental (*Environmental Labeling* - EL; ISO 14.020-24)**

A competição e o aumento da expectativa dos clientes tem forçado muitas organizações a fornecer informações ambientais sobre seus produtos e serviços através de gráfico ou textos e declarações no rótulo do produto. Os clientes poderão se utilizar destas informações para escolher o produto ou serviço.

Esta norma se divide em:

- Rotulagem Ambiental: Princípios Gerais (ISO 14.020)

Este documento fornece guias de metas e princípios que devem estruturar todos os programas e esforços de rotulagem ambiental.

- Rotulagem Ambiental e Declarações: Termos e Definições (ISO 14.021)
- Rotulagem Ambiental e Declarações: Símbolos (ISO 14.022)
- Rotulagem Ambiental e Declarações: Testes e Verificações (ISO 14.023)

Este documento (o qual combina as versões prévias das normas ISO 14021, ISO 14022 e ISO 14023 em um só documento) fornece um guia de terminologias, símbolos, metodologias de testes e verificação que uma organização deve usar na sua declaração ambiental.

- Rotulagem Ambiental e Declarações: Princípios e Procedimentos (ISO 14.024)

Este documento fornece os princípios e procedimentos que os programas de rotulagem ou selagem devem seguir quando desenvolvem critérios para um determinado produto.

### **3.3.5. Análise do Ciclo de Vida (*Life-Cycle Analysis - LCA*, ISO 14.040-43)**

Esta norma se divide em:

- Avaliação do Ciclo de Vida: Princípios e Estrutura (ISO 14.040)

Encontra-se em etapa de DIS (*Draft International Standard*), ou seja, projeto da norma internacional, última etapa para ser aprovada (ABARCA et al., 1997). Este documento fornece uma clara visão das práticas, das aplicações e limitações da LCA.

- Avaliação do Ciclo de Vida: Definição de Metas/Escopo e Análise de Inventário (ISO 14.041)

Encontra-se na etapa de WD (*Working Draft*), ou seja, está na fase de proposta do documento inicial, faltando passar por mais etapas até chegar a fase DIS, antes de ser aprovada. Este documento descreve os requisitos especiais e guias de preparação, condução e visão crítica da análise de inventário do ciclo de vida.

- Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida (ISO 14.042)

Encontra-se na fase de proposta de trabalho. Este documento fornece orientação para avaliar o impacto do ciclo de vida.

- Avaliação do Ciclo de Vida: Interpretações (ISO 14.043)

Encontra-se na etapa WD, ou seja, fase preliminar. Esta norma provavelmente não será aprovada, pois a ISO pretende incluir a fase referente a interpretações nas normas ISO 14.040, 14.041 e 14.042 (ABARCA et al., 1997).

### **3.3.6. Aspectos Ambientais na Padronização do Produto (*Environmental Aspects in Product Standards – EAPS, Guide 64, ISO 14.060*)**

Este item relaciona os esforços da ISO de desenvolver um guia padrão em como incorporar aspectos ambientais ou considerar estes aspectos no desenvolvimento de um produto.

Este trabalho abordará apenas à parte da norma ISO 14.000 relacionada com a Análise do Ciclo de Vida, ou seja, as normas ISO 14.040-43. Isto porque o objetivo deste trabalho é considerar os aspectos ambientais na fase de desenvolvimento. As normas que dizem respeito a Análise do Ciclo de Vida são as mais adequadas para se atingir este objetivo.

## **3.4. Custeio do Ciclo de Vida**

O conceito do ciclo de vida de um produto é muito útil para a explicação de como a competição evolui no mercado de um determinado produto.

Sistematicamente, segundo ERTEL et al. (1993), o ciclo de vida de um produto deverá ser considerado a partir da análise dos fatores: projeto, produção, aplicação, reciclagem e disposição ambiental, conforme tabela 3.2 (COLENCI, 1996).

<b>Projeto</b>	<b>Produção</b>	<b>Aplicação</b>	<b>Reciclagem</b>	<b>Disposição de Resíduos</b>
Planejamento do Produto	Requisitos de Material	Primeira utilização	Coleta	Registro de resíduos
Projeto/Seleção de Materiais	Fabricação, controle de qualidade	Utilização em regime	Recuperação para uso	Disposição convencional
Desenvolvimento do Projeto do Produto	Documentação do produto	Manutenção e reparos	Reciclagem	Disposição especial
Informações da Produção	Embalagem e Distribuições	Desmontagem e retorno		Documentação

Tabela 3.2. Visão panorâmica do planejamento do ciclo de vida do produto considerando a compatibilidade ambiental (ERTEL et al., 1993)

Existem três visões importantes dos estágios da vida de um produto ou serviço. O ciclo de vida na visão do fabricante, mercado e cliente (OSTRENGA et al., 1993), como esquematizado na tabela 3.3.

<b>Visão do fabricante</b>	<b>Visão mercadológica</b>	<b>Visão do cliente</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigação da viabilidade e projeto do conceito</li> <li>• Projeto detalhado</li> <li>• Produção de protótipos</li> <li>• Produção inicial</li> <li>• Produção e/ou prestação plena</li> <li>• Serviços pós-vendas</li> <li>• Retirada ou abandono</li> <li>• Desmontagem</li> <li>• Reciclagem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lançamento</li> <li>• Crescimento</li> <li>• Maturidade</li> <li>• Declínio/Abandono</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Custo inicial de compra</li> <li>• Custo de operação e manutenção do produto ou serviço</li> <li>• Custo de alienação do item ou de descontinuação do serviço</li> <li>• Tempo de vida útil</li> <li>• Valor da posterior venda</li> </ul>

Tabela 3.3. Visões do fabricante, mercado e cliente do ciclo de vida de um produto

Na tabela 3.4. é possível observar como se comportam os parâmetros financeiros - venda, lucro, investimento e Retorno Sobre o Investimento (*Return On Investment* - ROI) - durante as diversas fases do produto.

	Lançamento	Crescimento	Maturidade	Declínio
<b>Venda</b>	baixo	crescente	estável	decrecente
<b>Lucro</b>	baixo	crescente	estável alto	decrecente
<b>Investimento</b>	alto	crescente	estável baixo	decrecente
<b>ROI</b>	baixo	crescente	crescente	decrecente

Tabela 3.4. Parâmetros financeiros do ciclo de vida de um produto

Existe uma grande diferença entre projetar para o custo e projetar o custo, como mostrada na tabela 3.5.

<b>Projetar para o custo</b>	<b>Projetar o custo</b>
Reduzir desempenho até atingir o orçado	Incremento no desempenho enquanto reduz custo
Reduzir qualidade	
Reprojeto e retrabalho	Projetar uma e somente uma vez
Foco no custo	Foco no processo de desenvolvimento
Processo de direcionamento do gerenciamento	Processo de direcionamento da engenharia
	Simplicidade do produto e processo
	Reduzir o custo do ciclo de vida

Tabela 3.5. Comparação do Projeto para o Custo *versus* Projeto do Custo

Uma abordagem para projetar o custo consiste dos seguintes elementos:

- Conhecimento da necessidade do cliente e do preço competitivo requerido pelos participantes chaves do processo de desenvolvimento;

- Estabelecimento e definição do custo alvo em um nível onde o custo pode ser efetivamente gerenciado;
- Compromisso do pessoal de desenvolvimento com o custo alvo e com o orçamento do desenvolvimento;
- Modelo do custo do produto e custo do ciclo de vida para projetar o custo o mais cedo possível e suportar as decisões tomadas;
- Entendimento dos direcionadores de custo;
- Uso da análise de valor para entender as funções essenciais do produto e identificar quais são as com maior oportunidades de promover uma redução de custos;
- Uso do Custeio Baseado em Atividades para prover melhores dados de custo.

Existem algumas metodologias que podem auxiliar no projeto do custo, como por exemplo: Custeio Alvo e Custeio Baseado em Atividades. Estas metodologias serão analisadas a seguir.

### 3.4.1. Custeio Alvo

Esta é uma técnica de *Benchmarking*\* que aborda o custo do produto ao longo de todo o seu ciclo de vida. O processo do custeio alvo proporciona informações à empresa sobre as metas que precisam ser estabelecidas para o custo, a qualidade e o tempo.

O custo alvo é freqüentemente associado aos métodos japoneses de custos. Por meio dessa técnica, determina-se o custo “máximo” de um produto, levando em conta sua participação de

---

\*Segundo GIFFI et al. (1990), *Benchmarking* é a comparação do desempenho de uma empresa em fatores críticos de sucesso com o desempenho de outras empresas.

mercado projetada e a margem de lucro. Entretanto, para se desenvolver um produto específico, com características específicas e que não custe mais que um determinado valor é necessário responder algumas questões (OSTRENGA et al., 1993):

- Qual é o produto ou serviço e que parcela do mercado se pretende conquistar?
- Que características são necessárias e qual o preço de venda para que se alcance uma participação de mercado visada?
- Qual é o lucro desejado e, portanto, qual é o custo máximo permitido?
- Como se pode atingir esse custo e quanto tempo se levará para atingi-lo?

Logo após conhecer o desejo do cliente é importante responder a seguinte pergunta: Como o produto pode ser feito a um custo que dê um retorno desejável? Esta é a pergunta que o Custeio Alvo tenta responder.

Nos últimos 15 anos, as companhias aprenderam que a qualidade deve ser projetada antes do produto ser manufaturado. Atualmente, muitas companhias estão atentas a essa mesma lógica para determinar o preço de seus novos produtos. Antes de uma empresa lançar um produto (ou família de produtos), os gerentes determinam o preço ideal de venda, estabelecem como atingir esse preço, e então controlam os custos para assegurar que esse preço seja atingido. Eles usam um processo de gerenciamento de custo conhecido como Custeio Alvo. A lógica do custeio alvo é simples. Analisando o mercado futuro, a organização mapeia os segmentos de clientes e estabelece como meta o mais atrativo. Determina-se qual nível de qualidade e funcionalidade para cada segmento e predetermina-se o preço meta (e o volume e a data de lançamento), como mostrado na figura 3.5.

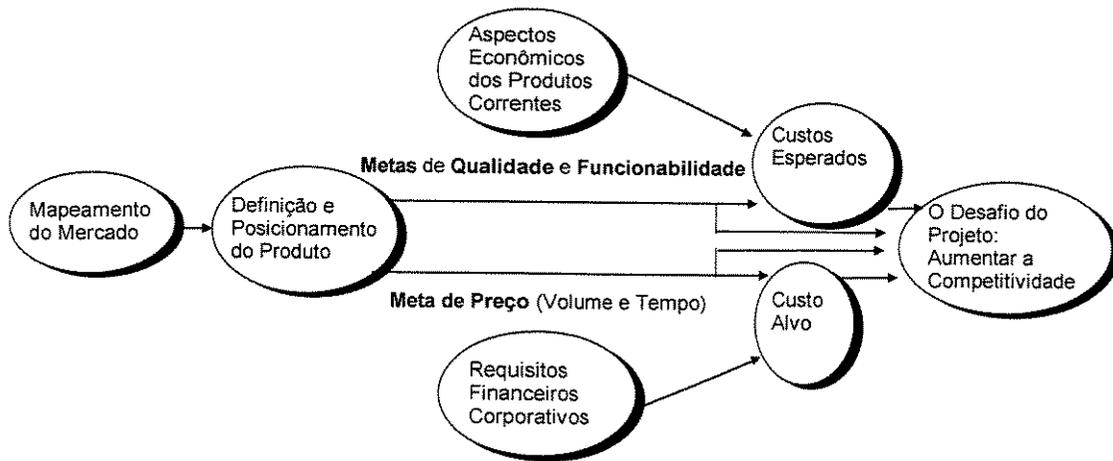


Figura 3.5. Processo de Custeio Alvo (COOPER & CHEW, 1996)

Para melhorar a capacidade de formação do preço, gerentes devem focar o processo e não a saída de produtos. Existem oito passos que ajudam na composição do preço alvo (DOLAN, 1995):

1. Avaliar qual valor seu cliente dá para o produto ou serviço

Aplicar o Custeio Alvo para estabelecer o custo do produto, pois o preço já está estabelecido pelo mercado. Usar a pesquisa de mercado, contato direto com o cliente e informações dos concorrentes.

2. Olhar para o valor que o cliente dá para a variedade de produtos

Customizar o preço para diferentes segmentos.

3. Avaliar a sensibilidade dos clientes em relação ao preço do produto, analisando:

- Aspectos econômicos do cliente:
  - Quanto representa o custo do item no gasto total do cliente?

- O comprador final é o cliente? Se não, o seu cliente poderá ser competitivo comprando a este preço?
  - Neste mercado, preço alto significa qualidade alta?
  - O que o cliente procura e utiliza:
    - O tempo de compra ou entrega é significativo para o cliente?
    - O cliente está apto a comparar preço e desempenho?
  - Situação competitiva:
    - O que oferecer de diferente do concorrente?
    - A reputação da companhia é considerada? Existem outras decisões intangíveis que afetam o cliente?
4. Identificar e otimizar a estrutura de formação de preço
5. Considerar a reação do concorrente
6. Monitorar o preço realizado por nível de transação
- Desconto para pagamento adiantado, negociações, etc.
7. Avaliar a resposta emocional do cliente
- É necessário analisar a reação do cliente a longo prazo, e não apenas no ato da venda.
8. Analisar se o retorno é pior que o custo para servir.
- Analisar a relação entre o custo do serviço e o preço pago.

Todos os oito passos definidos por Dolan devem ser usados na fase de definição do preço objetivo, ou seja, na fase de concepção do produto.

Para saber a margem desejada é necessário determinar o ROS (Retorno sobre as Vendas - *Return on Sales*). Existem duas razões para usar o ROS: a primeira é técnica e a segunda é estratégica. A razão técnica deve-se a rápida mudança de mercado que faz com que as empresas necessitem de uma variedade de produtos, produzidos em baixo volume. Com isto, a determinação do ROI de cada produto torna-se impossível. A razão estratégica deve-se a forma de implementação de estratégias de longo prazo, pois as empresas precisam focar na rentabilidade dos produtos. Para isto o ROS é a melhor medida.

Um dos principais benefícios do Custeio Alvo é a sua capacidade para delimitar precisamente as metas de desenvolvimento de produto (COOPER & CHEW, 1996).

As especificações do produto sobre qualidade e funcionalidade devem estar claramente definidas, para que ninguém tente atingir o custo alvo reduzindo as funções do produto ou sua qualidade, conforme mostrado anteriormente na figura 3.5.

A técnica de Custeio Baseado em Atividades, apresentada a seguir, contribui para que seja atingido o custo alvo, através da redução do ciclo de desenvolvimento e da racionalização das atividades e do custo total do produto. Quando os gerentes decidem cortar funcionários, fazer reengenharia de processo, e terceirizar, eles descobrem que 70% a 80% dos custos são imutáveis após o projeto (COOPER & CHEW, 1996). O processo de Custeio Alvo envolve elementos específicos da estratégia da empresa, da complexidade do produto, da análise do ciclo de vida, e da relação com os fornecedores.

### **3.4.2. Custeio Baseado em Atividades**

O Custeio Baseado em Atividade (*Activity-Based Costing* - ABC) é um método de composição de custo e desempenho das atividades, produtos e clientes. Com o ABC é possível rastrear os gastos de um negócio ou departamento para alocá-los às atividades realizadas e

verificar como estas estão relacionadas com a geração de receitas e o consumo dos recursos (CHING, 1995).

Seu princípio básico é a utilização de recursos pelas atividades e a utilização de atividades pelos produtos. Ou seja, as atividades consomem recursos e os produtos consomem atividades (TURNEY, 1991).

Um conceito importante do ABC, na análise da composição do custo de um produto, é a hierarquia das atividades de acordo com os tipos de direcionadores. As atividades são relacionadas à unidade, ao lote, ao produto e às instalações, como mostrado na tabela 3.6.

Fator de proporção	Atividade	Descrição
Unidade	Atividades de produção em geral Matérias-primas	São custos provenientes de atividades cuja execução é proporcional à unidade produzida, ou seja, são os custos variáveis.
Lote	<i>Setup</i> Movimentação de materiais Embarques	São custos provenientes de atividades cuja execução é proporcional aos lotes produzidos. Estes custos ocorrem a partir da decisão de se produzir um lote de peças, não importando a quantidade produzida.
Produto	Pesquisa & Desenvolvimento Engenharia de Processo	São custos provenientes de atividades cuja execução está ligada à decisão de se ter um produto.
Instalações	Manutenção predial Segurança patrimonial	São custos provenientes de atividades cuja execução está ligada à decisão de se ter um negócio.

Tabela 3.6. Relação entre as atividades básicas e seus direcionadores

A implementação do ABC envolve a identificação das atividades e dos eventos geradores das atividades, ou seja, os direcionadores de custos. A necessidade de identificar as atividades é baseada na premissa de que a atividade gera custo e não o produto, por isso faz-se uma ligação entre atividades e produtos. O processo de identificar atividades e seus direcionadores de custo envolve uma discussão com gerentes e os operários da área (SEPHTON & WARD, 1990). Este

levantamento de dados é complexo, podendo ser muito demorado. Logo, a utilização do sistema ABC é recomendada quando existem os seguintes cenários:

- Alta competitividade no mercado;
- Diversificação do *mix* de produtos, processos e clientes;
- Custos indiretos altos, que não são fáceis de alocar para os produtos.

O ABC possui algumas características que auxiliam no objetivo específico deste trabalho, pois permite a consideração dos aspectos ambientais na fase de desenvolvimento. Este tipo de custeio envolve tanto as atividades diretas como as indiretas. Isto é essencial quando se trata de uma etapa do ciclo de vida onde são realizadas apenas atividades indiretas, como a fase de desenvolvimento do produto.

A empresa necessita ainda pensar no desenvolvimento do produto como um processo de produção, onde cada projeto move-se através de postos de conhecimento, equivalente aos postos de operação (ADLER et al., 1996). Com o custeio ABC é possível encadear as atividades na montagem do custo do processo.

Existem duas técnicas de operacionalizar o ABC (SHARMAN, 1991):

1. A primeira é melhor descrita como "decomposição de custos". Este método de dois estágios de direcionadores envolve custos do livro razão, alocados primeiro para atividades e depois para produtos.
2. A segunda é uma análise de processo do negócio (*Business Process Analysis - BPA*). Esta análise de processos do negócio pode ser usada para guiar programas de redução de custos e de tempos de ciclos, de melhoria da qualidade ou outros esforços para melhorar o desempenho organizacional. O BPA basicamente identifica processos e os divide em atividades.

### 3.4.3. Custeio do Ciclo de Vida utilizando o ABC

Segundo OSTRENGA et al. (1993), o Custeio do Ciclo de Vida (*Life-Cycle Costing – LCC*) é a prática de organizar os custos de acordo com os estágios da vida de um produto ou serviço, usando esse perfil para tomar decisões a respeito do mesmo.

No início dos anos 60, o Departamento de Defesa dos Estados Unidos (DOD) desenvolveu o conceito da organização dos custos dos produtos de acordo com os estágios dos seus ciclos de vida. A intenção era fornecer um método para aumentar a eficácia do sistema de compras do governo, encorajando duas práticas relacionadas com Custeio do Ciclo de Vida:

1. Encorajar planejamentos com horizontes mais longos, para aumentar a visão sobre os custos totais através da inclusão dos custos operacionais e de apoio;
2. Aumentar o potencial das economias em custos, através de um aumento dos gastos em esforços de projeto e desenvolvimento, reduzindo os custos operacionais.

Segundo BERLINER & BRIMSON (1992), o Custeio do Ciclo de Vida é necessário para: definir um quadro mais claro da rentabilidade do produto a longo prazo; mostrar a importância do planejamento de ciclo de vida; quantificar o impacto de custos da alternativa escolhida durante a fase de engenharia e desenho; e atribuir os custos de tecnologia para os produtos que a utilizam.

Na visão do real custo do item não é somente o capital que se emprega na compra do produto. Muito mais está envolvido. Quando se compra algo, também se compram os seus efeitos a longo prazo. O custo inicial mais os custos de longo prazo são chamados de custos do ciclo de vida. Isto inclui o tempo envolvido para o projeto, as pessoas necessárias, o nível de dificuldade envolvido, disponibilidade de capital ou outros recursos, quantidade de manutenções necessárias, e o capital que deve ser gasto e guardado para reserva.

Com a utilização dos conceitos do ABC, ampliando sua visão temporal de mensal para uma visão total do ciclo de vida, pode-se conseguir custear, principalmente, a fase de

desenvolvimento. Com isto, fica possível acumular todos os custos dos produtos e fornecer relatórios gerenciais a respeito deste custo.

Utilizando o conceito do ABC, de que as atividades consomem os recursos e os produtos consomem as atividades, faz-se um levantamento de todos os recursos, atividades e direcionadores de recurso da fase de desenvolvimento.

De posse destes dados, aloca-se estas atividades para os produtos, através do direcionador de atividades. Como o processo de desenvolvimento é relacionado ao produto, o direcionador usado é o número de produtos previstos para serem vendidos ao longo da fase de maturidade. Nesta etapa o produto tem uma venda constante e segura. Por este motivo, utiliza-se a fase de maturidade. Porém, existem alguns produtos onde a fase de crescimento apresenta um alto número de produtos vendidos. Isto acontece principalmente com produtos com curto ciclo de vida. Com isso, obtém-se o custo total de desenvolvimento de um produto (LOBO, 1996).

Os custos de manufatura, administração e apoio podem ser calculados através do Custeio Baseado em Atividades sem mudar a visão temporal, ou seja, estes custos são calculados mês a mês.

Da mesma forma que se amplia a visão temporal “para trás” a fim de custear a fase de desenvolvimento, pode-se ampliar esta visão “para frente”, a fim de custear a fase do final da vida de um produto.

A combinação do ABC com o Custeio do Ciclo de Vida pode prover um gerenciamento com maior exatidão de informação dos custos do produto e um real conhecimento da lucratividade.

O Custeio do Ciclo de Vida de um produto contempla o produto por toda a sua vida e não apenas por um período (por exemplo, um ano). Um produto que acaba de ser introduzido no mercado, geralmente tem um baixo volume e um custo de adaptação alto, fazendo com que este não seja competitivo no início. Já um produto maduro, se visto por um período de um ano, pode ser altamente rentável. Porém é um contra-senso comparar o custo de um novo produto com um

produto maduro em um modelo de um ano. É possível que decisões erradas sejam tomadas, sendo por isso necessário à visão total da vida de um produto. O Custeio do Ciclo de Vida foca principalmente as atividades e os recursos necessários para o produto desde o desenvolvimento até o abandono.

Durante o ciclo de desenvolvimento, diferentes ferramentas de custeio são utilizadas. No primeiro estágio do desenvolvimento do produto, um sistema de estimativa pode ser usado para responder as necessidades dos clientes. Este módulo baseia-se em parâmetros técnicos. Quando se entra na fase de projeto do produto, usam-se ferramentas como DFMA (*Design For Manufacturing and Assembly*) e modelos de custos. Esta estimativa é mais refinada que a primeira, já que se possui um maior conhecimento do produto e seus direcionadores. Quando o produto já está completo usa-se o CAPP (Planejamento do Processo Auxiliado pelo Computador – *Computer Aided Process Planning*) como uma ferramenta auxiliar ao sistema de custeio para refinar ainda mais os custos e servir de base para o estabelecimento do custo alvo. Finalmente, quando o produto passa para a fase de produção usa-se um sistema de apuração de custos. Estas ferramentas são mostradas na figura 3.6.

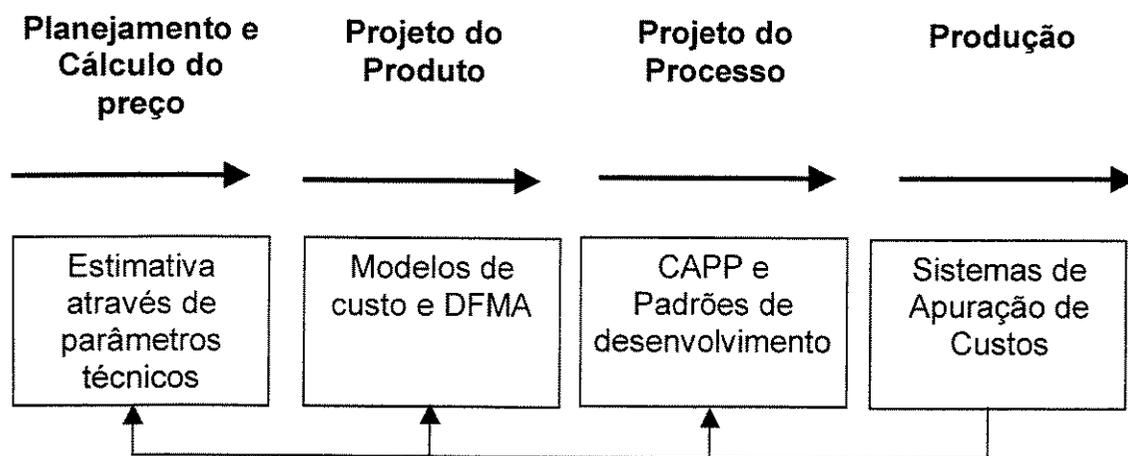


Figura 3.6. Ferramentas de custeio usadas no desenvolvimento dos produtos (CROW, 1998)

As técnicas de ABC e LCC são os fundamentos para alocar as despesas ambientais para os produtos. Identificando o custo de todas as atividades, pode-se eliminar ou pelo menos reduzir, os custos relacionados com as atividades que não agregam valor (KREUZE & NEWELL, 1994).

Como este trabalho foca a Avaliação do Ciclo de Vida de um Produto do ponto de vista ambiental, serão analisados, a seguir, os tipos de custos ambientais.

### **3.5. Custos Ambientais**

A primeira dificuldade encontrada ao se trabalhar com os custos ambientais é o fato de estes serem em sua maioria custos intangíveis ou de difícil identificação.

A identificação e a obtenção dos custos ambientais são objetivos que devem ser evidentes e complementares entre si. O primeiro deles é a prévia e necessária colocação do problema, ou seja, a conscientização de quanto está se gastando, qual o custo embutido na degradação do meio ambiente. Como decorrência, a empresa individualmente poderá conduzir ações, ou o governo poderá estabelecer políticas visando reverter o quadro. O segundo objetivo diz respeito à incorporação desses valores aos custos do produto, que vale a pena salientar, poderá ou não ser feita (CAMPOS et al., 1996).

A visão dos Custos da Qualidade Ambiental (CQA) divide-se em três categorias básicas apresentadas a seguir.

#### **3.5.1. Custos de Adequação**

A primeira abordagem do custo da qualidade ambiental, denominada custo de adequação, diz respeito aos custos para se adquirir tecnologias “limpas”, ou seja, fazer as alterações necessárias nos processos produtivos, adequando-os as leis impostas por órgãos competentes, as leis de mercado que se modificam a cada novo momento, ou ainda às normas ambientais. Ou seja, trata-se do custo de ações tomadas para a empresa se adequar a um novo cenário proposto.

- **Custos de Adequação através da Prevenção**

Os custos de adequação através da prevenção são os custos relacionados às atividades que buscam emissão de poluição zero, ou seja, alterações em processos produtivos, em produtos e

em processos administrativos, visando produtos, componentes ou serviços produzidos sem qualquer tipo de atividade poluidora.

A seguir serão apresentados alguns custos que podem ser considerados custos de adequação através da prevenção:

- Contratação de mão-de-obra especializada na área ambiental;
- Treinamento e conscientização de pessoal, em todos os níveis hierárquicos, para implementação, desenvolvimento e administração de Sistemas de Gestão Ambiental;
- Contratação de consultorias e auditorias ambientais;
- Adequação aos preceitos das legislações federais, estaduais e municipais;
- Certificação de normas ambientais como o conjunto de normas ISO 14.000 e a BS 7.750, incluindo custos de implantação, custos de conscientização e treinamento de todos os níveis hierárquicos envolvidos, custos com manutenção e acompanhamento e custos com melhoria contínua;
- Substituição de matérias-primas, insumos e componentes poluentes;
- Reciclagem e reutilização de: materiais de escritório, embalagens, containers, rebarbas, etc.;
- Compra de máquinas, equipamentos e instalações cujas funções específicas atuem no processo de eliminação ou redução de emissão danosa;
- Investimentos em P&D, visando produtos, processos e tecnologias “limpas”, que não agridam o meio ambiente ou a sociedade;
- Compra e/ou transferência de tecnologias “limpas”;

- Serviço de atendimento ao consumidor;
  - Divulgação das ações preventivas da empresa;
  - Gastos com seguros ambientais, entre outros.
- 
- **Custos de Adequação através da Correção**

O custo de adequação através da correção refere-se à reparação de um dano causado ou de uma poluição gerada ao meio ambiente. Sendo assim, trata-se de um custo de correção, pois o dano já ocorreu e gerou a necessidade de uma reparação. Em seguida, são expostos alguns tipos de custos que podem ser considerados custos de adequação através da correção:

- Limpeza de rios, mares e lagos;
  - Limpeza de terrenos;
  - Tratamento de gases tóxicos;
  - Gastos com materiais para recuperação de danos ambientais;
  - Reflorestamento;
  - Reparos devido a acidentes causados em mares, lagos, rios, solos, ou ar;
  - Correções na linha de produção;
  - Limpezas desnecessárias (causada por ineficiência no processo), etc.
- 
- **Custos de Adequação através do Controle**

Por controle entende-se toda ação que busca manter uma fiscalização sobre certa atividade em busca do objetivo pré-estabelecido. Os custos de adequação através do controle, são aqueles

custos despendidos para que não haja poluição ou danos causados ao meio ambiente deliberadamente. Ou seja, trata-se de uma maneira de manter a poluição dentro de certos parâmetros. Podem ser considerados custos de adequação através do controle:

- Instalação de estações de tratamento de efluentes;
- Instalação de filtros;
- Compra de equipamentos utilizados nos testes para verificação dos impactos causados ao meio ambiente;
- Verificação de métodos e processos;
- Testes e inspeções para verificação dos parâmetros poluentes nas matérias-primas, insumos e componentes comprados;
- Testes e inspeções para verificação dos parâmetros poluentes nos produtos acabados;
- Avaliação da deterioração das matérias-primas e componentes em estoque;
- Certificação de selos-verdes, entre outros.

### **3.5.2. Custos das Falhas de Adequação**

Diz respeito àqueles custos empresariais gastos quando há uma falha no processo de adequação, seja através da prevenção, do controle ou da correção. Pode-se considerar como custos das falhas de adequação, por exemplo:

- Pagamentos de multas;
- Indenizações por prejuízos causados;

- Imagem da empresa abalada no mercado e na sociedade;
- Corte de crédito;
- Corte de permissão de atuação;
- Devolução de produtos;
- Atrasos na liberação de produtos (no caso, principalmente, de produtos para exportação);
- Perda de fatias do mercado.

### **3.5.3. Custos tratados como “externalidades”**

Estes custos são realmente intangíveis, mas cabe para efeito didático apresentar alguns tipos de custos ambientais tratados como “externalidades”: o uso indevido de recursos (como água, solo e ar); calhas das casas sujas, como causa da poluição de alguma fábrica; danos causados à saúde de moradores próximos a indústrias poluidoras, entre outros.

### **3.6. Avaliação do Ciclo de Vida**

Dadas as exigências legais e as pressões da própria sociedade, fez-se necessário estabelecer uma metodologia que permita avaliar os elementos de tecnologia e de produto, em toda a cadeia global, com vista a sua adequação ambiental. Para isto, apresenta-se a Avaliação do Ciclo de Vida dos Produtos. Esta constitui numa metodologia de investigação concebida com o objetivo de avaliar produtos e processos, possibilitando em alguns casos, análises comparativas entre produtos e processos concorrentes (FIGUEIREDO, 1994).

### 3.6.1. Histórico

O conceito da Avaliação do Ciclo de Vida existe desde os anos 70. Os primeiros processos efetivos de Avaliação do Ciclo de Vida foram realizados na Europa e nos EUA, quando se passou a observar os efeitos ambientais de todas as fases da vida de um determinado produto, avaliando-se desde os processos de obtenção das suas matérias-primas até o seu descarte final. Esta, ficou conhecida como a avaliação do “berço ao túmulo” (REIS, 1995).

Desde 1995, a *Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC)* tem servido como um ponto de referência para o desenvolvimento técnico na área de Avaliação do Ciclo de Vida. Debates em assuntos como análise de impacto, dados de qualidade e técnicas estruturadas ajudam a alcançar um consenso na construção de metodologias e práticas aceitas profissionalmente. Fóruns públicos e artigos têm fornecido oportunidades adicionais para este tema entrar em uso na comunidade acadêmica.

### 3.6.2. Definição e Caracterização

A Avaliação do Ciclo de Vida (*Life-Cycle Assessment - LCA*) é um modo de se examinar o impacto ambiental causado por um produto em toda a sua vida - desde a obtenção da matéria-prima, passando pela fábrica, loja de venda, uso doméstico, até seu descarte.

A identificação de oportunidades para o aprimoramento ambiental é o principal propósito na condução de uma LCA. A melhoria pode ser também obtida através de outras medidas ou técnicas, como por exemplo: aperfeiçoamento do produto, rotulagem ambiental e seleção de indicadores ambientais.

A Avaliação do Ciclo de Vida tem emergido como um valioso suporte a decisão de estabelecimento da política ambiental no mercado e na indústria, assim como avaliar o impacto do “berço ao túmulo” do produto ou processo. Três forças guiam esta evolução. Primeiro, a regulamentação governamental está se movendo na direção do ciclo de vida, a noção que a manufatura é responsável não somente pelo impacto da produção, mas também pelo impacto associado com os elementos entrantes para se produzir o produto, uso, transporte e descarte.

Segundo, as empresas estão participando de iniciativas voluntárias que contém a LCA, como por exemplo a ISO 14.000. Terceiro, a preferência ambiental tem emergido como um critério que o mercado consumidor e o governo usam como guia. Juntos, estes desenvolvimentos têm colocado a LCA no centro, como uma ferramenta para identificar o impacto do “berço ao túmulo” dos produtos e materiais de que são fabricados.

A figura 3.7 apresenta a composição de uma LCA.

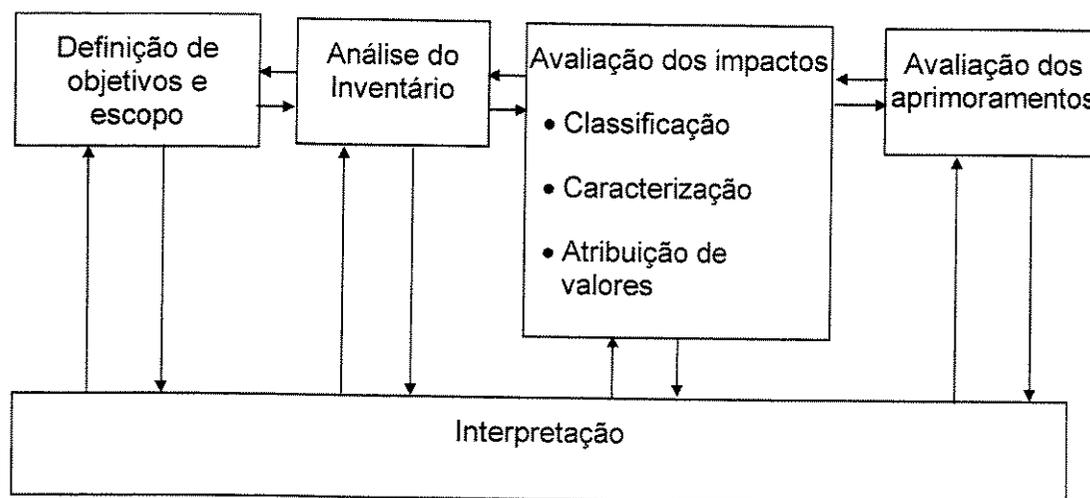


Figura 3.7. Composição da LCA

A seguir, explica-se melhor cada etapa que compõe uma LCA.

- Definição do objetivo e escopo: identificação do propósito da LCA, determinando os limites, ou seja, o que pode ou não ser incluído no estudo.

Objetivo: O objetivo de um estudo deve ser definido e incluir uma declaração clara e inequívoca do motivo pelo qual a LCA será conduzida, o uso pretendido, os resultados esperados, o público-alvo, as metas iniciais de qualidade dos dados e o tipo de processo de revisão crítica a ser utilizado.

Escopo: O escopo deve ser adequadamente definido com vistas a assegurar que a amplitude e a profundidade da análise sejam compatíveis e suficientes para abordar o objetivo declarado, e que todos os limites, metodologia, categorias de dados e pressuposições sejam claramente apresentados, compreensíveis e tangíveis. Ao considerar os produtos, serviços, grupos de produtos ou serviços, processos, locais ou procedimentos relativos ao objetivo do estudo, deve-se determinar a representatividade da técnica, da posição geográfica, do mercado, do ciclo de vida, dos dados e suas fontes e dos sistemas adotados. O escopo deve incluir:

- Função do sistema;
- Unidade Funcional: A unidade funcional é a medida de desempenho que o sistema do produto ou serviço fornece. Ela deve ser definida e mensurável. Os detalhes da definição da unidade funcional variam de acordo com o objetivo e com o escopo do estudo. Exemplos de unidades funcionais incluem: “unidade de área de superfície revestida com tinta por um determinado período de tempo” ou “um determinado volume de bebida entregue”.
- Sistemas a serem estudados;
- Limites do sistema;
- Dados necessários: Durante a fase de definição do objetivo e escopo de uma LCA devem ser definidas as exigências iniciais de qualidade dos dados. Os estudos de LCA utilizados por uma entidade para fazer uma declaração comparativa, revelada ao público, devem, no mínimo, avaliar a precisão, abrangência e a representatividade dos dados, bem como a coerência e a possibilidade de reprodução dos métodos utilizados durante a LCA.
- Pressuposições e limitações.

- Análise do inventário: quantificação da entrada de energia, matéria-prima e descarga ambiental (emissão no ar, efluentes, lixo sólido) durante o ciclo de vida do produto, processo ou atividade.

Em 1969, pesquisadores iniciaram um estudo na Companhia Coca-Cola que estabeleceu os fundamentos básicos para métodos correntes de análise de inventário do ciclo de vida nos EUA. Foi realizada uma comparação de diferentes embalagens de bebidas para determinar qual embalagem tinha a menor descarga para o meio ambiente e o menor efeito no fornecimento de recursos naturais. Este estudo quantificou a matéria-prima e combustíveis utilizados e o carregamento ambiental dos processos de manufatura de cada embalagem (BLAKE, 1997).

Outras companhias dos EUA e Europa desenvolveram comparações similares nos anos 70. Nesta época, muitos dados foram derivados de fontes públicas, como documentos governamentais ou artigos técnicos. Os dados industriais específicos não foram disponíveis.

- Avaliação de impacto: a avaliação de impacto é um processo técnico qualitativo e quantitativo, que visa classificar, caracterizar e avaliar a magnitude e a significância dos impactos ambientais, com base nas informações do componente inventariado, dentro dos limites das metas, escopo e objetivos definidos para a LCA. Esta avaliação é efetuada de acordo com uma estrutura metodológica e científica, que deve ser claramente descrita como parte da própria avaliação.

Classificação: A classificação é a etapa na qual os parâmetros de inventário são agrupados e classificados em um determinado número de categorias de impacto. Um conjunto preliminar de categorias de impacto já deve ser considerado no componente definição de objetivo e escopo. A classificação e o agrupamento são efetuados de forma que uma informação da tabela de inventário pode ser incluída em mais de uma categoria de impacto. Na definição das categorias específicas de impacto, o foco principal pode estar nos processos ambientais envolvidos, pois isto permitirá que a avaliação de impacto seja baseada, tanto quanto possível, no conhecimento científico sobre estes processos.

Caracterização: A caracterização é a etapa na qual a análise e quantificação do risco em cada uma das categorias de impacto são desempenhadas com base na contribuição dos mais relevantes parâmetros de inventário identificados. Esta etapa deve basear-se no conhecimento científico sobre as relações carga-resposta ambiental. Um importante componente da etapa de caracterização é a obtenção e interpretação das características ambientais, físicas, químicas, biológicas e toxicológicas relevantes, descrevendo os impactos associados a um parâmetro de inventário. Tais informações devem ser então ligadas aos dados brutos ou classificados do inventário, visando descrever os impactos potenciais ou reais.

Atribuição de Valores (Valoração): A valoração é a etapa em que os resultados da caracterização são compactados. Se, por exemplo, dois ou mais sistemas alternativos de produtos ou serviços são comparados, os diferentes impactos podem, em geral, precisar ser valorados de alguma forma. A valoração é um processo amplamente subjetivo e deve ser totalmente transparente. O objetivo é determinar a importância dos resultados da avaliação de impacto e pode envolver interpretações, agregação adicional, peso e classificação dos dados produzidos durante a etapa de caracterização. Não se pode dizer facilmente qual das alternativas tem o menor impacto ambiental geral, se umas das alternativas gera uma contribuição menor para o aquecimento global, enquanto outra apresenta menor risco para a saúde humana, a não ser que a importância relativa dos impactos possa ser comparada.

- Avaliação dos aprimoramentos: é a mensuração da oportunidade para reduzir a energia utilizada, a entrada de material, ou o impacto ambiental em cada estágio do ciclo de vida do produto.

A LCA é uma metodologia para estudar um sistema que preenche uma ou várias funções específicas. Portanto, os principais benefícios da avaliação dos aprimoramentos do ciclo de vida relacionam-se ao estímulo às decisões que reduzem os ônus ou impactos ambientais, já que permitem (REIS, 1995):

- Identificar as melhores oportunidades para o aprimoramento ambiental do sistema em estudo;

- Evitar decisões que apenas transfiram os ônus ou impactos ambientais de um subsistema para outro;
- Realizar comparações em bases corretas, ou seja, por meio da comparação entre sistemas baseados em uma unidade funcional.

A Avaliação do Ciclo de Vida é um processo de análise dos atributos ambientais associados a um sistema de produtos e serviços. Conceitualmente, aplica-se como um processo de raciocínio que orienta a tomada de decisões quanto à concepção e melhoria do produto, e sistematicamente, construindo um inventário quantitativo e qualitativo de efeitos ambientais, avaliando seus impactos e considerando alternativas para melhorar o desempenho ambiental.

As possibilidades de aplicação da LCA são inúmeras. As mais importantes áreas de adaptação são: implementação de um controle ambiental do produto na indústria, otimizando a existência do produto pela identificação de pontos fracos; o desenvolvimento de novos produtos e a comparação de produtos ou processos alternativos. Outra aplicação é no suporte ao controle ambiental do governo, desenvolvendo critérios para aprovação dos produtos para receber rótulo “eco” e otimizando cenários de energia, transporte e tratamento de lixo. Por fim, utilização como comunicação e *marketing*, através do suprimento de informação sobre a amistosidade ambiental do produto.

As necessidades de informações variam segundo a aplicação e os objetivos do estudo. Nota-se que a LCA é utilizada com diversos objetivos distintos, que vão desde a gerência interna de negócios até a formulação de políticas públicas. Os aspectos que conferem um bom nível de qualidade às informações e ao seu tratamento em um estudo de LCA são, principalmente, a credibilidade, relevância, a viabilidade econômica, a fácil compreensão e a transparência (MAGALHÃES, 1996).

Pode-se destacar ainda, ser este um trabalho extremamente complexo, que dependendo do produto, pode levar anos para uma conclusão definitiva. O estudo básico de uma LCA de um automóvel, realizado por um consórcio de países e fabricantes europeus, levou três anos para ser apresentado como um relatório preliminar (REIS, 1995). Este estudo engloba, por exemplo,

milhares de componentes, centenas de fornecedores, inúmeros processos produtivos, matérias-primas das mais diversas e originárias de vários países. Logo, pode-se concluir que os estudos de LCA são intensivos em tempo e recursos, pois a coleta de dados é complexa e custosa.

Pode-se, ainda sistematizar a LCA conforme é mostrada na figura 3.8.

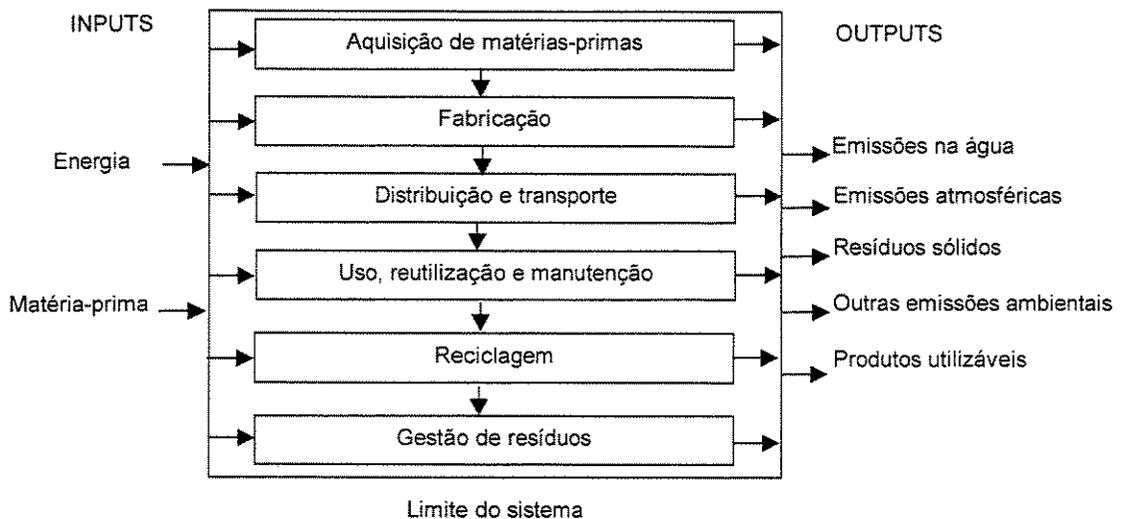


Figura 3.8. Processo de Avaliação do Ciclo de Vida (TIBOR & FELDMAN, 1996)

### 3.6.3. Informações sobre o mercado

Na França, duas unidades-piloto foram estabelecidas, uma por iniciativa da Renault e outra pela ação conjunta da PSA, da Companhia Francesa de Ferro Velho e do fabricante de cimento Vicat. Ambas têm como objetivo comum, estudar a maneira mais rápida e econômica de desmontar um carro, a fim de reciclar os diversos materiais como metais, plásticos, borracha e vidro, e eliminar o lixo industrial. Cabe ressaltar que na fabricação de um automóvel não são reciclados o plástico, a borracha e o vidro, o que representam 350.000 toneladas de lixo por ano (LAPERROUSAZ & COUNAS, 1991). Este fato representa um desafio para o automóvel, um agressor marcante do meio ambiente pela poluição provocada pelos processos de fabricação, pelas emissões tóxicas dos seus motores durante sua vida útil ou mesmo, pelo ferro-velho

amontoado. A figura 3.9 mostra esquematicamente a participação relativa dos diferentes materiais utilizados em automóveis.

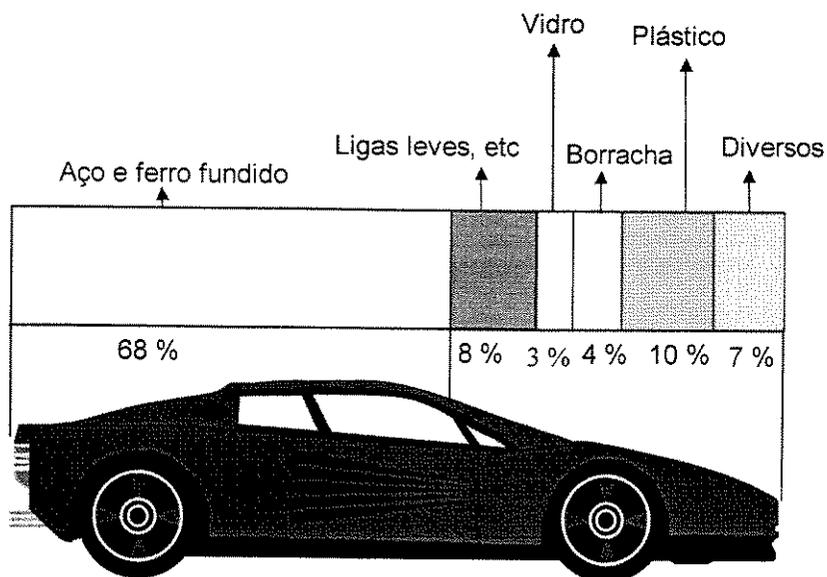


Figura 3.9. Composição dos materiais no automóvel (LAPERROUSAZ & COUNAS, 1991)

Assim, se são necessários em média mundial, aplicar-se 12 a 14 horas para montar um automóvel, serão necessárias 3 a 5 horas de trabalho para desmontá-lo, o que coloca a questão na vanguarda das pesquisas (COLENCI, 1996).

Na Alemanha já foi anunciado um decreto que obriga as montadoras a reciclarem os detritos. Todas as indústrias de automóvel japonesas anunciam programas para reciclagem dos 4 milhões de toneladas de detritos que o país encaminha para o empensamento. O desafio é projetar um automóvel 100% reciclável, ou com nível zero de desperdício. A Fiat possui um projeto de reciclagem de automóveis chamado FARE (Fiat Auto Recycling) que prevê a recepção, nas concessionárias, de veículos em fim de vida, trocados por descontos na compra de carros novos. Este projeto tem como objetivo aumentar as vendas, firmar uma imagem de ecologicamente correta e renovar a frota do país. Este projeto pode assegurar ainda, a integração entre o meio ambiente e o veículo ao final de sua vida útil, colocando-o em segurança ecológica e reciclando seus componentes (SAFATLE, 1998).

No aspecto econômico, em um primeiro momento, as empresas buscaram intensamente a integração da produção (chão-de-fábrica) e depois, da produção e consumo. Agora ela está impelida a buscar a integração global do ciclo produção-distribuição-consumo e recuperação, incluindo como ponto fundamental dos negócios esta última fase.

### **3.7. Desdobramento da Função Qualidade**

O conceito do Desdobramento da Função da Qualidade (*Quality Function Deployment - QFD*) foi introduzido no Japão por Yoji Akao em 1966. O QFD nasceu como uma evolução natural dos sistemas de qualidade no Japão, na medida em que seus especialistas procuravam desdobrar as características de qualidade de um produto por entre as funções que contribuíam para a qualidade da empresa, com o objetivo de garantir a qualidade do produto já na fase de projeto (DEAN, 1998).

Segundo AKAO (1990), QFD é um método para desenvolver o desenho de qualidade pretendida pelo cliente, e depois traduzir a demanda do cliente para o alvo do projeto. Com isso, consegue-se aumentar os pontos de qualidade assegurada para ser usado nas fases de produção, ou seja, converte as características importantes para os clientes, em parâmetros de projeto do produto. A seguir, elas são comparadas com a avaliação de mercado dos produtos concorrentes. Seu objetivo é desenvolver um produto corretamente desde o início da concepção do mesmo. Como um benefício muito importante. AKAO (1990) aponta que, quando apropriadamente aplicado, o QFD reduz o tempo de desenvolvimento pela metade.

Segundo DEAN (1998) QFD é um sistema de processo de engenharia que transforma os desejos dos clientes em uma linguagem requerida para todos os níveis de projeto para implementar um produto.

Segundo SULLIVAN (1986), o objetivo principal de qualquer empresa de manufatura é colocar novos produtos para o mercado antes que os concorrentes, com baixo custo e de melhor qualidade. Logo, o QFD é um conceito que provê o significado de tradução do requerido pelos clientes em requerimento técnico apropriado, para cada estágio do desenvolvimento e produção do produto (por exemplo, estratégia de *marketing*, planejamento, projeto do produto e

engenharia, medição de protótipos, desenvolvimento do processo de produção, produção, vendas). No QFD, todas as operações são direcionadas pela “voz do cliente”; por isso representa uma mudança no controle de qualidade do processo de manufatura para controle de qualidade no desenvolvimento do produto. O QFD é o desdobramento da qualidade, tecnologia, custo e confiabilidade para o produto.

O QFD apresenta todo o seu potencial quando utilizado como uma ferramenta para planejamento da qualidade. Além disso, tem como principal vantagem, mostrar os itens que devem ser priorizados durante o planejamento e desenvolvimento de um produto, focalizando campos de aplicação para outras ferramentas de melhoria, tais como o método Taguchi e técnicas de análise de falhas. Outro aspecto, que se deve ressaltar no QFD, é seu caráter multifuncional, integrando todas as partes da empresa envolvidas com o produto (VIEIRA & STANGE, 1996).

O QFD é um processo estrutural, uma linguagem visual, e uma série de articulações entre engenharia e gerenciamento de quadros com uso de sete ferramentas de gerenciamento. Estas ferramentas são: Diagrama de Relações, Diagrama de Afinidades (Método KJ), Diagrama Sistemático (Diagrama de Árvore), Matriz do Diagrama, Matriz de Análise de Dados, Planilha do Programa do Processo de Decisão e Diagrama de Seta (MIZUMO, 1988). Estabelece valores dos clientes usando a voz do cliente e transformando em valor do projeto, produção e características do processo de manufatura. O resultado é um sistema de processo de engenharia o qual prioriza o processo de desenvolvimento do produto, assegurando também a qualidade do produto como definida pelo cliente/usuário.

SCHERKENBACK (1986) nota que não se pode ser competitivo no mercado internacional, a menos que se possa definir operacionalmente as necessidades dos clientes.

O QFD se apresenta como uma ferramenta capaz de assegurar a qualidade requerida pelos consumidores em todas as fases do processo de desenvolvimento do produto, assim como na fase de pós-venda do mesmo. É ainda, uma forma de garantir a qualidade incorporada ao produto durante todas as fases de produção, bem como a sua utilização pelo usuário.

O QFD pode ser adequado para refletir não só as necessidades dos clientes dentro do ambiente de negócios, como também uma ferramenta gerencial capaz de planejar a utilização do produto, pelo clientes, durante e após a vida útil do mesmo.

A preocupação da sociedade com o meio ambiente vem crescendo, obviamente, quando se buscam as necessidades do cliente em relação ao produto, podem surgir questões que levem em consideração o meio ambiente. Encontram-se exigências do tipo “não quero que esse produto polua o meio” ou “esse produto tem que ser saudável”, e outros. Essas necessidades dos clientes serão interpretadas, traduzidas em termos técnicos e, de acordo com a prioridade que o cliente deu a estas exigências, receberão a devida atenção em todas as fases do planejamento e desenvolvimento do produto via QFD. Observa-se, ainda, que a equipe multifuncional que executa o QFD pode conter pessoas ligadas à Qualidade Ambiental, conforme proposto por OVERBY (1991).

Entretanto, a grande questão que se coloca aqui é qual o destino que vai ter o produto após o término de sua vida útil. O problema se agrava quando se observa o crescente aumento na variedade de produtos que são colocados no mercado e a rapidez com que surgem novas necessidades, exigindo produtos cada vez mais complexos e versáteis.

Dentro deste contexto, surge a necessidade de planejar a utilização do produto após sua vida útil. Nesta fase pode-se construir uma matriz descrita, dizendo o que fazer com a sucata do produto visando, principalmente, a não agressão ao meio ambiente.

Recomenda-se ainda a utilização do diagrama árvore, diagrama de afinidades ou ainda uma “análise funcional da sucata do produto em relação ao meio ambiente” para facilitar a retirada das partes críticas (VIEIRA & STANGE, 1996). É de fundamental importância incluir as questões consideradas importantes ao produto, durante a fase de planejamento e desenvolvimento do mesmo, pois é nesta etapa onde os maiores benefícios podem ser obtidos.

Além de um “projeto para reciclabilidade”, que é fundamental, deve existir um trabalho de conscientização, de como o cliente deve agir durante a utilização do produto, para que se possa utilizar da melhor maneira possível a qualidade que foi incorporada ao mesmo, e como agir após

o término da vida útil do produto, para que possa dar o melhor destino possível à sucata, não contribuindo para a destruição do meio ambiente.

As recomendações que serão priorizadas na matriz devem constar no rótulo do produto, em um manual, ou em algum lugar que não deixe dúvida de que as pessoas terão conhecimento do que fazer, principalmente com as partes críticas, após o término de sua vida útil (VIEIRA & STANGE, 1996).

Finalmente, pode ocorrer que ao final desta fase se chegue a conclusão de que é necessário modificar o projeto, substituindo algumas matérias primas e/ou processos de produção por outros menos nocivos ao meio ambiente, ou que sejam mais facilmente recicláveis. Desta forma, com a matriz de planejamento da assistência técnica e a matriz de planejamento da utilização da sucata do produto, consegue-se introduzir ao QFD o conceito de sistema em malha fechada, ou seja, obter uma realimentação do trabalho desenvolvido em todas as etapas (VIEIRA & STANGE, 1996).

### **3.8. Engenharia de Valor**

A Engenharia de Valor é um esforço organizado, dirigido para analisar as funções de bens e serviços para atingir aquelas funções necessárias e características essenciais da maneira mais rentável.

A Engenharia de Valor também é conhecida como Análise de valor, Análise de Função ou Gerenciamento de Valor. Esta técnica teve início durante a Segunda Guerra Mundial e consolidou-se nos Estados Unidos entre 1947 e 1952. A Análise de Valor é essencialmente um processo que usa a análise da função custo para reduzi-los, consistindo basicamente em identificar as funções de determinado produto, avaliá-las e por fim propor uma forma alternativa de desempenhá-las de maneira mais conveniente do que a conhecida.

Função é definida como aquilo que deve ser desempenhado, podendo ser classificada como:

- Função Básica: É aquela sem a qual o produto ou serviço perderá seu valor ou identidade. Por exemplo, a função básica do relógio é indicar a hora.
- Função secundária: É aquela que ajuda o produto a ser vendido. Ela indica qualidade, segurança, desempenho, conveniência, atratividade e satisfação. Por exemplo, a função secundária do relógio é indicar data.

A função deve ser definida por um verbo (atuando sobre algo) e um substantivo (objeto sobre o qual o verbo atua).

Valor é o equivalente justo em dinheiro ou mercadoria. É o grau de aceitabilidade de um produto pelo cliente. Existem quatro tipos de valor:

- Valor de custo: Total de recursos necessários para produzir e/ou obter um item.
- Valor de uso: Medida monetária das propriedades ou qualidades que possibilitam o desempenho de uso, trabalho ou serviço.
- Valor de estima: Medida monetária das propriedades, características ou atratividades que tornam desejável sua posse.
- Valor de troca: Medida monetária das propriedades ou qualidades de um item que possibilitam sua troca por outro.

Porém, a definição de valor usada pela Engenharia de Valor na América é diferente da definição de valor no projeto de vantagem competitiva (SHILLITO & DE MARLE, 1992). No projeto de vantagem competitiva, o valor é definido como medida da escolha do cliente. Valor é uma função da qualidade, como também o custo. O real valor da atividade ou produto é relacionado com a percepção do valor como oposição ao custo do ciclo de vida. Na Engenharia de Valor, o valor é igual ao custo dividido pela importância, como mostrado na figura 3.10.

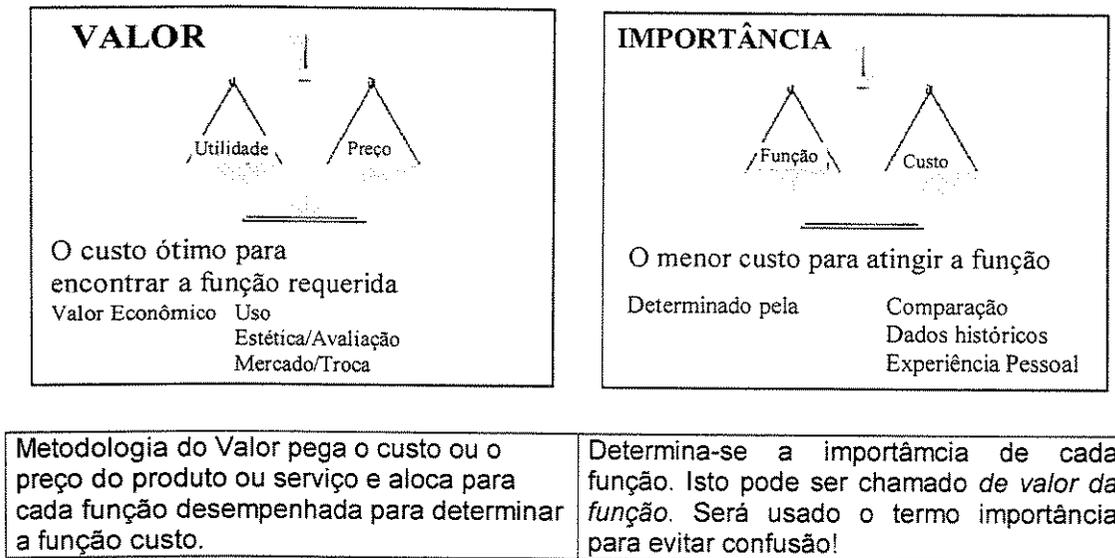


Figura 3.10. Definição de valor e importância

Quando um item tem valor maior que 1, o item é percebido por ser de bom valor. Quando o item tem valor menor que 1, o item é percebido por ter pouco valor ou mau valor. Quando a importância percebida excede o custo do ciclo de vida, geralmente considera-se um item comprado, como mostra a figura 3.11.

$$\text{Valor} = \frac{\text{Função Custo}}{\text{Função Importância}}$$

Valor > 1 Bom valor  
Valor < 1 Pouco valor

Figura 3.11. Valor do item atribuído pela Análise de Valor

Segundo MORUP (1992), a Engenharia de Valor pode ser uma parte natural de qualquer projeto de produto. Embora o foco na redução de custo desqualifique a Engenharia de Valor como um método geral de avaliar a qualidade, a Engenharia de Valor tenta melhorar os projetos

de produto e processo para que estes atendam a medidas ideais de desempenho do tempo de resposta ao mercado.

A Engenharia de Valor passa por uma fase criativa, onde o foco está na função. Este foco, mantém a perspectiva crítica da função, O QUE FAZ para o cliente, em vez de O QUE É o mecanismo.

A análise da função custo é a alocação do custo e importância para função do produto. Portanto, esta análise, como usada tipicamente, não busca as melhores oportunidades para redução de custo mesmo que existam oportunidades para redução de custo através da melhoria do processo de engenharia. O Custeio Baseado em Atividades trata destes custos. As atividades são implementações de funções do sistema para reduzir, sustentar e retirar o produto. YOSHIKAWA et al. (1989) integra o conceito do Custeio Baseado em Atividades e a Análise de Função.

Como exemplo da Engenharia de Valor das Atividades será apresentado um estudo de caso realizado em uma indústria do setor de autopeças que fabrica transmissões para veículos\*.

A organização opera com aproximadamente 2.500 funcionários, dos quais 68 % estão alocados em atividades produtivas no chão-de-fábrica, 16 % em atividades de suporte à produção, 10 % em atividades administrativas e 6 % em atividades de engenharia.

O departamento de engenharia é subdividido em: Desenvolvimento de Novos Produtos, Engenharia de Fabricação e Qualidade, e Engenharia Experimental.

Este estudo teve como objetivo conhecer o custo real do ciclo de desenvolvimento do produto e identificar as atividades mais custosas e com isto conhecer onde estão as potenciais oportunidades de melhoria.

---

\* Exemplo baseado em LOBO, 1996.

O produto escolhido para este estudo era o mais recente na engenharia. Isto ocorreu para facilitar o levantamento de dados, já que este produto possui um desenvolvimento demorado.

O levantamento de dados ocorreu do seguinte modo:

- a. Levantamento das atividades na área de engenharia (Engenharia de Desenvolvimento, Engenharia de Fabricação e Engenharia Experimental).
- b. Levantamento dos recursos (pessoas) e os direcionadores de recursos (horas dedicadas para este projeto). O levantamento dos recursos e das atividades da área de Desenvolvimento de Novos Produtos foi realizado através dos apontamentos feitos pelos projetistas das horas trabalhadas. Já na área de Engenharia de Fabricação e Qualidade o levantamento foi feito através de entrevistas. Na Engenharia Experimental o levantamento foi feito através de cronogramas.
- c. Levantamento de outros recursos no departamento de engenharia. Os outros recursos foram retirados do livro razão da empresa.
- d. Levantamento de materiais utilizados para protótipos.
- e. Levantamento das horas de fabricação dos protótipos.
- f. Custo dos forjados utilizados para protótipos. Na forjaria foram levantadas todas as operações pelas quais os protótipos passaram e custeados os itens através de um modelo ABC, desenvolvido para Forjaria (FONSECA et al., 1994).
- g. Levantamento dos materiais comprados para montagem de protótipos. Foi feito um levantamento junto ao departamento de suprimentos de todos os itens que foram comprados para montagem de protótipos.
- h. Levantamento das atividades do departamento de compras e vendas.
- i. Levantamento das atividades de planejamento.

Quando este levantamento estava sendo realizado observou-se que outros departamentos da empresa prestavam serviço para a engenharia, logo foram levantadas todas as atividades relacionadas a estes serviços.

Estes serviços estão basicamente relacionados à confecção e medição de protótipos para testes. O produto escolhido possuía uma boa parte de seus itens comprados, portanto foi necessário um levantamento das atividades de suprimentos e dos gastos na compra de itens para montagem de protótipos.

Para custear o ciclo de desenvolvimento foi utilizada a técnica de Custeio Baseado em Atividades, ampliando sua visão temporal de mensal para uma visão do ciclo de desenvolvimento. O direcionador de recursos para atividade escolhida foi o número de horas de dedicação, já que o recurso mais importante neste processo é o gasto com salários. Já o direcionador utilizado de atividade para produto foi o número de produtos previstos para serem vendidos ao longo da vida desse produto.

Para custear este produto somou-se todas as atividades, ou seja, obteve-se o custo do processo de desenvolvimento. Este custo foi trazido para valor presente e dividido pelo número total de unidades previstas para serem fabricadas ao longo da vida deste produto.

A seguir é apresentada a análise realizada das atividades para classificação das mesmas. As atividades foram classificadas da seguinte forma:

#### 1. Tipo 1

- PC: Potencializa a competitividade. As atividades que potencializam a competitividade são atividades que se melhoradas, trazem um benefício para outras atividades de extrema importância. Por exemplo, a atividade de FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) de projeto. Esta atividade, se bem feita, pode reduzir enormemente as alterações de engenharia, logo esta é uma atividade que potencializa a competitividade.

- NPC: Não potencializa a competitividade. São atividades que devem ser eliminadas, como por exemplo, a atividade de retrabalho.

## 1. Tipo 2

- P: Planejamento. As atividades de planejamento são atividades de engenharia propriamente ditas.
- C: Controle. São todas as atividades de supervisão ou coordenação, bem como as atividades de inspeção.
- T: Testes. São todas as atividades de testes de protótipos.

Esta classificação é feita para possibilitar uma melhor análise das atividades e com isto buscar uma melhoria no processo de desenvolvimento. A figura 3.12 mostra a distribuição percentual de cada tipo.

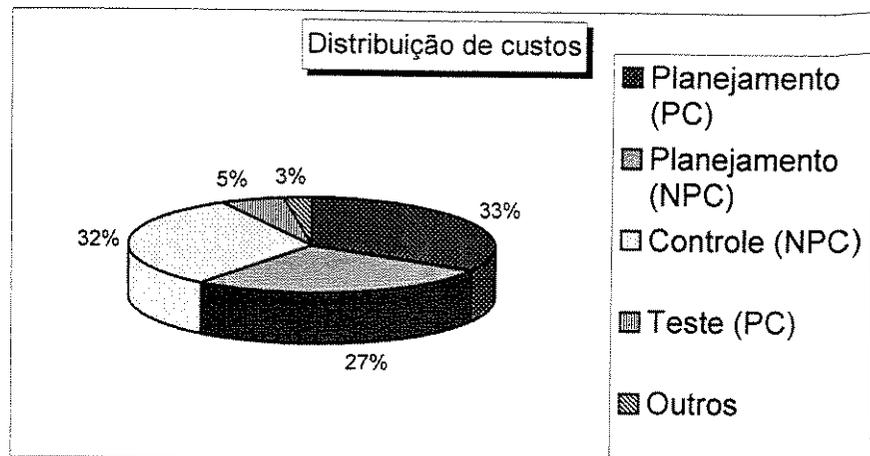
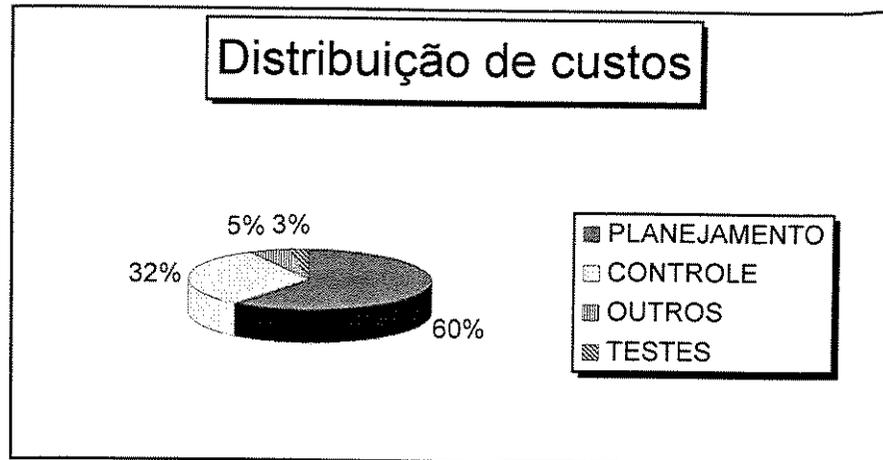


Figura 3.12. Classificação das atividades (LOBO, 1996)

### 3.9. Projeto Axiomático

O projeto Axiomático é uma metodologia de projeto para desenvolver soluções em forma de produtos, processos ou sistemas que satisfaçam as necessidades dos clientes externos e internos, através de um mapeamento estrutural. Esta metodologia foi desenvolvida nos anos 70 pelo professor do MIT, Dr. Nam P. Suh. Utilizando esta metodologia, a tarefa de projetar é guiada pelo desejo do cliente. Esta metodologia ajuda os projetistas a encontrarem logo no início as necessidades dos clientes, melhorando o processo de projeto tradicional que era custoso, envolvendo várias verificações, e interações até que se atingisse o melhor projeto. Nesta metodologia, as necessidades do cliente são traduzidas em requisitos funcionais que são as

funções esperadas do produto ou sistema de manufatura. Depois, as funções são traduzidas em parâmetros de projeto que significam as soluções usadas no projeto.

Para obter o melhor projeto, SUH (1990) propôs dois axiomas, o axioma da independência e o axioma da informação, que ajudam na seleção dos melhores parâmetros de projeto. O axioma da independência diz que cada requisito funcional deve ser mantido independente. Isto significa que quando um requisito funcional muda, apenas o seu parâmetro de projeto deve mudar, porque o sistema é independente. A alteração de um parâmetro de projeto somente afeta o seu requisito funcional. O segundo axioma estabelece que o conteúdo de informação do projeto deve ser minimizado. A partir desses dois axiomas, mostrados na figura 3.13, o melhor projeto é selecionado.

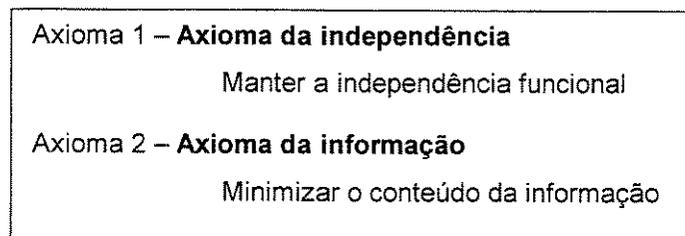


Figura 3.13. Axiomas de projeto (SUH, 1990)

Ainda, segundo SUH (1990), existem quatro conceitos chaves no Projeto Axiomático:

1. Quatro domínios de projeto;
2. Decomposição do projeto;
3. Axioma da independência;
4. Axioma da informação.

### 3.9.1. Domínios de Projeto

O projeto exige uma interação entre “o que se deseja atingir” e “como fazer para satisfazer as necessidades”. Para sistematizar o processo exigido nesta interação, o conceito do domínio cria linhas de demarcação entre os quatro diferentes tipos de atividades de projeto, fornecendo a base para o Projeto Axiomático.

O mundo do projeto é composto de quatro domínios: o domínio do cliente, o domínio funcional, o domínio físico e o domínio do sistema, conforme esquematizado na figura 3.14. O processo de desenvolvimento do projeto envolve o mapeamento da decomposição dos requisitos funcionais pelos quatro domínios.

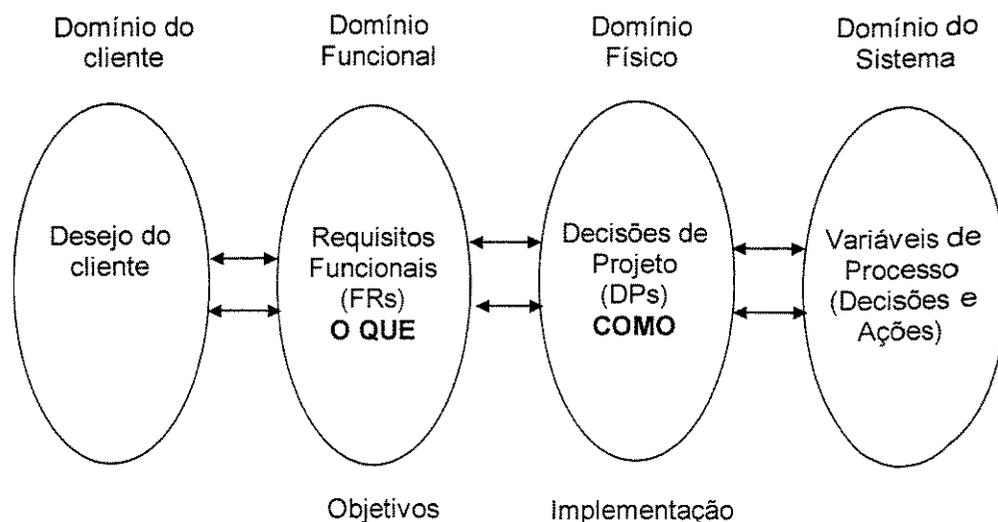


Figura 3.14. Processo do Projeto Axiomático (SUH, 1990)

O processo começa pela tradução dos desejos dos clientes (ou atributos) em Requisitos Funcionais (*Functional Requirements* – FRs). Os FRs representam o que o se deseja que o sistema faça – os objetivos. Esta passagem pode ser realizada usando a técnica de QFD. No domínio funcional, as necessidades dos clientes são especificadas em termos de requisitos funcionais (FRs) e restrições (*Constraints* – Cs). Os Parâmetros de Projetos (*Design Parameters* – DPs) são gerados no domínio físico e devem satisfazer os FRs e as Cs. Para cada FR deve

existir apenas um DP, caso contrário os DPs serão redundantes. Os DPs representam como atingir os objetivos – implementação física. Esta segunda passagem pode ser realizada usando as técnicas de DFX. A seguir, os DPs são traduzidos em Variáveis de Processo (*Process Variables* – PVs) que devem satisfazer os DPs. As PVs são ações ou decisões tomadas para controlar o sistema.

### 3.9.2. Decomposição do Projeto

O Projeto Axiomático é um processo de decomposição hierárquica, que permite ao projetista examinar em pequenas partes o problema. Duas considerações sobre o projeto e processo de projeto devem ser consideradas:

1. FRs, DPs e PVs têm uma hierarquia e podem ser decompostos;
2. FRs no nível *i* não podem ser decompostos para o próximo nível sem primeiro desenvolver o DP correspondente que satisfaça o FR. O processo de decomposição entre os domínios de projeto é de “zig-zag”.

O processo de decomposição “Zig-Zag” é mostrado na figura 3.15. Os axiomas devem ser observados durante este processo para se obter uma boa solução do projeto.

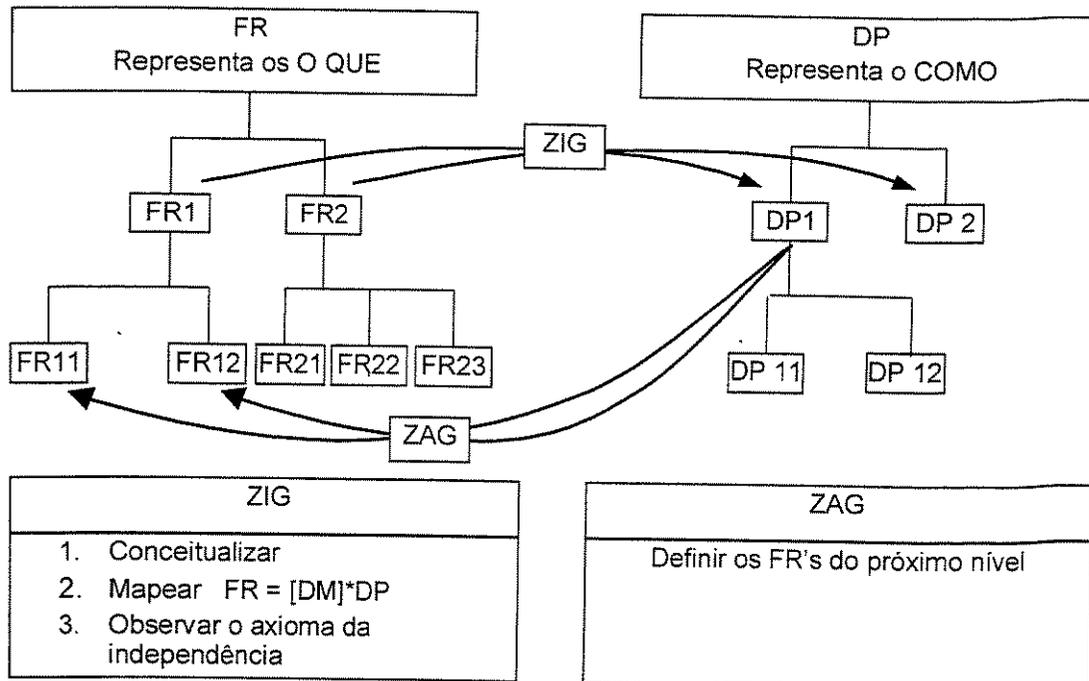


Figura 3.15. Processo de decomposição do projeto – Método “Zig-Zag” (COCHRAN, 1999)

### 3.9.3. Axioma da Independência

A partir da análise da independência ou não dos FRs, o projeto pode ser: desacoplado, que significa que os FRs são inteiramente independentes; semi-acoplados, que significa que parte dos FRs é dependente e acoplado, que significa que os FRs são dependentes entre si. A figura 3.16 mostra os três tipos de projetos.

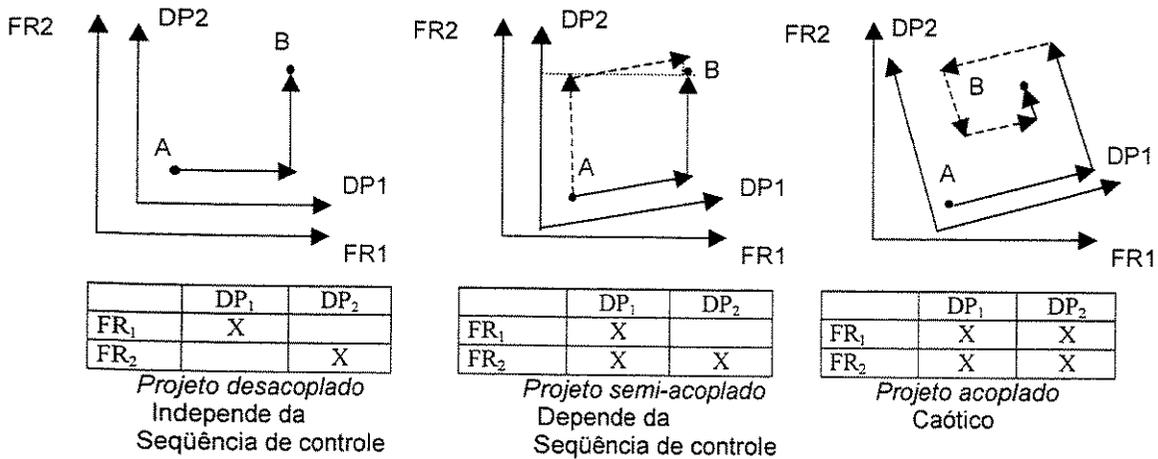


Figure 3.16. Tipos de projeto (adaptado WANG, 1999)

Na figura 3.16, o projeto desacoplado permite fazer a mudança do ponto A para o ponto B independentemente da seqüência adotada. Isto significa que se pode escolher a seqüência da mudança. Independente da seqüência, o resultado será sempre o mesmo, ou seja, sempre se chegará no ponto B. A matriz de projeto é diagonal, permitindo que os FRs sejam resolvidos em qualquer seqüência. No projeto semi-acoplado, isto não é completamente verdade. O FR<sub>1</sub> é independente, mas a solução DP<sub>2</sub> afeta o FR<sub>1</sub> e o FR<sub>2</sub>. Neste caso a matriz obtida é triangular. Se a seqüência correta de solução não for observada será necessário mais interações até se atingir o ponto B. Assim, deve-se aplicar a solução DP<sub>2</sub> e em seguida DP<sub>1</sub>, chegando-se ao ponto B. No pior caso, o projeto acoplado, os dois DPs afetam os dois FRs. Para resolver este sistema, muitas interações devem ser feitas até chegar ao ponto B desejado.

É importante, ainda, que os vários aspectos de projetos se integrem em uma única parte física, caso seja possível satisfazer a independência dos FRs na solução proposta. A metodologia de Projeto Axiomático conduz a fragmentação da solução, porém sempre que possível deve-se procurar a integração física das mesmas. Isto não significa buscar uma única solução para dois requisitos funcionais, mas sim duas soluções na mesma parte física.

### 3.9.4. Axioma da Informação

O conteúdo da informação é definido com base no logaritmo da probabilidade de um dado requisito funcional ser satisfeito pelo seu respectivo DP. O conteúdo de informação é calculado conforme a equação (3.1).

$$I = -\sum_{i=1}^n \log_2 p_i \quad \text{onde } p \text{ é a probabilidade de um FR ser satisfeito.} \quad \text{Eq. (3.1)}$$

A partir da análise da definição do conteúdo de informação, os sistemas que têm baixa probabilidade de sucesso têm também um alto conteúdo de informação, ou seja, são de alta complexidade.

### 3.10. Projeto de Sistema

SUH (1999) define sistema como uma reunião de subsistemas, componentes e pessoas para desempenhar um conjunto de tarefas que satisfaçam um requisito funcional e suas restrições.

Existem três representações distintas da arquitetura de sistemas:

1. Hierarquia {FR}/{DP}/{PV};
2. Diagrama de Junção de Módulos e
3. Diagrama de Fluxo.

A figura 3.17 mostra a representação de hierarquia {FR}/{DP}.

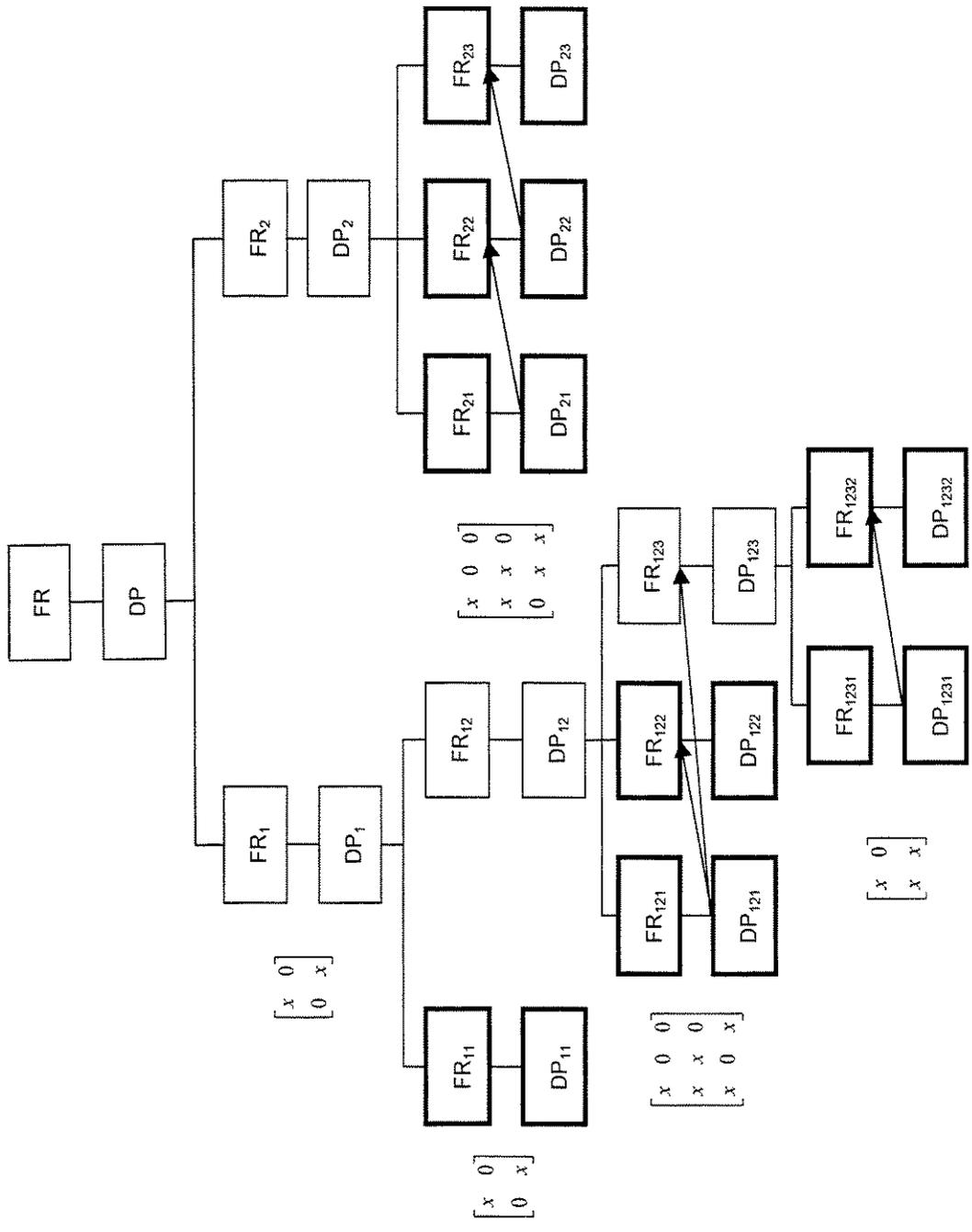


Figura 3.17. Hierarquia {FR}/{DP}(SUH, 1999)

Os FRs, DPs e PVs devem ser decompostos até que o projeto possa ser implementado sem decomposição adicional para criar a hierarquia de projeto. Quando o FR é completamente satisfeito pelo DP escolhido, ele é chamado de FR terminal ou folha. Na figura 3.17 os FRs terminais estão em caixas com linhas grossas.

O mapeamento do processo entre domínios pode ser expresso matematicamente em termos de vetores, que definem as metas e as soluções de projeto, como mostra a equação 3.2.

$$\{FRs\} \equiv [A]\{DPs\} \quad \text{Eq. (3.2)}$$

Onde  $[A]$  é a matriz definida como a matriz de projeto, que caracteriza o projeto do produto. Para satisfazer o axioma da independência, a matriz de projeto  $[A]$  deve ser diagonal ou triangular. Quando a matriz de projeto  $[A]$  é diagonal, cada FR pode ser satisfeito de modo independente pelo respectivo DP. Este é um projeto desacoplado. Quando a matriz é triangular, a independência dos FRs pode ser garantida, se e somente se, os DPs forem aplicados na seqüência certa. Este é um projeto semi-acoplado.

Para o exemplo da figura 3.17, tem-se as seguintes equações.

$$\begin{Bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & 0 \\ 0 & A_{22} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \end{Bmatrix} \quad \text{Eq. (3.3)}$$

$$\begin{Bmatrix} FR_{11} \\ FR_{12} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 \\ 0 & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_{11} \\ DP_{12} \end{Bmatrix} \quad \text{Eq. (3.4)}$$

$$\begin{Bmatrix} FR_{21} \\ FR_{22} \\ FR_{23} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 \\ X & X & 0 \\ 0 & X & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_{21} \\ DP_{22} \\ DP_{23} \end{Bmatrix} \quad \text{Eq. (3.5)}$$

$$\begin{Bmatrix} FR_{121} \\ FR_{122} \\ FR_{123} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 \\ X & X & 0 \\ X & 0 & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_{121} \\ DP_{122} \\ DP_{123} \end{Bmatrix} \quad \text{Eq. (3.6)}$$

$$\begin{Bmatrix} FR_{1231} \\ FR_{1232} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} a & 0 \\ b & c \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_{1231} \\ DP_{1232} \end{Bmatrix} \quad \text{Eq. (3.7)}$$

Outra forma de representação da arquitetura do sistema é o Diagrama de Junção de Módulos. O conceito de módulos é importante no projeto de sistema. Deve-se defini-los cuidadosamente baseado nos princípios básicos. No Projeto Axiomático, módulo é definido em termos da relação FR/DP ou DP/PV.

Um módulo é definido como a linha da matriz de projeto que produz um FR quando fornecido com a entrada do DP correspondente. Por exemplo, considerando a Equação 3.7,  $M_{1231}$  é o módulo que corresponde aos elementos da matriz e DPs apropriados que produzam o  $FR_{1231}$ , quando for multiplicado pelo  $DP_{1231}$ .

$$FR_{123} = aDP_{1231} = M_{1231} * DP_{1231} \quad \text{Eq. (3.8)}$$

$$FR_{1232} = bDP_{1231} + cDP_{1232} \quad \text{Eq. (3.9)}$$

$$FR_{1232} = M_{1232} * DP_{1232} \quad \text{Eq. (3.10)}$$

$$M_{1232} * DP_{1232} = bDP_{1231} + cDP_{1232} \quad \text{Eq. (3.11)}$$

$$M_{1232} = b \frac{DP_{1231}}{DP_{1232}} + c \quad \text{Eq. (3.12)}$$

A figura 3.18 apresenta o diagrama de Junção de Módulos correspondente ao exemplo da Figura 3.17.

Para representar a relação entre módulos, os seguintes símbolos são usados:

- Ⓢ Representa uma soma simples de FRs. É utilizado em projeto desacoplado.
- Ⓒ Indica que DPs e Ms devem ser controlados na seqüência, como sugerido pela matriz de projeto. É utilizado em projeto semi-acoplado.
- Ⓕ Indica que é necessário *feedback*. É utilizado em projeto acoplado.

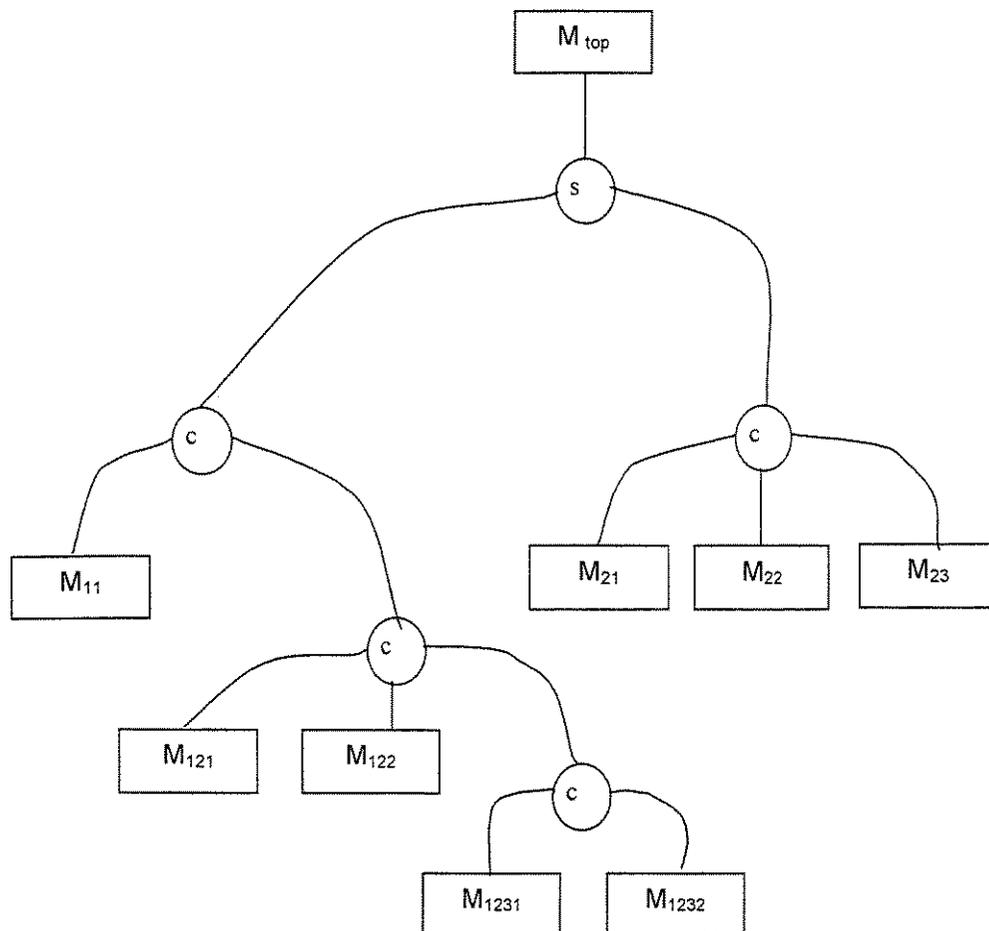


Figura 3.18. Diagrama de Junção de Módulos

Tendo-se a definição de módulos de um sistema, pode-se usar o Diagrama de Fluxo, que é uma outra maneira de representação da arquitetura do sistema.

Este diagrama tem como objetivo principal apresentar a sequência de implementação do sistema.

A figura 3.19 mostra o Diagrama de Fluxo correspondente ao exemplo da figura 3.17.

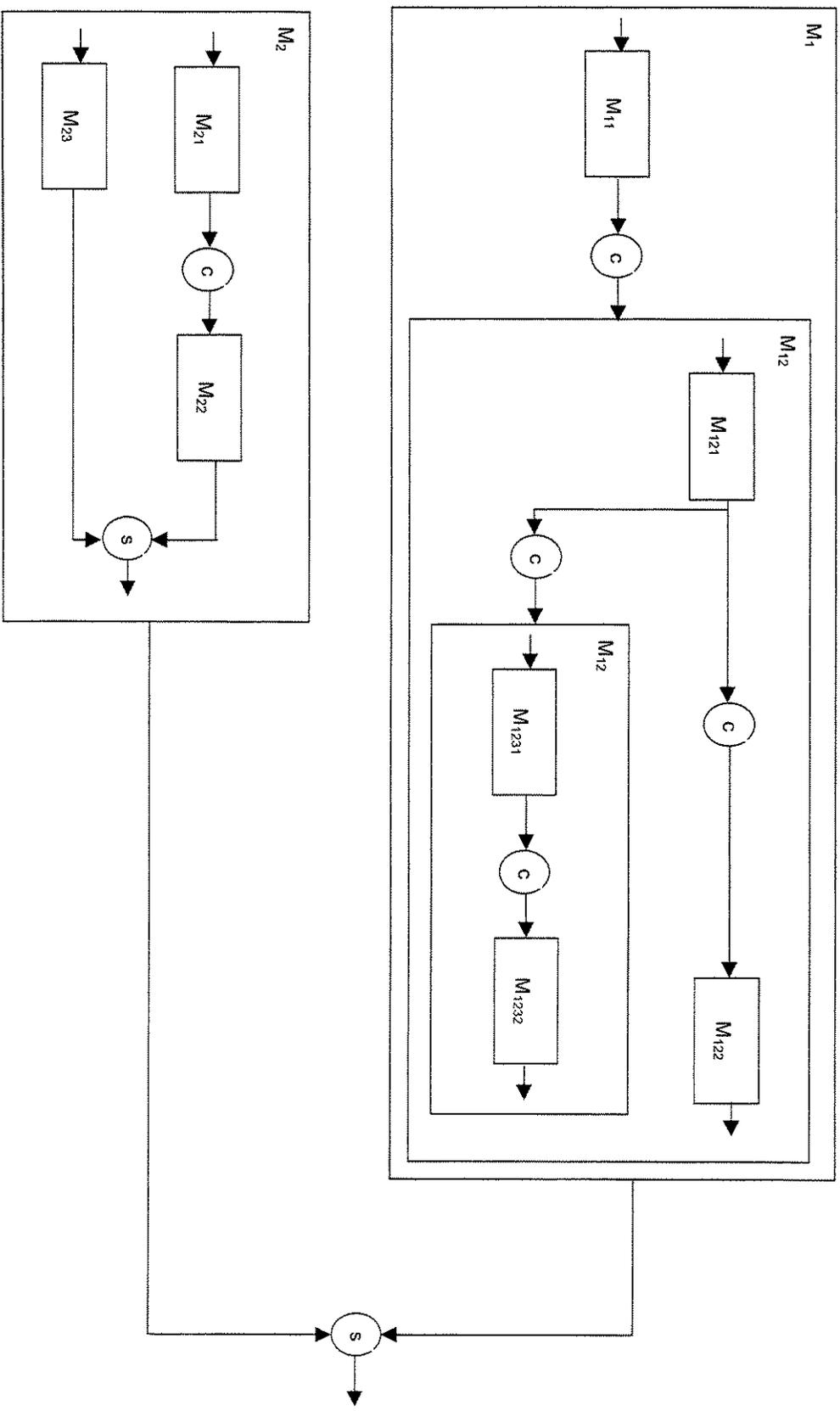


Figura 3.19. Diagrama de Fluxo

### 3.11. Comentários Finais

Este capítulo apresentou uma revisão bibliográfica sobre todos os temas importantes para o desenvolvimento da metodologia que será apresentada no próximo capítulo. Foi mostrado um histórico do Gerenciamento Ambiental e definido o termo Desenvolvimento Sustentável. Baseado neste histórico fez-se uma comparação entre a relação empresa e meio ambiente atualmente e no passado. Apresentou-se ainda, a série de normas ISO 14.000. Na norma ISO 14.000 a Avaliação do Ciclo de Vida é a que mais contribui para a análise do ciclo de desenvolvimento. Para poder ponderar a importância dos aspectos ambientais, foram apresentados os aspectos financeiros, através do Custeio Alvo, o Custeio Baseado em Atividades e o Custeio do Ciclo de Vida. O Projeto axiomático foi utilizado como um facilitador para desenvolvimento da metodologia a ser proposta.

O próximo capítulo apresentará a metodologia proposta e todo o desenvolvimento realizado.

## **Capítulo 4**

### **PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA**

#### **4.1. Introdução**

Neste capítulo é proposta uma metodologia que considera os aspectos ambientais na fase de desenvolvimento do produto. Foi utilizado o Projeto Axiomático para desenvolvimento desta metodologia.

Primeiramente, é apresentada a metodologia e a decomposição realizada nível a nível, bem como todas as explicações. A Metodologia de Projeto Axiomático possui um axioma que procura manter a independência funcional. Logo, explica-se também toda a interdependência encontrada. A seguir apresenta-se a decomposição como um todo e a matriz composta. Por fim, é apresentado o diagrama de fluxo, onde se mostra a seqüência de implementação para o desenvolvimento do produto.

## 4.2. Metodologia

A metodologia apresentada neste trabalho foi inicialmente baseada em um modelo de referência desenvolvido na Fábrica Integrada Modelo da USP/São Carlos, onde seriam incluídos aspectos de custos e de adequação ambiental. Neste modelo são simuladas todas as fases de desenvolvimento de novos produtos (ROZENFELD, 1997).

Este modelo é baseado em uma visão holística\* e para isto é necessário que a empresa pense em um conjunto de *Business Process* (BP). Um *Business Process* é um processo que ocorre dentro das empresas. Ele contém um conjunto de atividades, associadas às informações que manipula, utilizando os recursos e a organização da empresa. Forma uma unidade coesa e deve ser focalizado em um tipo de negócio, que normalmente está direcionado a um determinado mercado/cliente, com fornecedores bem definidos, como mostra a figura 4.1.

---

\* A visão holística de uma empresa equivale a uma "imagem única", sintética de todos os elementos da empresa, que normalmente podem ser relacionados a visões parciais abrangendo suas estratégias, atividades, informações, recursos e organização, assim como suas inter-relações (ROZENFELD, 1997).



Figura 4.1. Lógica do *Business Process* (ROZENFELD, 1996)

O uso do BP no desenvolvimento de novos produtos visa aumentar a qualidade do produto com o foco no cliente e diminuir o ciclo de desenvolvimento e consequentemente a diminuição dos custos.

Sabe-se que o grau de incerteza no início do desenvolvimento de um produto é muito elevado. Porém, com o tempo este grau de incerteza vai diminuindo através das ações tomadas para corrigir o projeto. Entretanto, é justamente no início do desenvolvimento que se seleciona a maior parte das soluções construtivas. As escolhas de alternativas ocorridas no início do ciclo de desenvolvimento são responsáveis por 70% do custo do produto final. O custo de modificação aumenta ao longo do ciclo de desenvolvimento, pois a cada mudança, um número maior de decisões já tomadas pode ser invalidado. Além disso, o processo de desenvolvimento seqüencial faz com que um alto número de alterações ocorra muito tardiamente (ROZENFELD, 1996).

A figura 4.2 mostra que a quantidade de escolhas vai diminuindo com o tempo, ou seja, as escolhas passam a influenciar muito pouco, bem como o grau de incerteza. Já a influência do custo é maior na fase inicial. Esta figura quer mostrar que é interessante trazer o máximo possível

das alterações para o início do desenvolvimento. Isto pode ser conseguido com a Engenharia Simultânea.

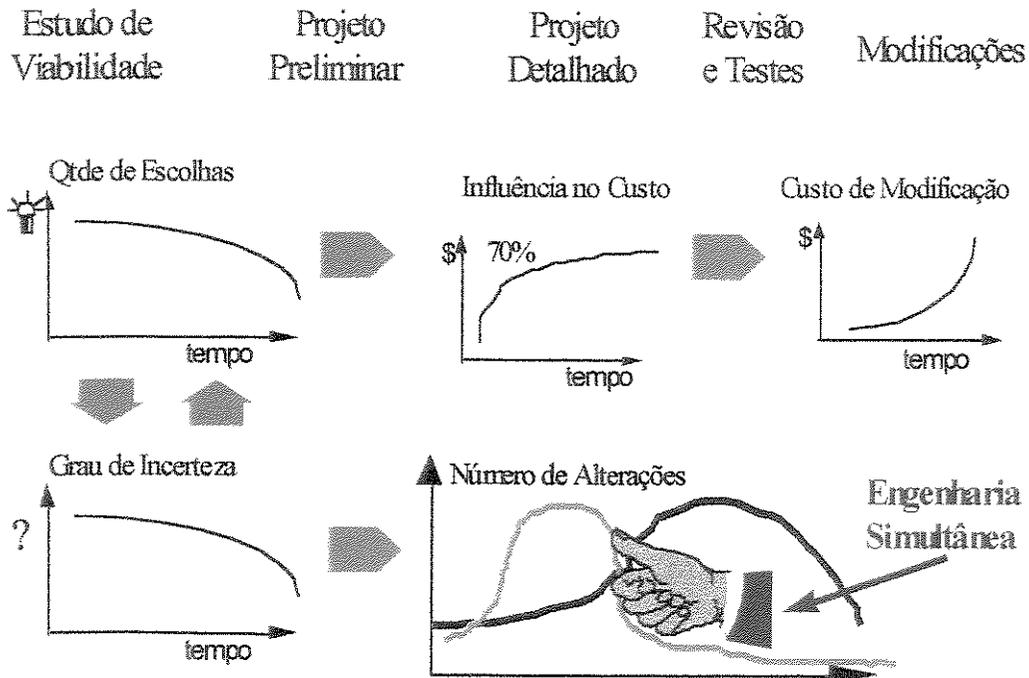


Figura 4.2. Influência das alterações no produto no custo do projeto

A figura 4.3 apresenta o BP de desenvolvimento de novos produtos. Esta é baseada na forma de representação adotada pelo APQP (*Advanced Product Quality Planning*) (APQP, 1997) da QS 9.000 (QS 9.000, 1998).

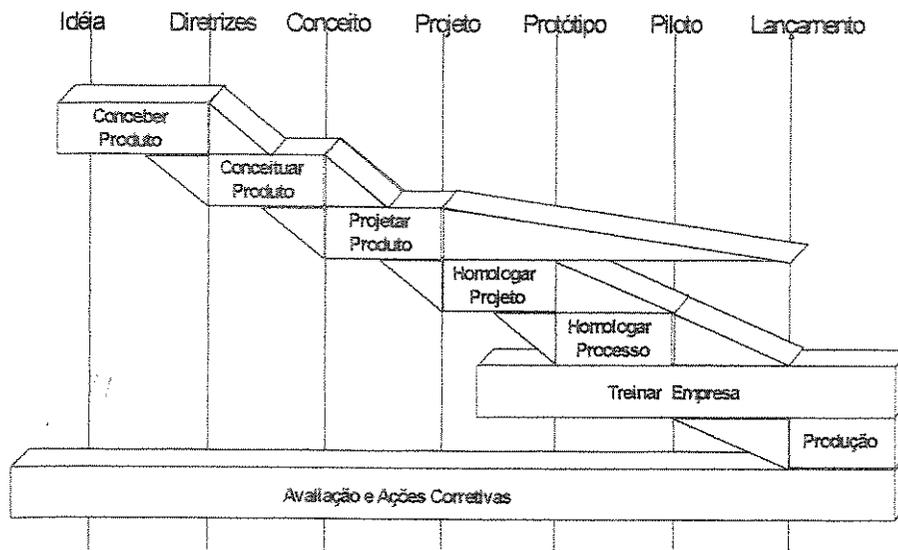


Figura 4.3. BP de Desenvolvimento de Produto (ROZENFELD, 1997)

Apesar da apresentação em fases, o importante é garantir que as fases tenham uma grande sobreposição, como mostra a figura 4.3. Ou seja, uma atividade de uma fase deve ser iniciada antes que a fase anterior seja finalizada, desde que a informação necessária ao seu desenvolvimento já esteja disponível. No entanto, em certos momentos as informações são “congeladas” para se dar continuidade a evolução do desenvolvimento. Nestes pontos deve-se tomar a decisão de continuar ou não com o desenvolvimento do produto.

Este foi o modelo de referência inicialmente utilizado. Porém, este apresentou algumas desvantagens para esta proposta de metodologia, são elas:

- Trata apenas de sistemas de produção existentes. É considerada apenas a questão de substituição de produtos no âmbito da produção.
- Não considera aspectos ambientais na fase de projeto da produção, ou seja, não considera a seleção de processos em termos dos resíduos gerados pelos mesmos.

- Não considera as fases do projeto da distribuição, operação e remanufatura\*.

Teve-se grandes dificuldades para se superar estas desvantagens. Tentou-se utilizar este modelo de referência inicialmente, porém não foi possível atingir o objetivo desejado. Logo, faz-se necessária uma nova metodologia de concepção e projeto do produto que analise os aspectos ambientais durante todo o ciclo de vida deste produto. Além disso, era necessária uma metodologia que facilitasse a estruturação das fases do ciclo de vida.

Para propor esta metodologia de concepção e projeto de um produto foi utilizada a metodologia de Projeto Axiomático. Esta metodologia está definida no capítulo 3. Utilizou-se esta metodologia pelos seguintes aspectos:

- O Projeto Axiomático é talvez a única metodologia que claramente procura a solução, ou seja, o parâmetro de projeto. As outras funcionam fundamentalmente como uma base de dados das necessidades do cliente.
- O Projeto Axiomático possui um axioma que procura manter a independência funcional do sistema, o que não acontece com as outras metodologias. Ao contrário, procura-se uma única solução (parâmetro de projeto) para resolver os vários requisitos funcionais.
- A complexidade no Projeto Axiomático é definida em função do conteúdo de informação.

### 4.3. Desenvolvimento da Metodologia

Como já dito anteriormente, foi utilizada aqui a metodologia do Projeto Axiomático. Esta possui quatro conceitos chaves. O primeiro é o domínio de projeto. Neste trabalho foi

---

\*A fase de remanufatura corresponde ao final da vida do produto, ou seja, a coleta, desmontagem, reciclagem e descarte do produto.

considerado o mapeamento do domínio funcional para o domínio físico. Neste mapeamento utilizou-se um outro conceito chave que é o axioma da independência. Tentou-se ao máximo manter a independência entre um requisito funcional e seu respectivo parâmetro de projeto. Quando isto não foi possível, mostrou-se claramente a dependência encontrada e os seus motivos. Outro conceito chave utilizado foi o da decomposição do projeto. Foi utilizado o processo de decomposição “Zig-Zag”, ou seja, decomposição hierárquica. Com isto pode-se examinar o problema em pequenas partes, ou melhor, em níveis hierárquicos.

Como este trabalho tem como objetivo propor uma metodologia geral para desenvolvimento do produto, assumiu-se o caso de uma empresa que já desenvolveu sua estratégia de negócio e decidiu por desenvolver um novo produto.

A seguir será apresentada a proposta de metodologia nível a nível com todas as explicações. No final será apresentada toda a decomposição, bem como a matriz composta e o diagrama de fluxo. A matriz composta mostra todas as interdependências entre os parâmetros de projeto e os requisitos funcionais. O diagrama de fluxo mostra a seqüência de implementação.

#### **4.3.1. Hierarquia {FR}/{DP} - Nível 1 e Nível 2**

A figura 4.4 apresenta o nível 1 e 2 da decomposição proposta.

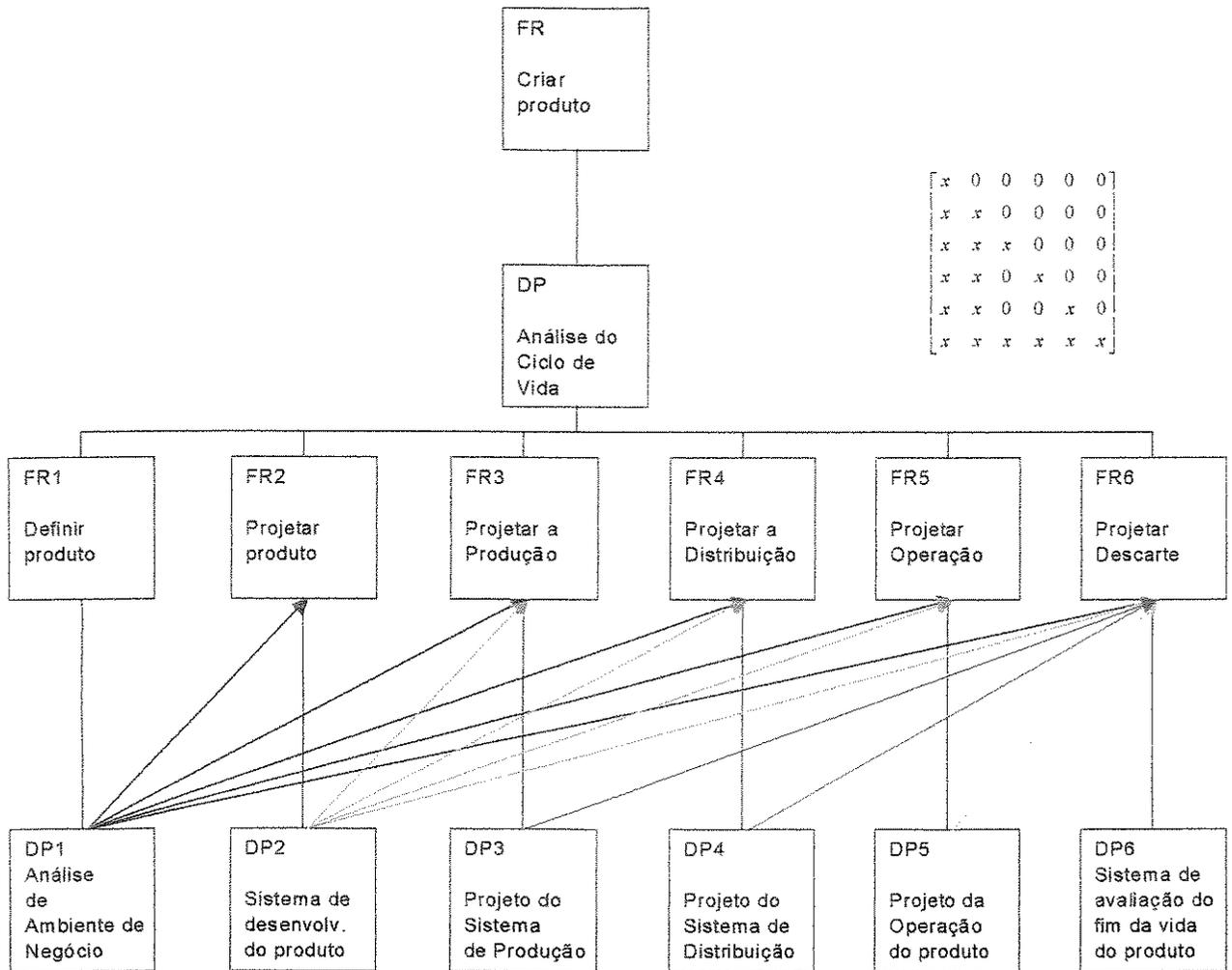


Figura 4.4. Primeiro e segundo nível da decomposição proposta

No primeiro nível o FR é *Criar Produto* e o seu DP correspondente é *Análise do Ciclo de Vida*. Como dito anteriormente, o Requisito Funcional buscado é a criação do produto – FR. Para atingir este objetivo é desenhado um sistema de *Análise do Ciclo de Vida* do produto – DP. A decomposição deste DP aponta para seis Requisitos Funcionais: Definir produto (FR<sub>1</sub>), Projetar produto (FR<sub>2</sub>), Projetar a Produção (FR<sub>3</sub>), Projetar a Distribuição (FR<sub>4</sub>), Projetar Operação (FR<sub>5</sub>) e Projetar Descarte (FR<sub>6</sub>). É importante salientar que este modelo atende a empresas do setor de

fabricantes de componentes, por exemplo, indústria de autopeças, montadoras, indústria de eletrodomésticos, indústria mecânica, indústria de máquina ferramenta, etc.

O primeiro FR do segundo nível é **FR<sub>1</sub> - Definir Produto** e seu DP correspondente é **DP<sub>1</sub> - Análise do Ambiente de Negócio**. Para responder ao requisito Definir Produto é usada a Análise do Ambiente de Negócio. Esta análise tem como objetivo a monitoração do ambiente organizacional para identificar os riscos e oportunidades presentes e futuras, que influenciam a capacidade das empresas de atingir suas metas. Neste sentido, o mercado não se limita apenas aos clientes, mas se estende aos próprios funcionários da empresa e seus concorrentes. Nesta consulta ao mercado, o novo produto é concebido. Esta consulta ao mercado reúne as informações recolhidas com clientes, análises encomendadas ou realizadas pelos dirigentes, observações de concorrentes, necessidades de melhoria, etc. A decomposição deste DP aponta para três requisitos funcionais: Conhecer o custo do produto (FR<sub>11</sub>); avaliar a viabilidade econômica (FR<sub>12</sub>) e conhecer os impactos ambientais (FR<sub>13</sub>). Neste estudo é considerada apenas a parte financeira e ambiental. Logo, não foram considerados os outros FRs que fariam parte desta decomposição, tais como: *marketing*, qualidade, estratégia, etc.

O segundo FR do segundo nível é **FR<sub>2</sub> - Projetar Produto** e seu DP correspondente é **DP<sub>2</sub> - Sistema de desenvolvimento do produto**. Para atingir o requisito funcional projetar produto é desenhado um sistema de desenvolvimento do produto. Este sistema tem como cliente a própria empresa, ou seja, este sistema deve atender as necessidades da empresa, enquanto o produto deve atender as necessidades dos clientes externos. Logo, a decomposição deste DP aponta para três requisitos funcionais: Minimizar custo de desenvolvimento (FR<sub>21</sub>), Minimizar tempo de desenvolvimento (FR<sub>22</sub>) e Aumentar retorno sobre vendas (FR<sub>23</sub>).

O terceiro FR do segundo nível é **FR<sub>3</sub> - Projetar a Produção** e seu DP correspondente é **DP<sub>3</sub> - Projeto do Sistema de Produção**. O Projeto do Sistema de Produção (PSD – *Production System Design*) foi desenvolvido usando novamente a abordagem do Projeto Axiomático (COCHRAN, 1994; SUH et al., 1998). Esta estrutura incorpora os requisitos funcionais do sistema de produção que afeta decisões que vão desde investimento em recursos de manufatura até projeto e operação destes recursos.

O quarto FR do segundo nível é *FR<sub>4</sub> – Projetar Distribuição* e seu DP correspondente é *DP<sub>4</sub> – Projeto do Sistema de Distribuição*. Este trabalho não fará a decomposição deste DP, já que este é um assunto que foge do escopo desta tese, devendo ser um estudo a parte. Para maiores detalhes ver trabalho de KARLSON & AHLSTRÖM (1996).

O quinto FR do segundo nível é *FR<sub>5</sub> – Projetar Operação* e seu DP correspondente é *DP<sub>5</sub> – Projeto da Operação do Produto*. Este FR apresenta uma particularidade, já que ele impacta em toda cadeia de valor a qual este produto pertence e não apenas no ciclo de vida do produto. Quando se faz um Projeto da Operação do Produto (DP<sub>5</sub>) está se impactando diretamente na produção de uma outra empresa, que estará utilizando este produto.

A figura 4.5 apresenta a operação do produto na cadeia de valor. Esta figura mostra o exemplo da cadeia de máquinas, equipamentos e outros insumos de produção.

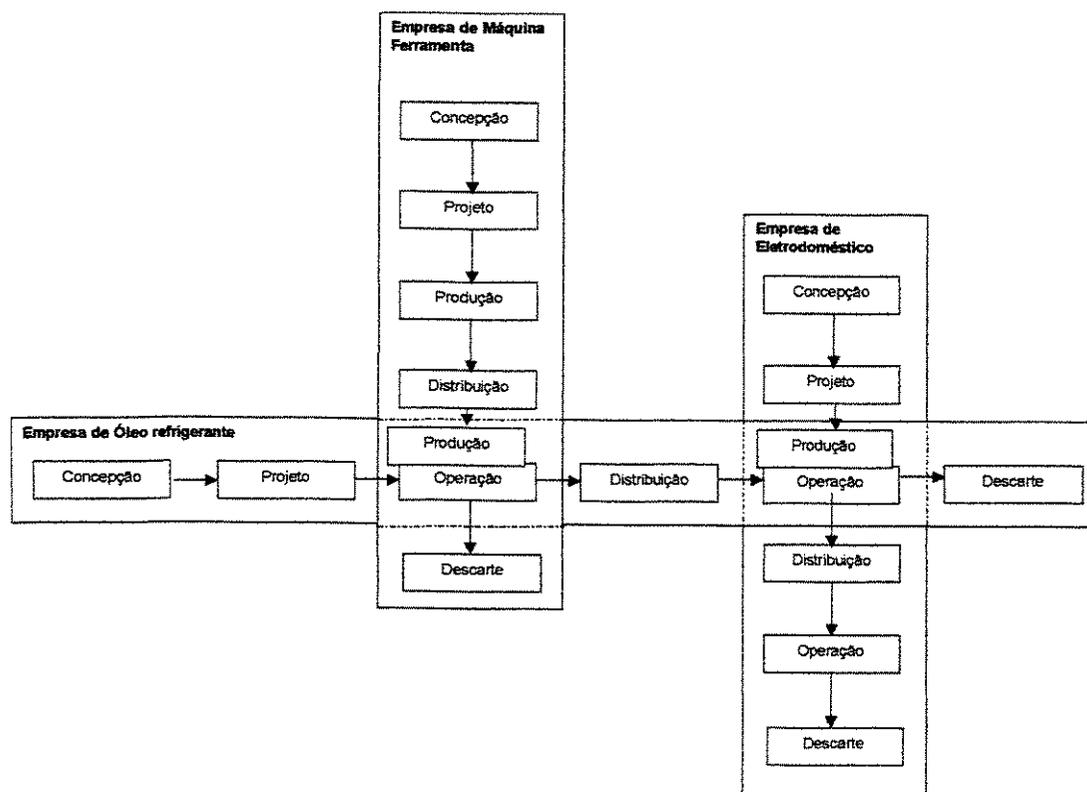


Figura 4.5. Ciclo de Vida do Produto sobre o enfoque da Cadeia de Valor de máquinas, equipamentos e outros insumos de produção

Neste exemplo o produto de consumo é um eletrodoméstico. Na produção deste eletrodoméstico utiliza-se óleo refrigerante, ou seja, o projeto de operação do óleo refrigerante vai influenciar a produção da empresa de eletrodoméstico, que estará utilizando este óleo. O descarte deste óleo é de responsabilidade da empresa que produz o eletrodoméstico. A série ISO 14.000, mais especificamente a norma sobre Sistema de Gerenciamento Ambiental (ISO 14.001), trata apenas deste aspecto. Ou seja, a responsabilidade do produto não é de responsabilidade do seu produtor, mas do usuário. O mais correto seria a empresa de eletrodoméstico apenas pagar pelo uso deste óleo.

A figura 4.6 apresenta o ciclo de vida do produto sobre o enfoque da cadeia de valor para matérias-primas, componente ou subconjuntos.

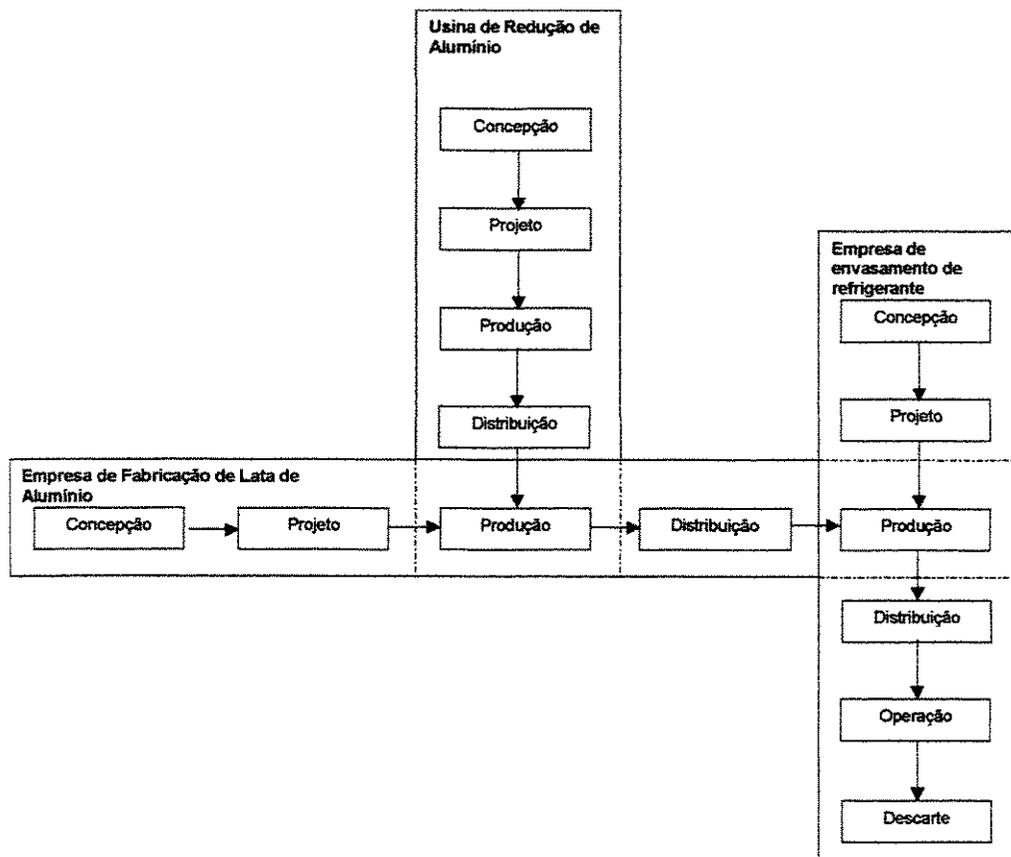


Figura 4.6. Ciclo de Vida do Produto sobre o enfoque da Cadeia de Valor para matérias-primas, componentes ou subconjuntos

Neste exemplo o produto de consumo é um refrigerante. Para embalar o refrigerante é necessária a utilização da lata de alumínio. Este produtor de lata não tem a responsabilidade, porém, do descarte do seu produto. O mesmo acontece com a usina de redução de alumínio.

É interessante notar que a decomposição do DP<sub>5</sub> – Projeto da Operação em uma empresa fornecedora, corresponde à parte do Projeto de Produção do seu cliente. Se a empresa produz um produto para um usuário final o DP<sub>5</sub> realmente corresponde ao projeto da operação para o cliente final. Conclui-se então, que as árvores na cadeia de valor se interrelacionam.

O sexto FR do segundo nível é **FR<sub>6</sub> – Projetar Descarte** e seu DP correspondente é **DP<sub>6</sub> - Sistema de avaliação do fim da vida do produto**. Este sistema tem como objetivo definir o final da vida do produto. O produto pode ser simplesmente descartado ou pode passar por um processo de remanufatura. Se o produto for descartado, é necessário definir se o produto necessita de um processo especial de descarte.

Caso o produto passe por um processo de remanufatura, ele pode ser desmontado, reutilizado e/ou reciclado. A figura 4.7 mostra como o mercado e a empresa se interagem na fase de manufatura e remanufatura.

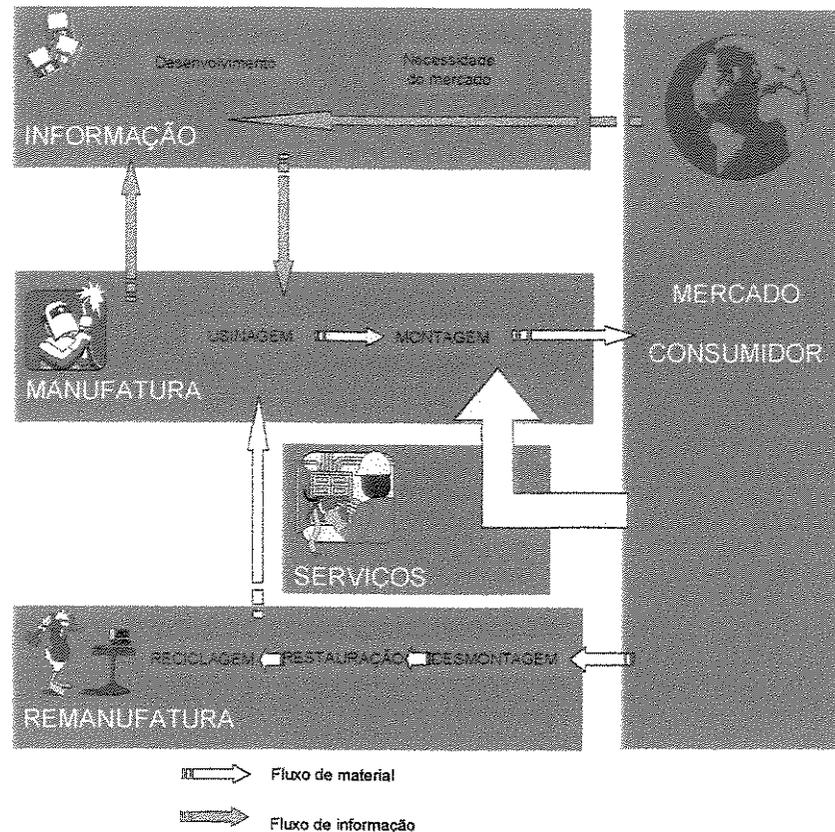


Figura 4.7. Interação entre empresa e mercado consumidor durante o ciclo de vida do produto (WESTKÄMPER & OSTEN-SACKEN, 1998)

### Análise da interdependência no nível 2

De acordo com a figura 4.4, o DP<sub>1</sub> – Análise do Ambiente de Negócio influencia os requisitos funcionais FR<sub>2</sub>, FR<sub>3</sub>, FR<sub>4</sub>, FR<sub>5</sub> e FR<sub>6</sub>. Ele influencia o FR<sub>2</sub> – Projetar Produto, pois a Análise do Ambiente de Negócio mostra a empresa o que os clientes esperam do produto, bem como o que tem sido feito pelos concorrentes. Influencia o FR<sub>3</sub> – Projetar Produção, pois é na Análise do Ambiente de Negócio que se estabelece os objetivos estratégicos que definem os requisitos funcionais do Sistema de Produção. Influencia o FR<sub>4</sub> – Projetar Distribuição, pois é na Análise do Ambiente de Negócio que se descobre se o cliente quer que o produto seja entregue, se o cliente irá comprar o produto em um centro de distribuição, se ele quer entrega imediata ou se pode esperar por um certo tempo, etc. Influencia o FR<sub>5</sub> – Projetar Operação, pois estará se fazendo também um estudo da legislação ambiental. Influencia o FR<sub>6</sub> – Projetar Descarte, pois é

na Análise do Ambiente de Negócio que se avalia a conscientização ambiental do cliente deste produto.

O DP<sub>2</sub> – Sistema de desenvolvimento do produto influencia os requisitos funcionais FR<sub>3</sub>, FR<sub>4</sub>, FR<sub>5</sub> e FR<sub>6</sub>. Ele influencia o FR<sub>3</sub> – Projetar Produção, pois é neste sistema que se definem todos os processos de fabricação do produto. Influencia o FR<sub>4</sub> – Projetar Distribuição, pois por exemplo, uma indústria do setor alimentício, onde o produto tem prazo de validade reduzido, faz-se necessário considerar este ponto na fase de desenvolvimento deste produto. Influencia o FR<sub>5</sub> – Projetar Operação, pois vários parâmetros do produto vão afetar a operação e manutenção do mesmo. E influencia o FR<sub>6</sub> – Projetar Descarte, pois este sistema estabelecerá a matéria-prima do produto e vários outros aspectos que influenciarão o descarte do produto.

O DP<sub>3</sub> – Projeto do Sistema de Produção influencia o FR<sub>6</sub> – Projetar Descarte, pois é nesta fase que se conhece toda a geração de resíduos do sistema de fabricação. Nesta etapa também se projeta todo o sistema de utilidades, como por exemplo, o tratamento de resíduos do processo.

O DP<sub>4</sub> – Projeto do Sistema de Distribuição influencia o FR<sub>6</sub> – Projetar Descarte, pois o mesmo sistema de logística de distribuição deve ser o de logística de coleta do produto.

O DP<sub>5</sub> – Projeto da Operação do Produto influencia o FR<sub>6</sub> – Projetar Descarte, pois dependendo da operação, ou seja do uso do produto, o descarte será de forma diferenciada.

Outro aspecto importante é o geográfico. Diversas atividades são realizadas em lugares distintos. Devido à globalização dos mercados, os produtos são desenvolvidos, fabricados, utilizados e reciclados em várias partes do planeta. As conexões e a interdependência de todas as fases do ciclo de vida de um produto fazem com que o fluxo de informação se torne complexo. A figura 4.8 apresenta a importância do fluxo de informação.

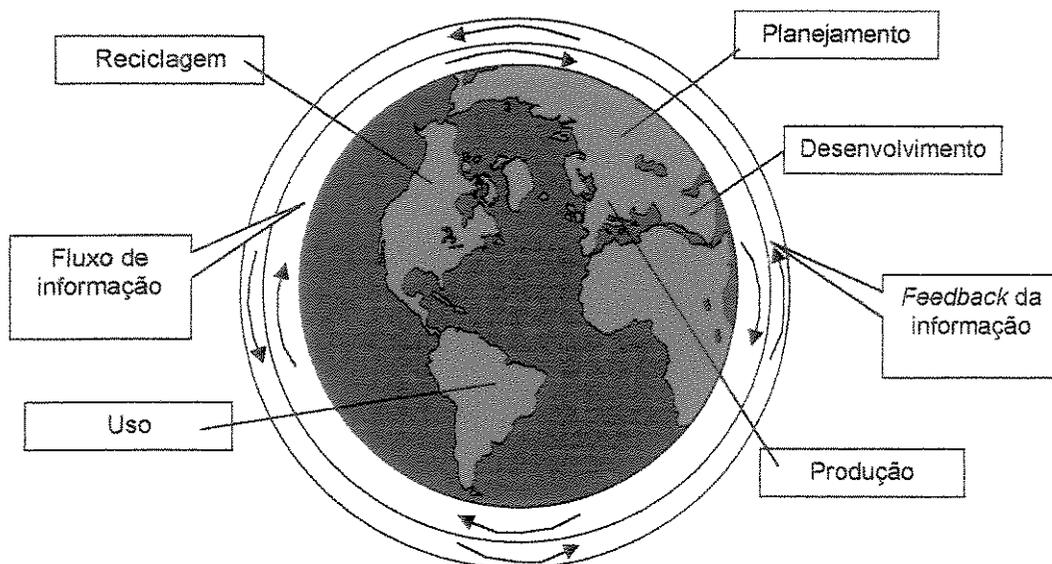


Figura 4.8. Fluxo de informação distribuído de acordo com o lugar e o tempo (KRAUSE & KIND, 1998).

#### 4.3.2. Hierarquia {FR}/{DP} - Nível 3

A figura 4.9 apresenta o nível 3 da decomposição proposta para o FR<sub>1</sub> – Definir Produto (ver figura 4.4 na página 104).

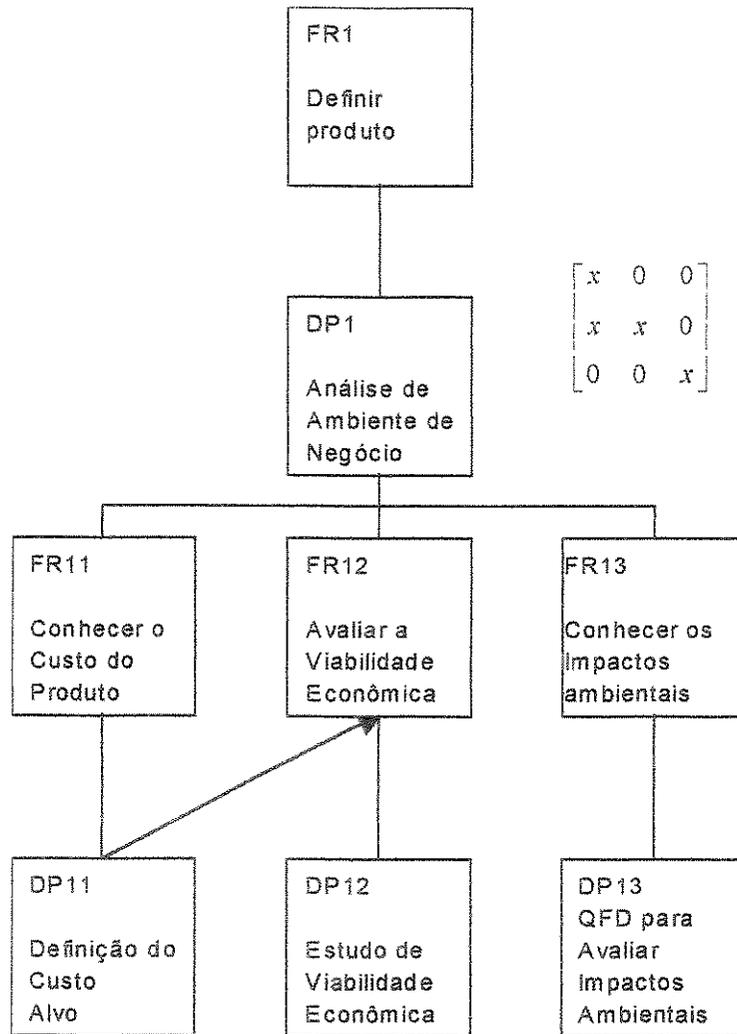


Figura 4.9. Decomposição do  $FR_1$  – Definir Produto

O primeiro FR do terceiro nível relativo a decomposição do  $\{FR_1\}/\{DP_1\}$  – Definir Produto/Análise do Ambiente de Negócio é o  $FR_{11}$  – *Conhecer o custo do produto* e seu DP correspondente é  $DP_{11}$  – *Definição do custo alvo*. Através de uma pesquisa de mercado é possível conhecer o preço que o mercado está disposto a pagar por este produto. De posse do preço definido pelo mercado é possível definir o custo alvo, que será resultado da subtração do preço pela margem de lucro que o acionista deseja. De posse deste custo é possível projetar pensando no custo alvo. Esta metodologia é especificamente usada para alinhar os esforços de desenvolvimento com as metas financeiras do negócio (LANCIA, 1998). Para isto pode-se usar

um modelo existente de Custeio Baseado em Atividades e usá-lo para orçar o novo produto e ter uma visão clara da alocação dos custos (LOBO et al., 1999), como mostra a figura 4.10.

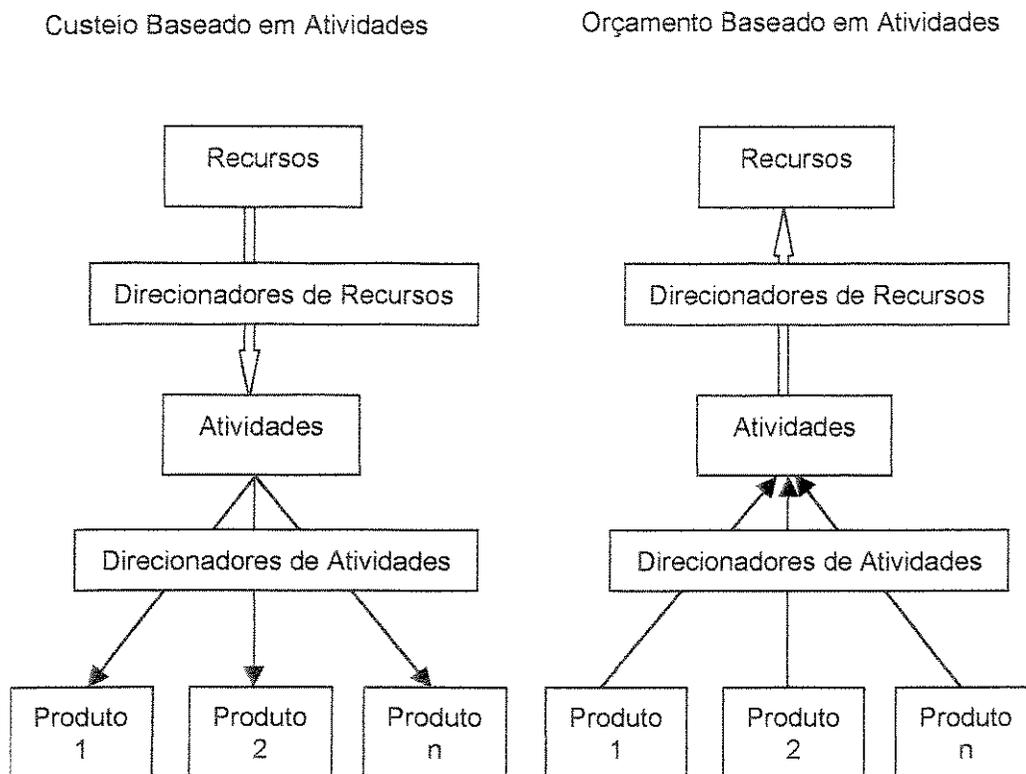


Figura 4.10. Orçamento Baseado em Atividades (COOPER & KAPLAN, 1998)

É necessário, também montar um cronograma de desenvolvimento. De posse do cronograma com todas as atividades, prazos e recursos estabelecidos, e o custo das atividades, obtido através do Orçamento Baseado em Atividades, pode-se obter o custo do desenvolvimento do produto. Este custo é trazido para valor presente e dividido pelo número total de unidades previstas a serem vendidas ao longo do ciclo de vida deste produto como mostra a figura 4.11.

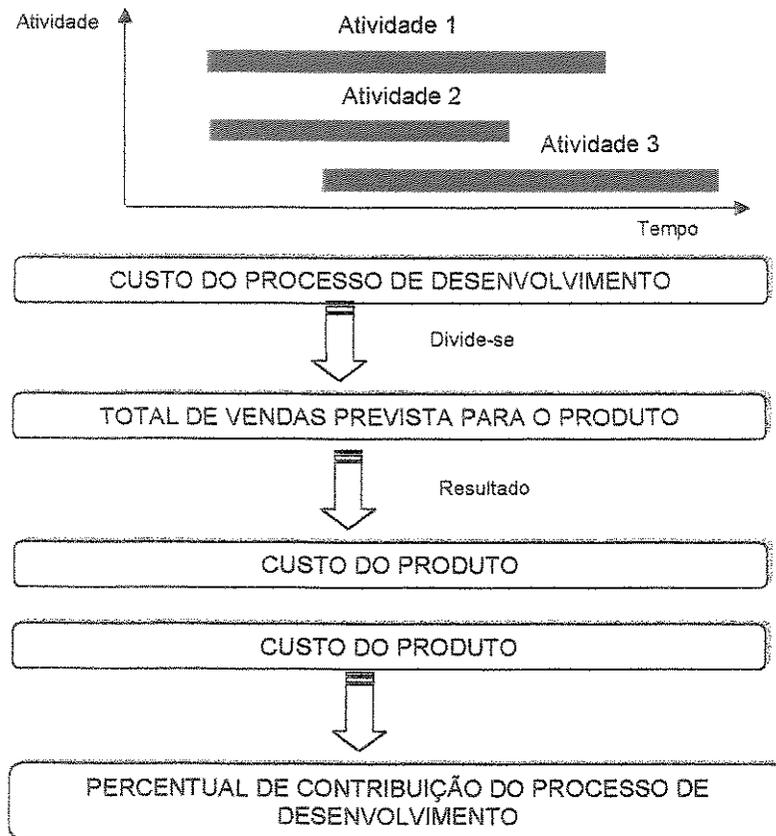


Figura 4.11. Custo do produto (LOBO & LIMA, 1998)

O segundo FR do terceiro nível relativo a decomposição do  $\{FR_1\}/\{DP_1\}$  é o  $FR_{12}$  – *Avaliar a viabilidade econômica* e seu respectivo DP é  $DP_{12}$  – *Estudo de viabilidade econômica*. Com a análise dos recursos que serão necessários alocar em máquinas, em tecnologia, em mão-de-obra e em desenvolvimento de mercado faz-se um estudo da viabilidade econômica. Neste estudo calcula-se as taxas de retorno sobre investimento, *payback*, entre outros.

O terceiro FR do terceiro nível relativo a decomposição do  $\{FR_1\}/\{DP_1\}$  é o  $FR_{13}$  – *Conhecer os impactos ambientais* e seu respectivo DP é  $DP_{13}$  – *QFD para avaliar impactos ambientais*. É necessário considerar os aspectos ambientais na pesquisa de mercado. Levando em consideração os aspectos ambientais na pesquisa de mercado, pode-se traduzir estes requisitos dos clientes em parâmetros de projeto. De acordo com as prioridades dos clientes, dá-se a devida atenção a estas funções em todas as fases do desenvolvimento do produto. É necessário

considerar ainda os requisitos do pós-vida útil na técnica de QFD (*Quality Function Deployment*). Deve-se, ainda, fazer a matriz de planejamento da utilização da sucata do produto.

Faz-se necessário, ainda, uma análise de atratividade das idéias onde se deve considerar os seguintes aspectos (FAVA, 1993):

- Este produto é reciclável?
- Este produto tem chance de obter selo verde?
- Este produto será bem recebido pela comunidade?
- Qual é a origem da matéria-prima?
- O produto é altamente dependente de recursos não renováveis?
- Quais são os impactos do produto no consumo de energia?
- O produto requer um processo com uso intensivo de energia?
- O produto requer um intensivo uso de água?
- O produto requer algum uso adicional ou excessivo de técnicas de final de linha?
- O produto ou processo gera excessivo lançamento de materiais tóxicos, como CO<sub>2</sub>?
- O produto (ou componentes) pode ser facilmente reciclado, reutilizado ou recuperado?

Estas perguntas devem aparecer na planilha de atratividade, já que cada vez mais o impacto que um produto causa ao meio ambiente, é considerado pelo consumidor.

Outro aspecto que deve ser considerado é o descarte final do produto. Existem alguns produtos que não podem ser jogados no lixo, eles precisam ser armazenados pelos seus

consumidores para descarte em local adequado (por exemplo, baterias). Isto pode ser um problema para o cliente final, fazendo com que o índice de atratividade diminua (LOBO & LIMA, 1999).

O processo de fabricação deste produto pode ainda ser muito poluente, ou pode ser de emissão zero, por exemplo. Isto influenciará muito na análise de atratividade.

### **Análise da interdependência no nível 3 da decomposição do FR<sub>1</sub> – Definir Produto**

O DP<sub>11</sub> – Definição do Custo Alvo influencia o FR<sub>12</sub> – Avaliar a viabilidade econômica, já que é necessário conhecer o preço de venda e o custo do produto.

A figura 4.12 apresenta o nível 3 da decomposição proposta para o FR<sub>2</sub> – Projetar Produto (ver figura 4.4 na página 104).

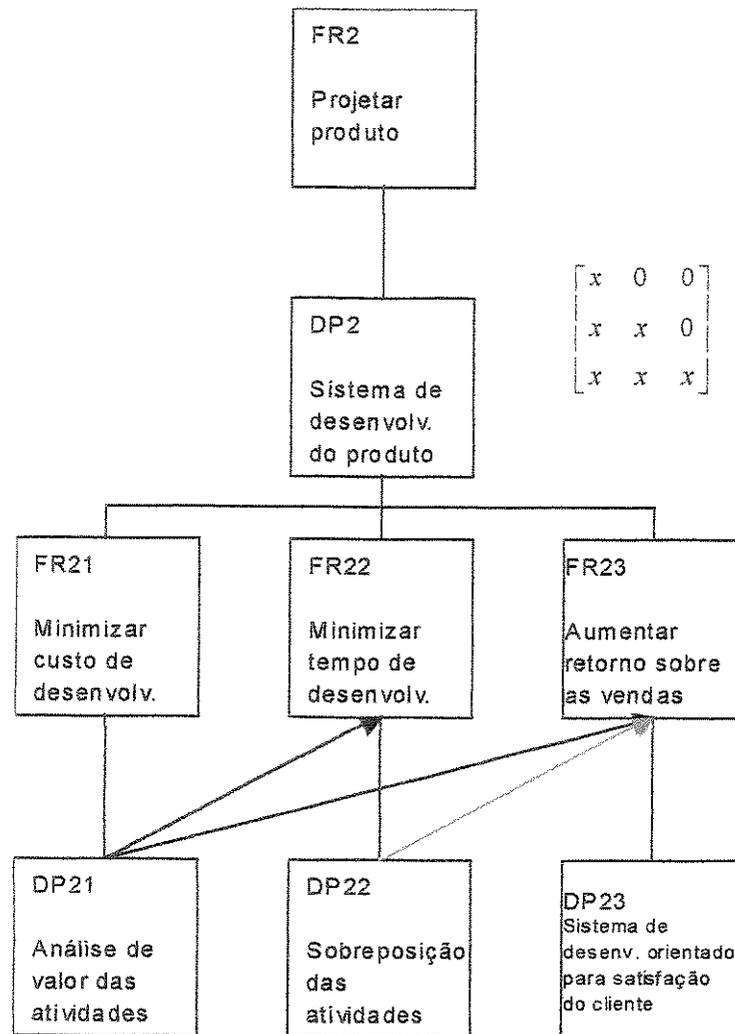


Figura 4.12. Decomposição do  $FR_2$  – Projetar Produto

O primeiro FR do terceiro nível relativo a decomposição do  $\{FR_2\}/\{DP_2\}$  – Projetar Produto/Sistema de desenvolvimento do produto é  $FR_{21}$  - *Minimizar custo de desenvolvimento* e seu DP correspondente é  $DP_{21}$  - *Análise de valor das atividades*. Aqui pode ser usada a Engenharia de Valor.

O segundo FR do terceiro nível relativo a decomposição do  $\{FR_2\}/\{DP_2\}$  é  $FR_{22}$  - *Minimizar tempo de desenvolvimento* e seu DP correspondente é  $DP_{22}$  - *Sobreposição das atividades*. O processo de desenvolvimento de um produto não pode mais ser visto de modo

linear, onde o projeto vai passando seqüencialmente de departamento para departamento, sofrendo numerosas alterações.

Segundo GRIGSON (1992), a prática da boa engenharia e as boas práticas de gerenciamento envolvem planejamento e metodologia estruturada.

Logo, para se conseguir reduzir o tempo de resposta ao mercado, o projeto do produto deve ser feito simultaneamente com o projeto do processo, ou seja, sobrepondo-se as atividades. Obtém-se com isso um aumento da qualidade, assim como a redução de erros humanos, reduzindo-se o ciclo de desenvolvimento.

O importante é criar as condições necessárias para que diferentes áreas de conhecimento e atividades venham a interagir durante o desenvolvimento do produto, para reduzir ao máximo os problemas de inconsistência do projeto e processo de fabricação, disponibilidade de fornecedores, prazos de entrega, etc.

Portanto, o time de trabalho é a chave para se conseguir a sobreposição das atividades, bem como o nível de comunicação entre os membros do time. Este time deve ser multifuncional, e para que ele esteja completo é necessário que haja um envolvimento dos fornecedores. Com isso é possível compartilhar informações que facilitem o entendimento do fornecedor e do cliente quanto às exigências do consumidor final, o desempenho do concorrente e seus próprios processos (HRONEC, 1994).

Logo, a sobreposição de atividades é baseada nos quatro Cs, que são (GIFFI et al., 1990):

1. *Concurrent* (Concorrente) – Projeto do produto e processo ocorrem paralelamente.
2. *Constraint* (Restrições) – Restrições do processo são consideradas parte do projeto do produto.
3. *Coordination* (Coordenação) – Produto e processo são coordenados para atingir o *mix* de requisitos desejados: custo, qualidade e entrega.

4. *Consensus* (Consenso) – O alto impacto das tomadas de decisões de projeto do produto e do processo envolve um time com participação e consenso.

O terceiro FR do terceiro nível relativo a decomposição do  $\{FR_2\}/\{DP_2\}$  é  $FR_{23}$  - *Aumentar retorno sobre as vendas* e seu DP correspondente é  $DP_{23}$  - *Sistema de desenvolvimento orientado para satisfação do cliente*. Para atingir o requisito funcional aumentar retorno sobre as vendas desenha-se um sistema de desenvolvimento orientado para satisfação do cliente. A decomposição deste DP aponta para quatro requisitos funcionais: Definir parâmetros do produto ( $FR_{231}$ ), Maximizar qualidade do produto ( $FR_{232}$ ), Minimizar custo do produto ( $FR_{233}$ ) e Obter produto ecologicamente correto ( $FR_{234}$ ).

#### **Análise da interdependência no nível 3 da decomposição do $FR_2$ – Projetar Produto**

O  $DP_{21}$  – Análise de valor das atividades influencia os requisitos funcionais  $FR_{22}$  e  $FR_{23}$ . Influencia o  $FR_{22}$  – Minimizar tempo de desenvolvimento, pois esta análise pode eliminar algumas atividades, ou reduzir os recursos e os tempos gastos nas atividades que continuam existindo. Influencia o  $FR_{23}$  – Aumentar retorno sobre as vendas, pois com a Análise de Valor faz-se apenas as atividades que realmente agregam valor, melhorando a qualidade do produto, bem como seu custo.

O  $DP_{22}$  – Sobreposição das atividades influencia o  $FR_{23}$  – Aumentar retorno sobre as vendas. Isto acontece, pois se consegue diminuir o tempo de desenvolvimento, colocando mais rapidamente o produto no mercado.

A figura 4.13 apresenta o nível 3 da decomposição proposta, para o  $FR_3$  – Projetar Produção (ver figura 4.4 na página 104).

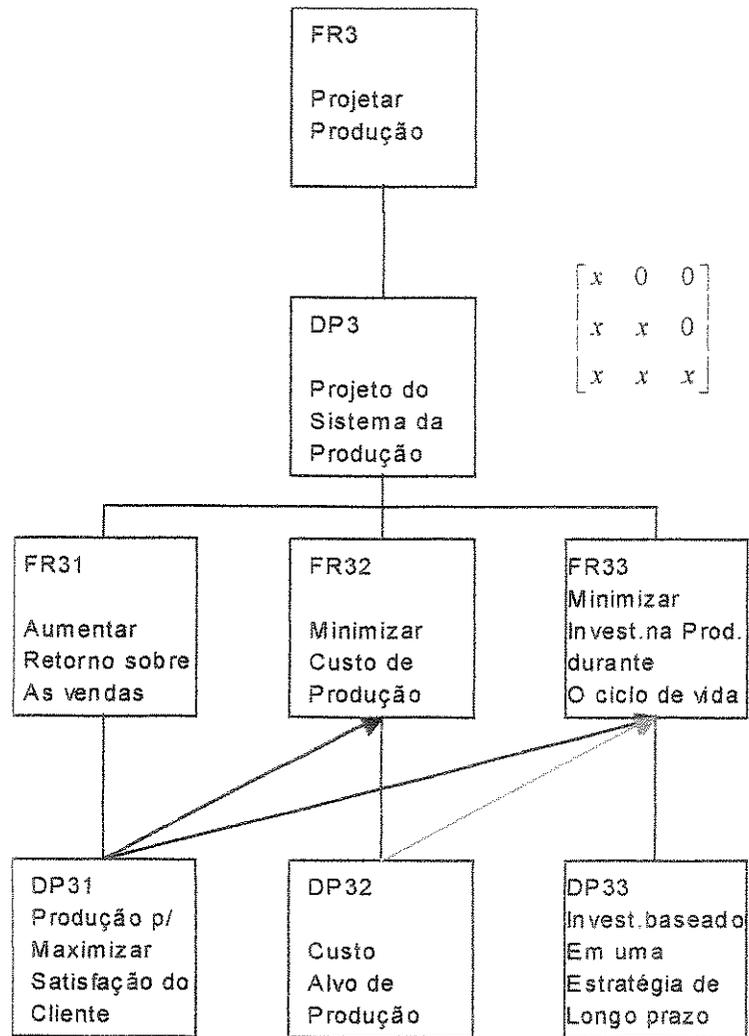


Figura 4.13. Decomposição do FR<sub>3</sub> – Projetar Produção (adaptado SUH et al., 1998)

Foram escolhidos estes três FRs pois o objetivo do Projeto do Sistema de Produção é maximizar o retorno sobre o investimento. Este é calculado pela Equação 4.1.

$$ROI = \frac{Venda - Custo}{Investimento} \quad (\text{Eq. 4.1})$$

Logo, os FRs que atingem este objetivo são aumentar retorno sobre as vendas, minimizar custo de produção e minimizar o investimento.

O primeiro FR do terceiro nível relativo a decomposição do  $\{FR_3\}/\{DP_3\}$  – Projetar Produção/Projeto do Sistema de Produção é o  $FR_{31}$  – *Aumentar retorno sobre as vendas* e seu DP correspondente é  $DP_{31}$  – *Produção para maximizar satisfação do cliente*. Para atingir o requisito funcional aumentar retorno sobre as vendas desenha-se um sistema de produção para maximizar a satisfação do cliente. Suas características principais são: garantir a qualidade do produto, entregar no prazo desejado pelo cliente e eliminar as variações do tempo de entrega.

O segundo FR do terceiro nível relativo a decomposição do  $\{FR_3\}/\{DP_3\}$  é o  $FR_{32}$  – *Minimizar custo de produção* e seu DP correspondente é  $DP_{32}$  – *Custo Alvo de Produção*. A decomposição deste DP aponta para três requisitos funcionais: Reduzir custo do material ( $FR_{321}$ ), Reduzir custo operacional ( $FR_{322}$ ) e Reduzir custos indiretos ( $FR_{323}$ ).

O terceiro FR do terceiro nível relativo a decomposição do  $\{FR_3\}/\{DP_3\}$  é o  $FR_{33}$  – *Minimizar investimento na produção durante o ciclo de vida* e seu DP correspondente é  $DP_{33}$  – *Investimento baseado em uma estratégia de longo prazo*. O investimento deve ser feito de forma flexível, não se limitando a atender apenas o produto atual. Deve atender a uma estratégia de longo prazo, considerando uma família de produtos.

### **Análise da interdependência no nível 3 da decomposição do $FR_3$ – Projetar Produção**

O  $DP_{31}$  – Produção para maximizar a satisfação do cliente influencia os requisitos funcionais  $FR_{32}$  e  $FR_{33}$ . Influencia o  $FR_{32}$  – Minimizar custo de produção, pois o sistema com alta qualidade tem um índice de rejeitos baixo, logo o custo de produção é menor. Influencia o  $FR_{33}$  – Minimizar o investimento na produção, pois, por exemplo, se o processo é estável, ou seja, com pouca variação podem ser necessárias, a longo e médio prazo, menos estações de inspeção e de retrabalho.

O  $DP_{32}$  – Custo alvo da produção influencia o  $FR_{33}$  – Minimizar investimento na produção, pois, por exemplo, o investimento em uma máquina pode ser maior, mas em compensação o custo de fabricação é menor. Um processo de torneamento duro necessita de mais investimento que o processo de retificação. Porém, o processo de retificação gera uma borra que necessita ser coletada e reprocessada. Isto gera um custo de produção maior.

Como já mencionado anteriormente, o projeto de operação do fornecedor impacta diretamente o projeto de produção, ou seja, as decomposições do fornecedor e cliente são dependentes.

A figura 4.14 apresenta o nível 3 da decomposição proposta, para o FR<sub>6</sub> – Projetar Descarte (ver figura 4.4 na página 104).

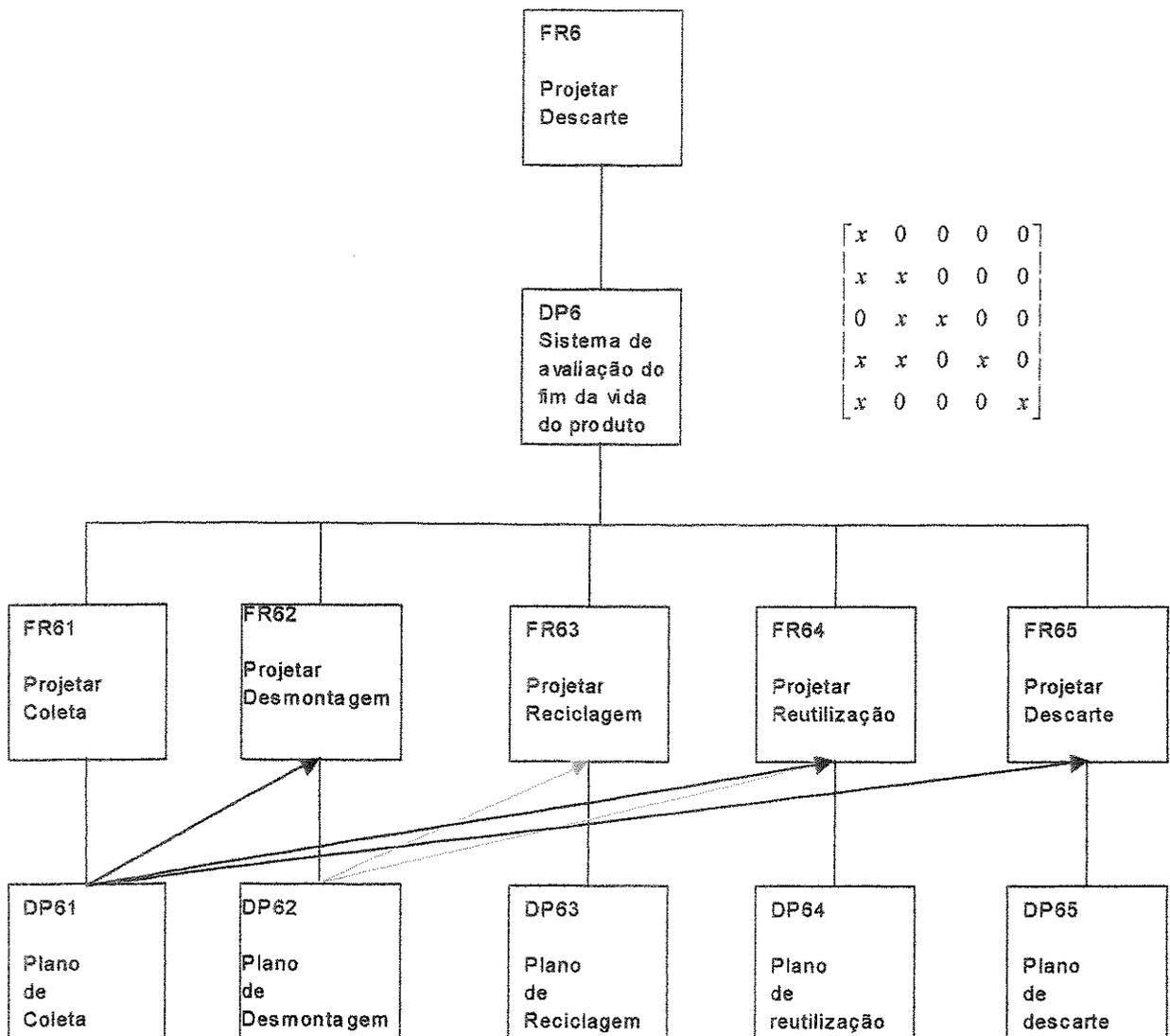


Figura 4.14. Decomposição do FR<sub>6</sub> – Projetar Descarte

O primeiro FR do terceiro nível relativo a decomposição do  $\{FR_6\}/\{DP_6\}$  – Projetar Descarte/Sistema de avaliação fim da vida do produto é  $FR_{61}$  – *Projetar coleta* e seu DP correspondente é  $DP_{61}$  – *Plano de coleta*. Deve existir todo um sistema logístico de coleta de produto no mercado. Para isto é importante que a empresa assuma esta responsabilidade. O mais importante é que esta responsabilidade possa ser dividida com os seus fornecedores, já que são eles os fabricantes de alguns componentes deste produto. Outro ponto importante é o uso do canal de distribuição para a coleta do produto no mercado.

O segundo FR do terceiro nível relativo a decomposição do  $\{FR_6\}/\{DP_6\}$  é  $FR_{62}$  – *Projetar desmontagem* e seu DP correspondente é  $DP_{62}$  – *Plano de desmontagem*. O propósito do procedimento de análise do produto é simular a desmontagem no final da vida do produto e quantificar o resultado do custo/benefício e redução no impacto ambiental. Custos de desmontagem são determinados por bases de dados de tempo padrão do processo de desmontagem no fim da vida. Cada item na montagem é alocado para o destino apropriado no fim da vida (reciclagem, reutilização, descarte regular ou especial) baseado no que contém o material e esta informação, junto com o peso do item, possibilita determinar o custo ou lucro pelo banco de dado do material apropriado (SODHI & KNIGHT, 1998).

Logo, pode-se concluir que um produto usado, ou melhor, sem condição de uso, não deve ser considerado lixo, mas sim matéria-prima ou energia. Para isto, os produtos devem ser projetados para que sejam de fácil desmontagem, reciclagem, reutilização e descarte. Contudo, é necessário considerar alguns pontos:

- Não fazer nenhuma montagem com materiais diferentes, que depois sejam difíceis de ser desmontados.
- Tentar, sempre que possível, desenvolver conjuntos do mesmo material. Isto facilita a desmontagem, pois não será preciso desmontar todas as peças, já que peças de mesmo material vão para o mesmo processo de reciclagem. É importante notar que o produto composto não pode ser reciclado. Algumas vezes este processo de desmontagem pode ser um processo de separação. Por exemplo, uma peça plástica que esteja pintada, tem que passar por um processo de separação da tinta, para que esta depois seja reciclada.

- Identificar a matéria-prima na peça. Isto evita testes no momento da desmontagem para saber de que tipo de matéria-prima é composto aquela peça.
- Reduzir a diversidade de matéria-prima. Com isto reduzem-se os processos de reciclagem, evitando transportes desnecessários para os recicladores.

O terceiro FR do terceiro nível relativo a decomposição do  $\{FR_6\}/\{DP_6\}$  é  $FR_{63}$  - *Projetar reciclagem* e seu DP correspondente é  $DP_{63}$  - *Plano de reciclagem*.

Por exemplo, um veículo é composto de 68% de materiais metálicos que sempre podem ser reutilizados pela siderúrgica; e 32% de outros materiais, tais como vidro, plástico, borracha, etc. que podem ser utilizados na reciclagem em cascata de modo economicamente competitivo. No caso do pára-choque, este pode ser reciclado e utilizado para fazer os frisos do carro, depois estes frisos podem ser reciclados e utilizados para fazer os tapetes para o carro. Caso a reciclagem do material não seja economicamente viável, pode-se utilizá-lo para queima com recuperação energética, como mostra a figura 4.15.

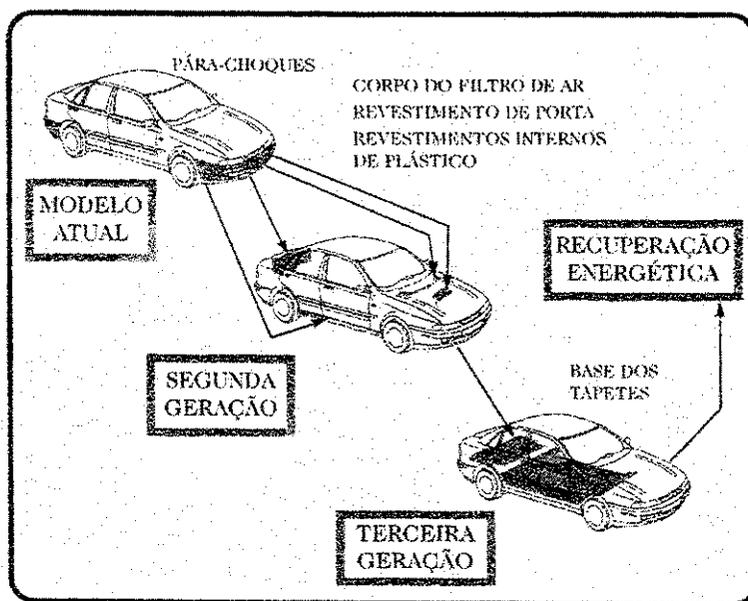


Figura 4.15. Reciclagem em cascata (FIAT, 1998)

O quarto FR do terceiro nível relativo a decomposição do  $\{FR_6\}/\{DP_6\}$  é *FR<sub>64</sub> – Projetar reutilização* e seu DP correspondente é *DP<sub>64</sub> - Plano de reutilização*.

As peças resultantes da desmontagem nem sempre podem ser reutilizadas devido a diferentes razões (KIMURA et al., 1998):

- Rápido desenvolvimento tecnológico, peças antigas ficam obsoletas rapidamente;
- É muito difícil garantir qualidade das peças antigas;
- Os custos de coletar e reparar as peças antigas podem ser muito maiores que fabricar uma peça nova.

Para solucionar os dois primeiros problemas um rápido ciclo de vida do produto pode ser introduzido. Os usuários do produto são motivados a atualizar seus produtos com melhoria de funcionalidade. Para isso, é necessária a devolução rápida das partes reutilizando-as antes de ficarem obsoletas ou serem danificadas.

O quinto FR do terceiro nível relativo a decomposição do  $\{FR_6\}/\{DP_6\}$  é *FR<sub>65</sub> – Projetar descarte* e seu DP correspondente é *DP<sub>65</sub> - Plano de descarte*.

Este plano deve considerar o nível de toxicidade do componente. Dependendo da matéria-prima, o componente pode ser descartado no lixo comum ou pode necessitar de descarte especial. Este descarte especial implica na armazenagem deste componente.

### **Análise da interdependência no nível 3 da decomposição do FR<sub>6</sub> – Projetar Descarte**

O DP<sub>61</sub> – Plano de coleta influencia os requisitos funcionais FR<sub>62</sub>, FR<sub>64</sub> e FR<sub>65</sub>. Ele influencia o FR<sub>62</sub> – Projetar desmontagem, pois caso não seja coletado, fica impraticável desmontar este produto. Influencia o FR<sub>64</sub> – Projetar reutilização pelo mesmo motivo. Influencia o FR<sub>65</sub> – Projetar descarte, pois caso não haja a coleta do produto, o seu descarte acontecerá de

maneira indevida, pois é necessário que a empresa produtora seja responsável pelo descarte do seu produto.

O DP<sub>62</sub> – Plano de desmontagem influencia os requisitos funcionais FR<sub>63</sub> e FR<sub>64</sub>. Ele influencia o FR<sub>63</sub> – Projetar reciclagem, pois como foi mostrado, o plano de desmontagem deve considerar alguns aspectos, como identificação da matéria-prima na peça, simplificando o plano de reciclagem. Influencia o FR<sub>64</sub> – Projetar reutilização, pois dependendo do plano de desmontagem poderá se reutilizar os componentes ou não.

#### **4.3.3. Hierarquia {FR}/{DP} - Nível 4**

A figura 4.16 apresenta o nível 4 da decomposição proposta, para o FR<sub>23</sub> – Aumentar retorno sobre as vendas (ver figura 4.12 na página 117).

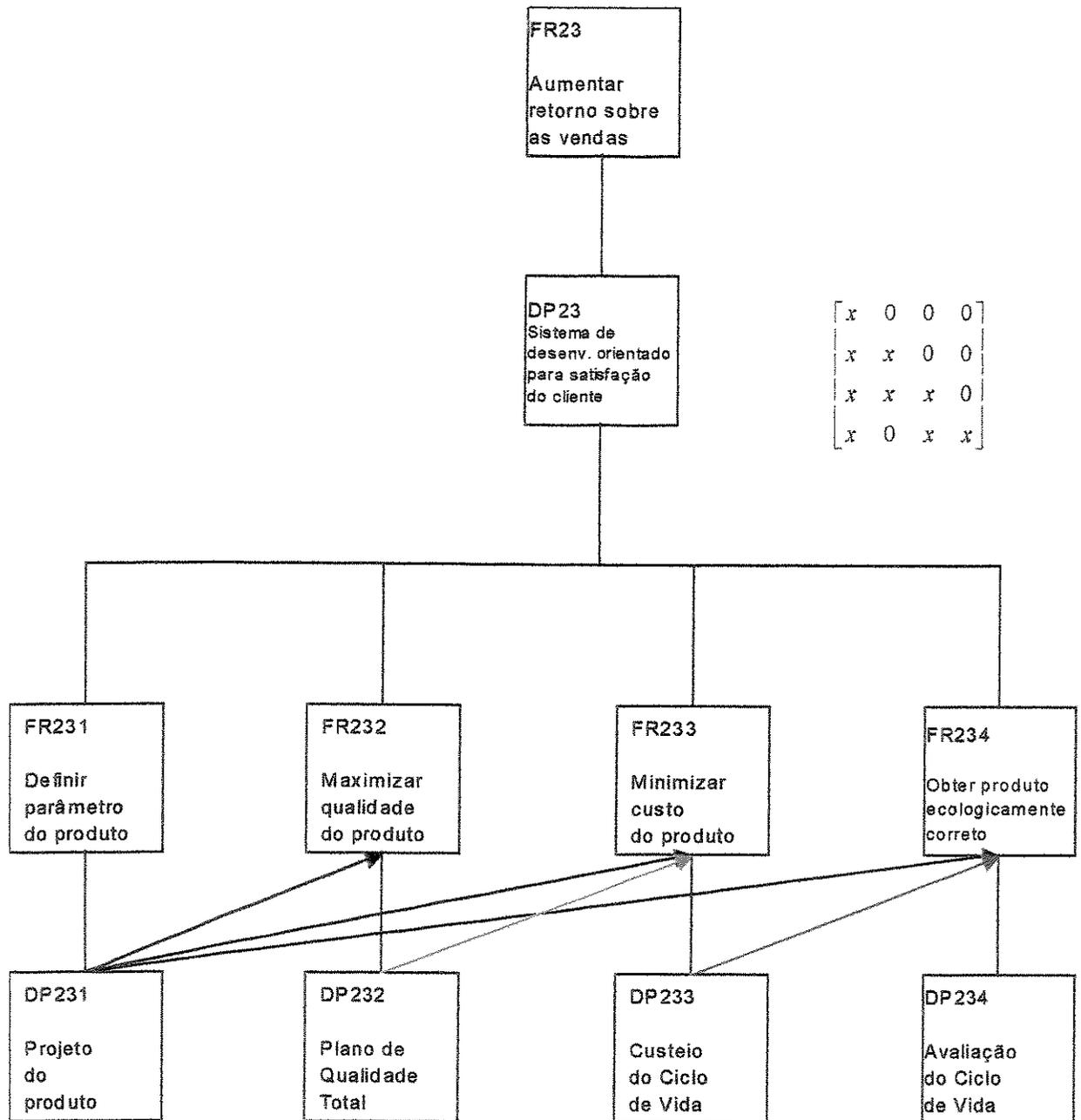


Figura 4.16. Decomposição do  $FR_{23}$  – Aumentar retorno sobre as vendas

O primeiro FR do quarto nível relativo a decomposição do  $\{FR_{23}\}/\{DP_{23}\}$  – Aumentar retorno sobre as vendas/Sistema de desenvolvimento orientado para satisfação do cliente é  $FR_{231}$  – *Definir Parâmetro do Produto* e seu DP correspondente é  $DP_{231}$  – *Projeto do Produto*. Neste ponto deve-se começar uma nova decomposição específica para cada produto, pois no projeto do produto se definem as características específicas para cada um. A seguir, apresenta-se um

exemplo de decomposição para um determinado produto. Suponha que a equipe de projeto deva desenvolver uma torneira de água que tenha que seguir dois requisitos funcionais \*:

FR<sub>1</sub> – Controlar o fluxo da água sem afetar a temperatura – V.

FR<sub>2</sub> – Controlar a temperatura da água sem afetar a taxa de vazão – T.

Esta torneira tornará possível ao usuário fixar a temperatura da água sem afetar a taxa de vazão, bem como mudar a vazão de água sem afetar a temperatura. Muitas pessoas podem preferir esta torneira ao invés das que têm duas torneiras, uma para controlar água fria e outra para água quente. Conforme o Axioma da Independência, o usuário deveria poder fazer isto com dois controles, um para cada requisito. Embora a tarefa do projetista seja complicada pelo fato da água vir por dois tubos (quente e frio), os dois itens mais fáceis para o projeto do controle são diferentes dos requisitos funcionais especificados.

A solução final é a da torneira mostrada na figura 4.17, ou seja, uma torneira com duas válvulas, uma que controla o fluxo de água quente e outra que controla o fluxo de água fria.

---

\* Este exemplo está baseado em SUH, 1999.

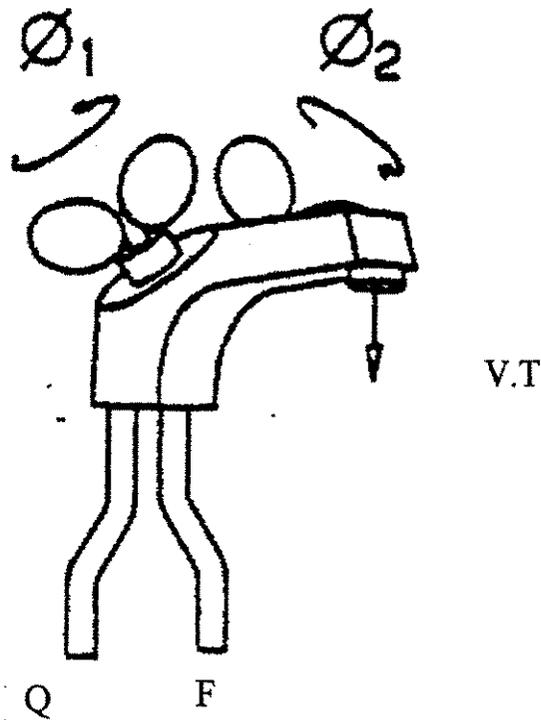


Figura 4.17. Torneira Tradicional

Nesta torneira de duas válvulas existem dois discos que podem ser girados a um ângulo  $\phi_1$  e  $\phi_2$ . Neste caso estes ângulos são os DPs:  $DP_1 = \phi_1$  e  $DP_2 = \phi_2$ . Esta torneira não satisfaz o axioma da independência, pois ambos DPs afetam ambos FRs, como mostra a equação 4.2.

$$\begin{Bmatrix} V \\ T \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & X \\ X & X \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \end{Bmatrix}$$

Eq. (4.2)

Pode-se concluir que esta torneira é um projeto acoplado, e não atende os desejos do cliente.

O que se deseja é criar um sistema de torneira que forneça um controle independente do fluxo da água e da temperatura da água para satisfazer o axioma da independência. Um projeto possível está representado na equação 4.3.

$$\begin{Bmatrix} V \\ T \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 \\ 0 & X \end{bmatrix} \bullet \begin{Bmatrix} V\acute{a}lvulaA \\ V\acute{a}lvulaB \end{Bmatrix} \quad \text{Eq. (4.3)}$$

Uma possvel express\~ao \u00e9 mostrada na figura 4.18.

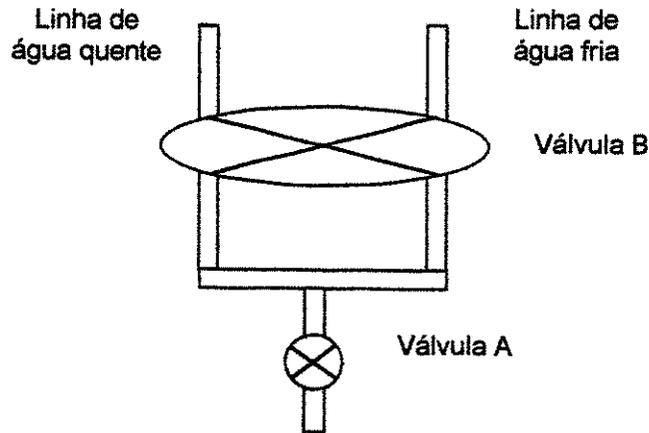


Figura 4.18. Projeto desacoplado

Este projeto mostra que a v\u00e1lvula A, modelo padr\u00e3o, controla o fluxo. Ela \u00e9 colocada abaixo, onde as \u00e1guas quentes e frias j\u00e1 se misturaram. A v\u00e1lvula B deve ser projetada para controlar a temperatura.

Logo, esta torneira tem um projeto desacoplado. Embora o projeto mostrado na figura 4.18 seja desacoplado, o projetista deve tentar integrar as caracter\u00edsticas do projeto em uma \u00fanica parte f\u00edsica.

A equa\u00e7\u00e3o 4.4 representa esta nova configura\u00e7\u00e3o.

$$\begin{Bmatrix} V \\ T \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 \\ 0 & X \end{bmatrix} \bullet \begin{Bmatrix} f(F+Q) \\ g(F/Q) \end{Bmatrix} \quad \text{Eq. (4.4)}$$

Uma express\u00e3o f\u00edsica da equa\u00e7\u00e3o 4.4 pode ser ilustrada como mostra a figura 4.19.

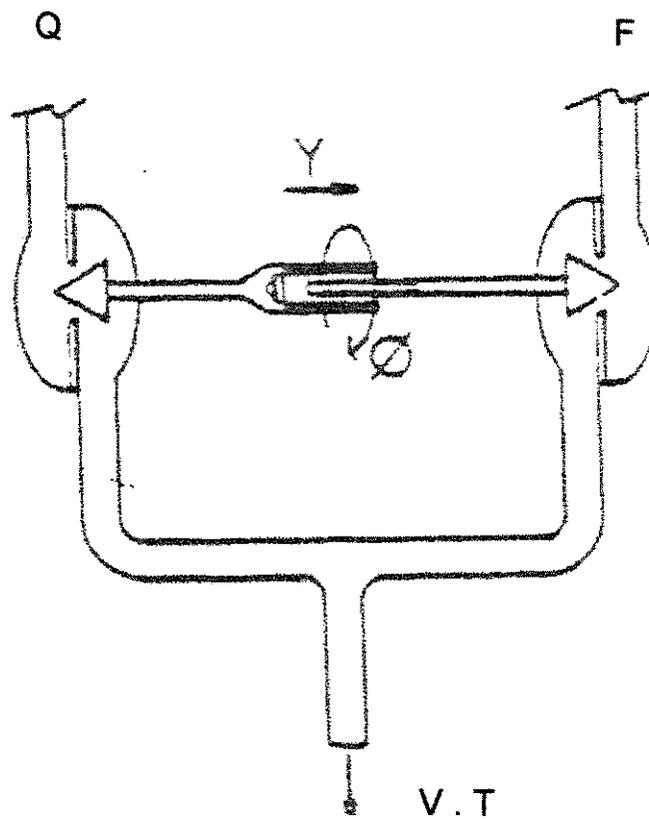


Figura 4.19. Projeto com integração física

Nesta solução as válvulas são mecanicamente conectadas, mas a linha de uma das válvulas é rosca direita e a outra esquerda. Esta válvula pode ser aberta em uma certa posição (perto da posição do meio) e então conectadas mecanicamente. A figura 4.20 mostra o projeto integrado, ou seja, os dois DPs em uma única parte física.

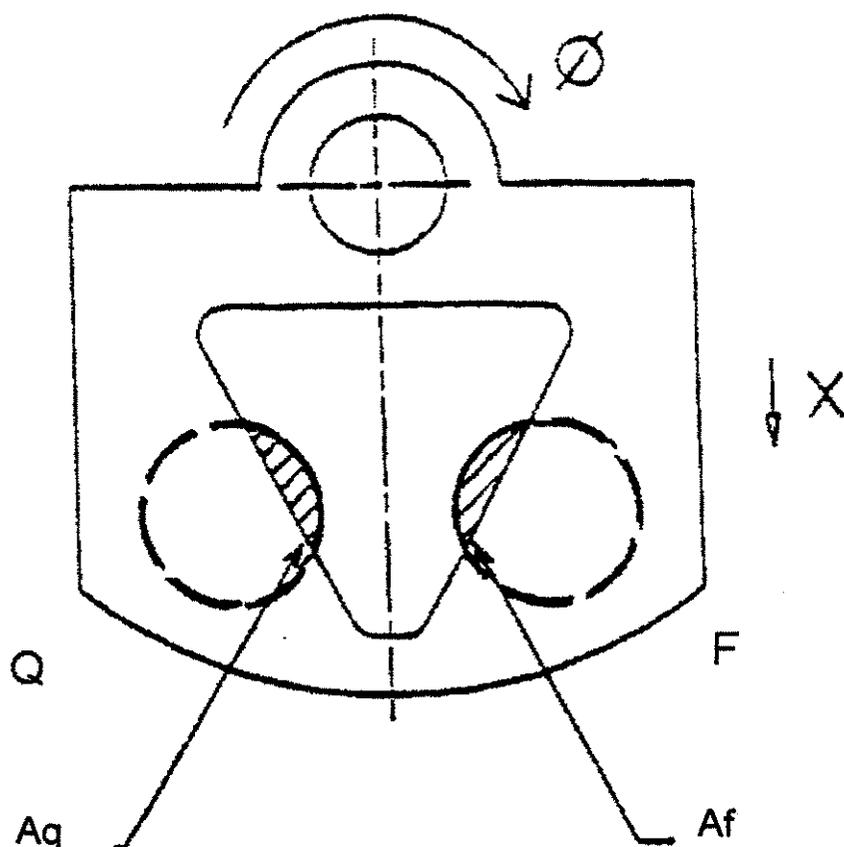


Figura 4.20. Detalhe da válvula de controle

Ambos os FRs podem ser satisfeitos com o prato móvel. O prato tem um furo triangular que afeta as áreas Aq e Af. Girando o prato a um ângulo  $\phi$  controla-se a temperatura, enquanto movendo o prato na direção X, controla-se o fluxo. O resultado deste projeto é a equação 4.5.

$$\begin{Bmatrix} V \\ T \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 \\ 0 & X \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} X \\ \phi \end{Bmatrix}$$

Eq. (4.5)

O projeto desta torneira satisfaz o cliente, pois se consegue um controle independente da temperatura e do fluxo. Isto é realizado com o movimento de uma única parte. Esta solução é realizada com um misturador único. Logo, além de se ter um projeto desacoplado, tem-se também uma integração física da solução.

O segundo FR do quarto nível relativo a decomposição do  $\{FR_{23}\}/\{DP_{23}\}$  é ***FR<sub>232</sub> – Maximizar qualidade do Produto*** e seu DP correspondente é ***DP<sub>232</sub> – Plano de Qualidade Total***. Este é um assunto que foge do escopo deste trabalho, podendo ser melhor desenvolvido. Para maiores detalhes ver trabalhos de TRAPPEN & ANDERSON (1991); BHATTACHARYA et al. (1998); TAYLOR & PEARSON (1994); ISHIKAWA (1985) e JURAN & GRAYNA (1988).

O terceiro FR do quarto nível relativo a decomposição do  $\{FR_{23}\}/\{DP_{23}\}$  é ***FR<sub>233</sub> – Minimizar Custo do Produto*** e seu DP correspondente é ***DP<sub>233</sub> – Custeio do Ciclo de Vida***.

Além dos custos de desenvolvimento, produção, distribuição e operação é necessário levantar os custos ambientais associados ao processo de fabricação e montagem do produto. Com isto é possível minimizar os subprodutos gerados, e reduzir não só o impacto ambiental, mas também o custo total do produto, melhorando a qualidade do produto e aumentando a sua competitividade. A atuação preventiva das organizações, trabalhando para eliminar futuros impactos ambientais, em lugar de uma atuação corretiva, ajuda as companhias a não desperdiçar recursos de maneira descontrolada (HOJDA, 1997). A tabela 4.1 apresenta alguns exemplos de custos ambientais.

Custos convencionais	Custos de responsabilidade	Custos Ambientais
Capital	Deliberação legal	Advertência global
Equipamento	Penalidades/Multas	Depredação da camada de ozônio
Mão-de-obra	Danos pessoais	Neblina fotoquímica
Energia	Atividades de remediação	Deposição ácida
Monitoramento	Perdas econômicas	Depredação de recursos
Complacência regulatória	Danos à propriedade	Poluição da água
Documentos	Mudanças no mercado futuro	Efeitos crônicos na saúde
Seguro/Taxas especiais	Danos na imagem pública	Efeitos agudos na saúde
Controle de emissão no ar		Alteração de hábitos
Controle de efluentes		Efeitos no bem-estar social
Radioatividade/gerenciamento de lixo tóxico		
Matéria-prima/suplementos		
Tratamento do lixo/ custo de disposição		

Tabela 4.1. Exemplo de custos ambientais (WARREN & WEITZ, 1994)

O quarto FR do quarto nível relativo a decomposição do  $\{FR_{23}\}/\{DP_{23}\}$  é  $FR_{234}$  – *Obter Produto Ecologicamente Correto* e seu DP correspondente é  $DP_{234}$  – *Avaliação do Ciclo de Vida*. Nesta fase é necessário fazer uma Avaliação do Ciclo de Vida, que é composta das seguintes etapas:

#### A. Definir objetivos e escopo

Identificar o propósito da LCA e determinar os limites e suposições baseadas na definição da meta.

## B. Análise de inventário (balanço de insumos – energia, recursos e matéria-prima)

Quantificar a entrada de energia, matéria-prima e descarga ambiental associadas a cada estágio da produção, ou seja, descrição do sistema produtivo.

Na etapa de desenvolvimento do processo, as oportunidades para a redução são mais eficientemente exploradas depois de terem sido definidas as soluções para a obtenção do produto. Um ponto chave a ser seguido está na elaboração de um balanço de massa em torno do processo, o qual deverá ser o mais simples possível, incluindo todos os possíveis contaminantes oriundos das matérias-primas, informações sobre degradação dos produtos, catalisadores e solventes utilizados para limpezas, como mostra a figura 4.21.

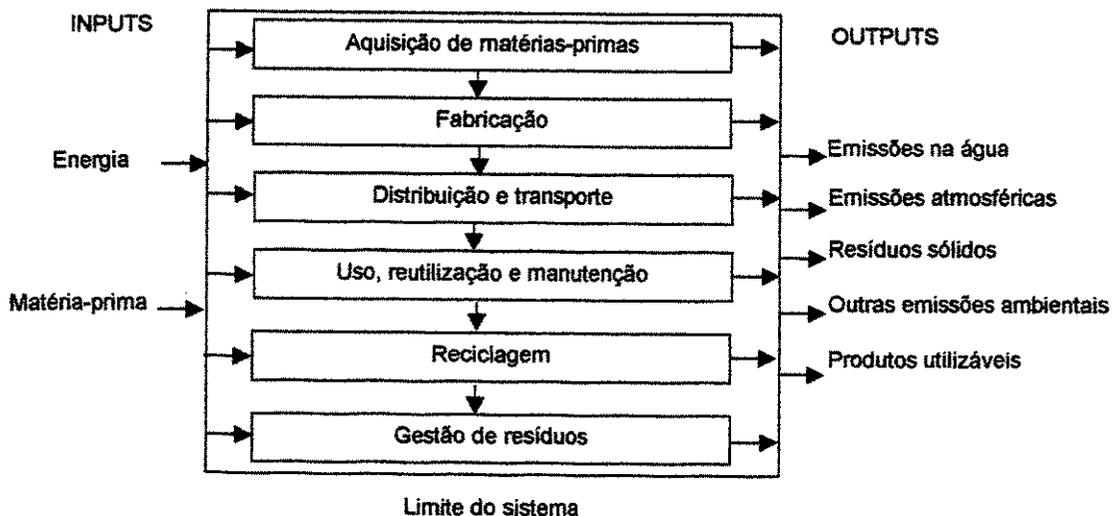


Figura 4.21. Processo de Avaliação do Ciclo de Vida (TIBOR & FELDMAN, 1996)

## C. Avaliação do impacto – Avaliação do desperdício

Classificar, caracterizar e avaliar a magnitude e a significância dos impactos ambientais com base nas informações do balanço de insumos, dentro dos limites das metas, escopo e objetivos definidos para a LCA.

#### **Análise da interdependência no nível 4 da decomposição do FR<sub>23</sub> – Aumentar retorno sobre as vendas**

O DP<sub>231</sub> – Projeto do produto influencia os requisitos funcionais FR<sub>232</sub>, FR<sub>233</sub> e FR<sub>234</sub>.  
Influencia FR<sub>232</sub> – Maximizar qualidade do produto, pois dependendo da definição do produto, fica-se limitado à maximização da qualidade.

Influencia FR<sub>233</sub> – Minimizar custo do produto, pois como já foi apresentado no capítulo 2, é nesta fase que se decide, ou seja, incorre-se em 70% do custo do produto. Influencia FR<sub>234</sub> – Obter produto ecologicamente correto, pois quando se define o parâmetro do produto, está se escolhendo com qual material este será fabricado.

O DP<sub>232</sub> – Plano de Qualidade Total influencia o FR<sub>233</sub> – Minimizar custo do produto, pois quando se maximiza a qualidade do processo, tende-se a reduzir o custo.

O DP<sub>233</sub> – Custeio do Ciclo de Vida influencia o FR<sub>234</sub> – Obter produto ecologicamente correto, pois os dados necessários para a Avaliação do Ciclo de Vida advêm do Custeio do Ciclo de Vida. Através do Custeio do Ciclo de Vida demonstra-se a economia promovida pela LCA. O Custeio do Ciclo de Vida ajuda na tomada de decisão da LCA, pois geralmente existe um grande número de opções disponíveis, porém com a combinação de melhoria ambiental e redução de custo pode-se facilitar este processo (MIER et al., 1996).

A figura 4.22 apresenta o nível 4 da decomposição proposta para o FR<sub>32</sub> – Minimizar custo de produção (ver figura 4.13 na página 120).

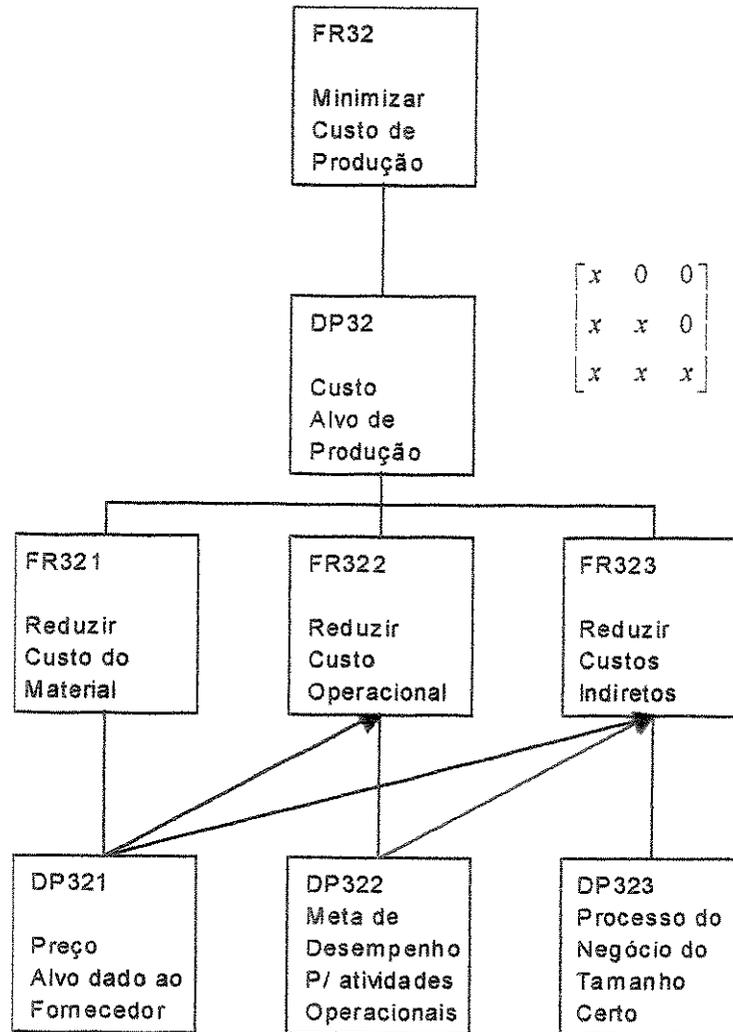


Figura 4.22. Decomposição do FR<sub>32</sub> – Minimizar custo de produção

O primeiro FR do quarto nível relativo a decomposição do  $\{FR_{32}\}/\{DP_{32}\}$  – Minimizar custo de produção/Custo alvo de produção é *FR<sub>321</sub> – Reduzir custo do material* e seu DP correspondente é *DP<sub>321</sub> – Preço alvo dado ao fornecedor*. Na fase de concepção do produto define-se o custo alvo, porém para que se atinja este custo faz-se necessário um compromisso do fornecedor em suprir a um preço alvo.

O segundo FR do quarto nível relativo a decomposição do  $\{FR_{32}\}/\{DP_{32}\}$  é *FR<sub>322</sub> – Reduzir custo operacional* e seu DP correspondente é *DP<sub>322</sub> – Meta de desempenho para atividades operacionais*. Faz-se necessário a consideração de metas ambientais na aplicação

deste DP. É importante considerar aspectos ambientais da produção, ou seja, considerar a geração de resíduos. Para isto deve-se fazer os seguintes questionamentos:

- Como o resíduo é gerado?
- Por que o resíduo é gerado?
- O resíduo é perigoso?
- Como seu volume poderá ser reduzido?
- Quanto irá custar para reduzir seu volume ou toxicidade?

A figura 4.23 apresenta o ciclo de PDCA da qualidade ambiental.

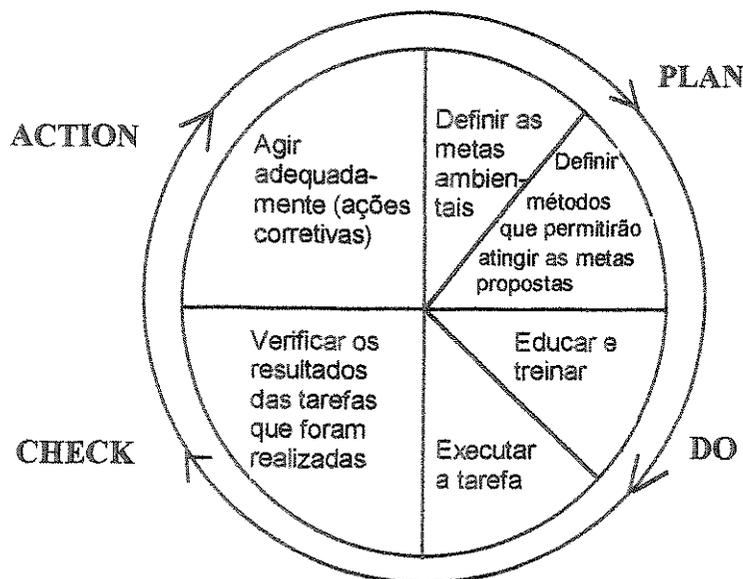


Figura 4.23. PDCA da qualidade ambiental

A primeira fase, o PLAN (planejamento), é a etapa da concepção das atividades que permitirá alcançar uma meta pré-estabelecida. Para que esta meta seja alcançada deve-se definir

atribuições de responsabilidades, previsões em termos de tempo, e recursos necessários para realização das atividades.

Todas as áreas da empresa geram resíduos, um exemplo é o recebimento de materiais. Todas as embalagens e peças que chegam e não estão conformes geram resíduos. Outros exemplos, são o restaurante, os sanitários e a administração, onde o maior resíduo é o papel. A produção também utiliza óleos, produtos químicos, e ainda sobram retalhos, cavacos, refugos, etc. Além disso, são emitidos gases na atmosfera.

Todos estes resíduos causam impactos ao meio ambiente. Tudo isto, além de ser um desperdício, causa a contaminação dos rios, ar e solo. Logo, pode-se concluir que se deve estabelecer um plano de ação, onde se estabelece o item da política ambiental que se quer trabalhar, o seu objetivo, a meta que se quer atingir, e a ação que se deve tomar.

A fase do DO (execução) é a etapa de implementação do plano. Nesta fase, se coloca em prática o plano de ação. Para isto, é necessário que a direção da empresa defina autoridades e responsabilidades, dando todo o treinamento necessário a estas pessoas.

A fase do CHECK (verificação) é a etapa de avaliação das atividades planejadas e executadas anteriormente. Neste ponto deve-se criar procedimentos para medição e monitoramento. Aqui se pode utilizar o diagrama de causa e efeito para identificar as causas das não-conformidades e assegurar que elas não se repitam. Fazem-se necessárias também auditorias periódicas para verificar se o sistema de gestão ambiental está funcionando conforme o planejado.

A última fase, ACTION (ação), é a etapa de análise das atividades realizadas e onde se faz um redirecionamento, quando necessário. Com base no monitoramento dos processos e na inspeção dos produtos, realiza-se a tomada de ações corretivas que visam à melhoria contínua do sistema, pois se eliminam as causas dos problemas já ocorridos.

O terceiro FR do quarto nível relativo a decomposição do  $\{FR_{32}\}/\{DP_{32}\}$  é ***FR<sub>323</sub> – Reduzir custos indiretos*** e seu DP correspondente é ***DP<sub>323</sub> – Processo do Negócio do tamanho certo.***

Neste caso é necessário considerar os custos indiretos relativos a área de utilidades. Não se pode procurar reduzir estes custos indiretos relativos a tratamento de resíduos da produção a qualquer custo. A legislação ambiental em alguns países está cada vez mais rigorosa. Além disso, a geração de poluição pode ser causa de perda de uma fatia do mercado, já que os consumidores estão cada vez mais atentos aos impactos ambientais causados pelas empresas.

#### **Análise da interdependência no nível 4 da decomposição do FR<sub>32</sub> – Minimizar custo de produção**

O DP<sub>321</sub> – Preço alvo dado ao fornecedor influencia os requisitos funcionais FR<sub>322</sub> e FR<sub>323</sub>. Influencia o FR<sub>322</sub> – Reduzir custo operacional, pois o fornecedor pode alterar a matéria-prima do produto, ou algum parâmetro para conseguir atingir o preço alvo. Influencia o FR<sub>323</sub> – Reduzir custos indiretos, pois o fornecedor pode alterar o tipo de embalagem, por exemplo, gerando mais custos indiretos de tratamento de resíduos.

O DP<sub>322</sub> – Meta de desempenho para atividades operacionais influencia o FR<sub>323</sub> – Reduzir custos indiretos, pois quando se trabalha, por exemplo, com qualidade assegurada do processo, consegue-se reduzir ou mesmo eliminar as atividades de inspeção, que é um custo indireto. Outro exemplo é a redução dos resíduos gerados pelo processo. Quanto menor a quantidade de resíduos, menor é a capacidade instalada necessária para o tratamento de resíduos, diminuindo o custo operacional da área de utilidades.

#### **4.3.4. Hierarquia {FR}/{DP} – Nível 5**

A figura 4.24 apresenta o nível 5 da decomposição proposta para o FR<sub>322</sub> – Reduzir custo operacional (ver figura 4.22 na página 137).

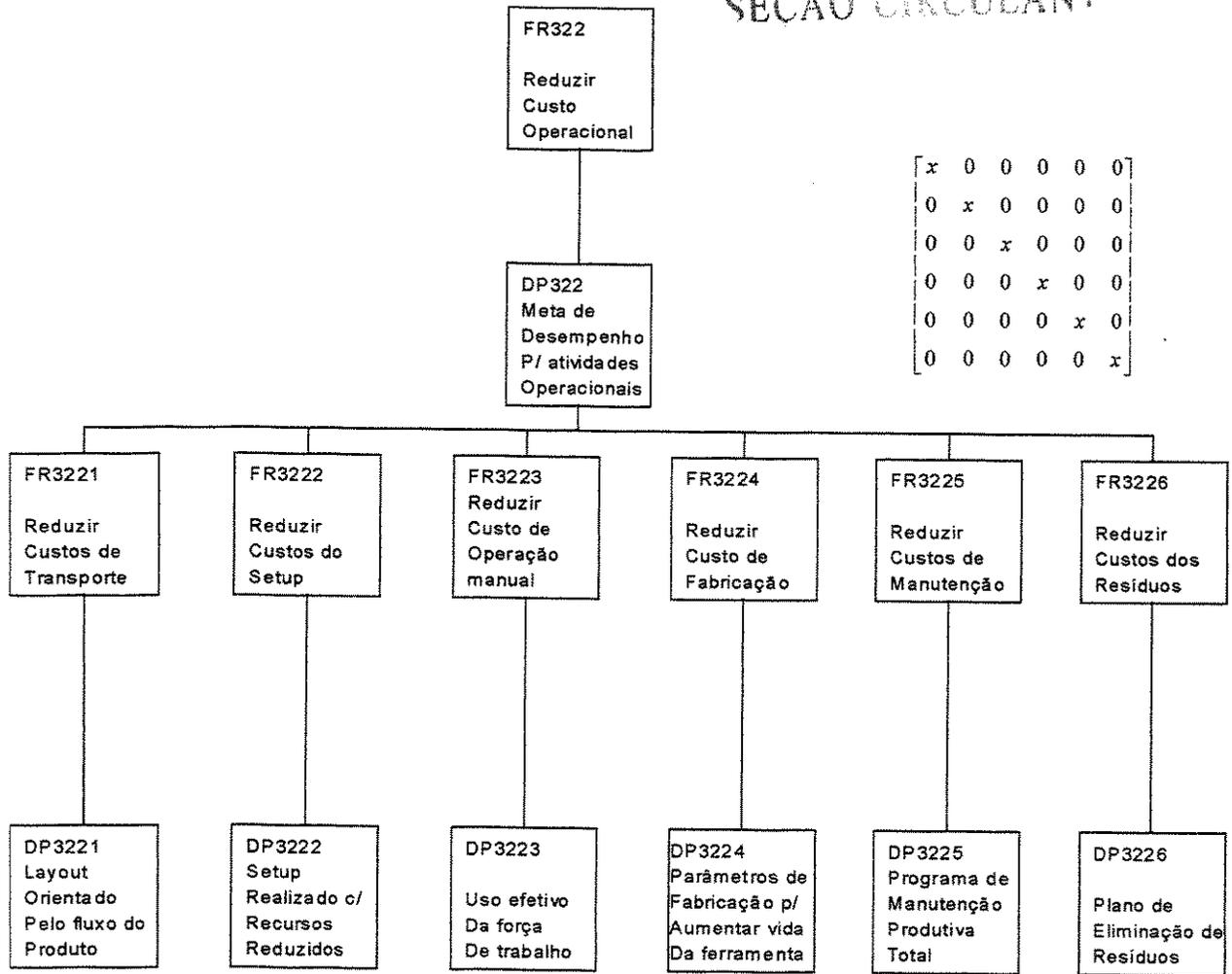


Figura 4.24. Decomposição do FR<sub>322</sub> – Reduzir Custo Operacional

Os primeiros cinco FRs (FR<sub>3221</sub>, FR<sub>3222</sub>, FR<sub>3223</sub>, FR<sub>3224</sub> e FR<sub>3225</sub>) não são objetos deste trabalho, para maiores detalhes ver SUH et al. (1998).

O sexto FR do quinto nível é o *FR<sub>3226</sub> – Reduzir custo dos resíduos* e o seu DP correspondente é *DP<sub>3226</sub> – Plano de eliminação de resíduos*.

Existem três tipos de resíduos que precisam ser considerados. O primeiro diz respeito ao material de consumo, ou seja, óleo refrigerante, ferramentas, etc. O segundo diz respeito às embalagens. Neste caso, o fornecedor da matéria-prima ou componente deve ser responsável pela coleta das embalagens. Ou, pode-se fazer uma parceria com um terceiro que seja reciclador do

material do qual é feita a embalagem. O terceiro diz respeito ao rejeito da produção, ou seja, produtos que têm que ser descartados, pois apresentaram defeitos.

#### **4.3.5. Hierarquia {FR}/{DP} – Decomposição em todos os níveis**

A figura 4.25 apresenta a decomposição em todos os níveis.

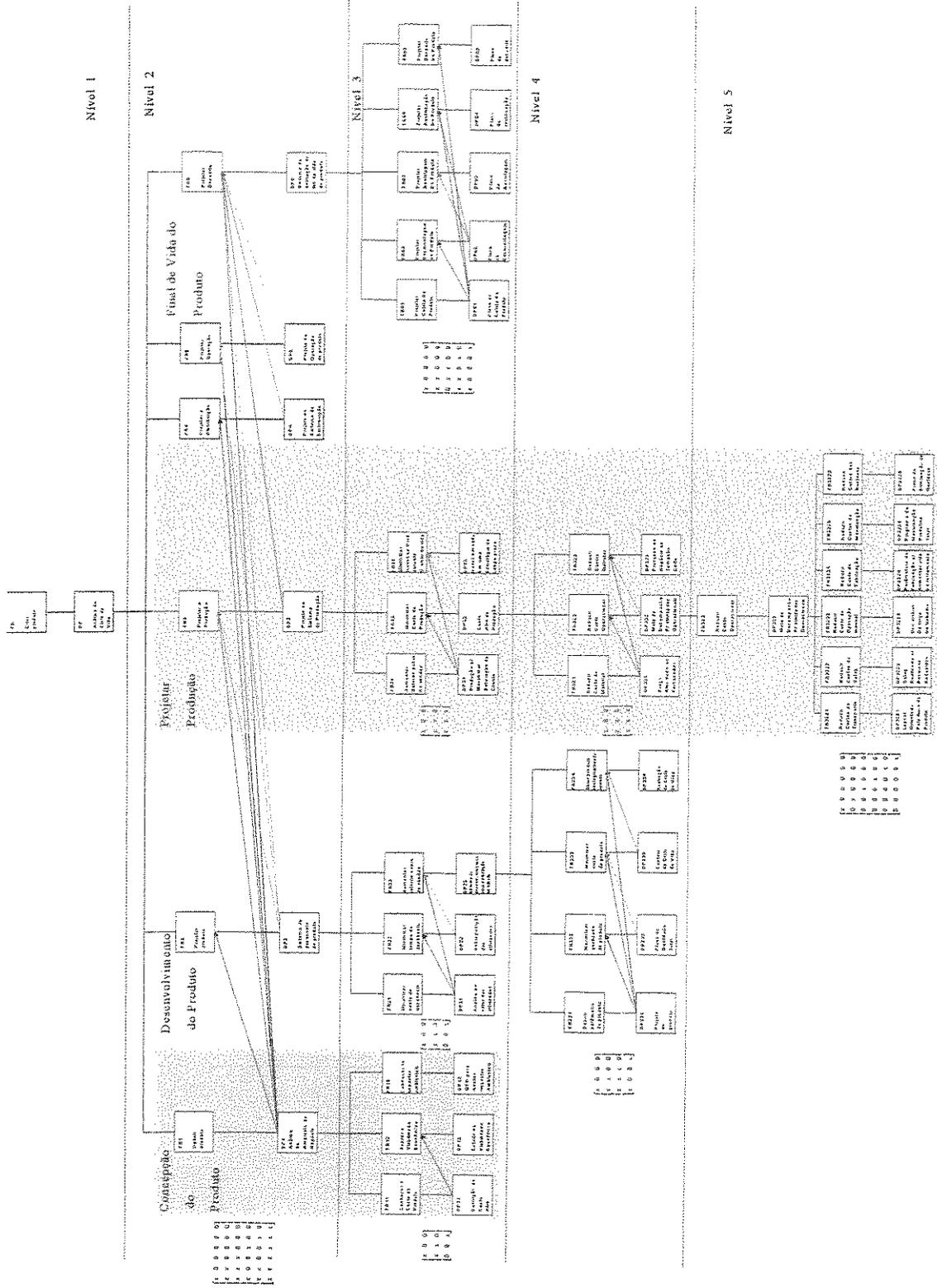


Figura 4.25. Projeto Axiomático do Sistema de Desenvolvimento do Produto

A seguir a Figura 4.26 mostra a matriz consolidada que representa todo o sistema.

DESCRIPÇÃO DO SISTEMA DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO		SISTEMA DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO										SISTEMA DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO										SISTEMA DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO									
ID	NOME DO SISTEMA	SISTEMA DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO		SISTEMA DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO		SISTEMA DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO		SISTEMA DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO		SISTEMA DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO		SISTEMA DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO		SISTEMA DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO		SISTEMA DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO		SISTEMA DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO		SISTEMA DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28		
101	PRODUTO A	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
102	PRODUTO B	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
103	PRODUTO C	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
104	PRODUTO D	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
105	PRODUTO E	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			

#### 4.4. Diagrama de Fluxo

A figura 4.27 apresenta o Diagrama de Fluxo para a metodologia proposta. Através deste diagrama tem-se a seqüência que deve ser observada no projeto do sistema. Como se pode observar na figura 4.27, existem algumas somas simples, representadas pelo símbolo (S), o que significa que não existe dependência, ou seja, pode ser aplicado em qualquer seqüência. Porém, existem alguns módulos que necessitam ter a seqüência de projeto controlada, que são os módulos ligados pelo símbolo (C).

Para se obter a correta aplicação desta metodologia, deve-se fazer a aplicação desta estrutura da esquerda para direita.

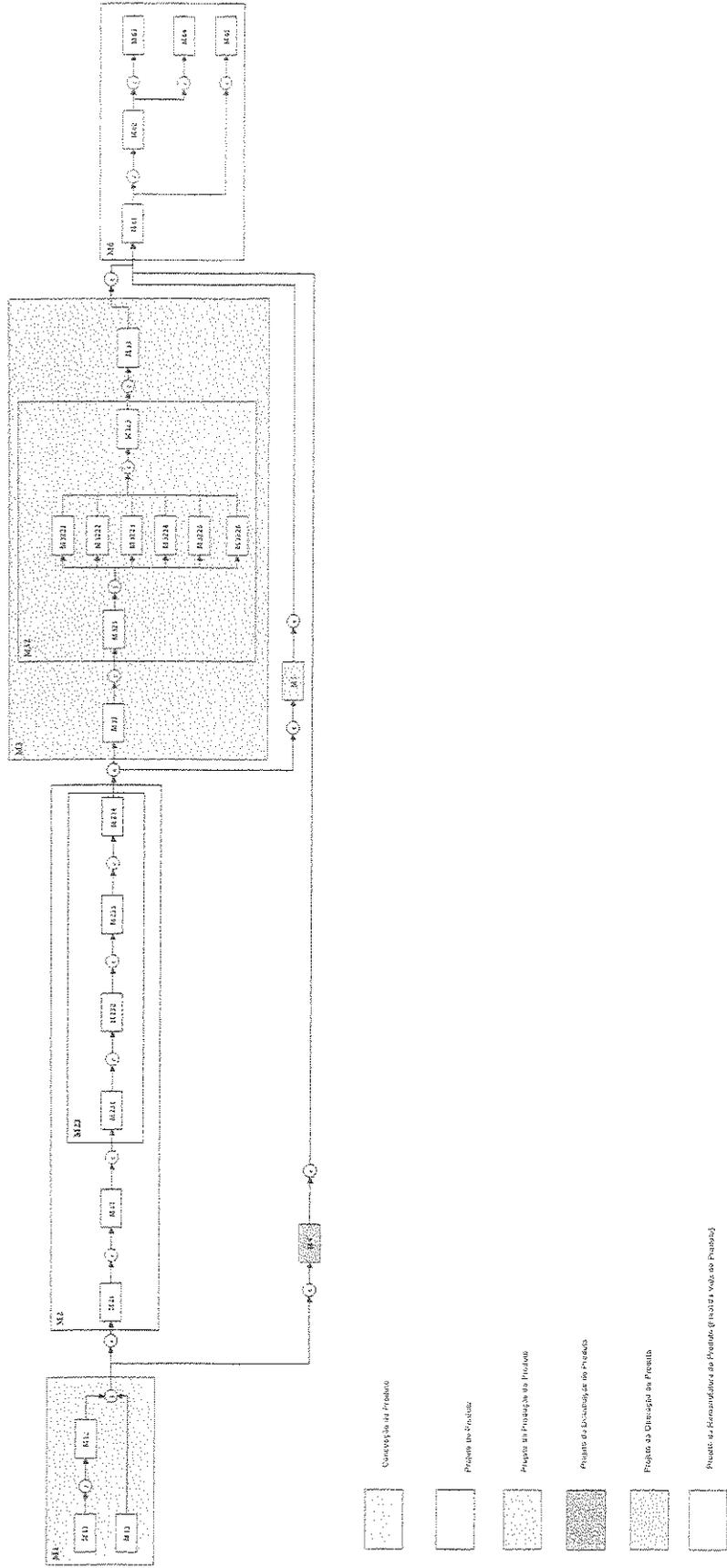


Figura 4.27. Diagrama de Fluxo

#### 4.5. Relação entre a decomposição e a ISO 14.000

Esta seção analisa a relação do papel da ISO 14.000 e da metodologia proposta. Atualmente, a ISO 14.000 tem o foco do gerenciamento ambiental voltado para a fase de produção. A norma revela uma preocupação somente com o descarte dos resíduos do processo de produção, não enxergando o ciclo de vida de um produto dentro da cadeia de valor.

Entretanto, a metodologia proposta neste trabalho de decomposição do sistema de desenvolvimento de um produto contempla todo o ciclo de vida do mesmo, bem como analisa a cadeia de valor a que este pertence.

A metodologia proposta neste trabalho mostra a importância da análise do ciclo de vida em todas as etapas da cadeia de valor, reforçando o papel da norma ISO 14.040-14.043 – Avaliação do Ciclo de Vida que está em forma de documento inicial (*draft*).

As principais dependências e influências das fases de concepção e projeto apresentadas pela metodologia proposta neste trabalho são reforçadas na figura 4.28.

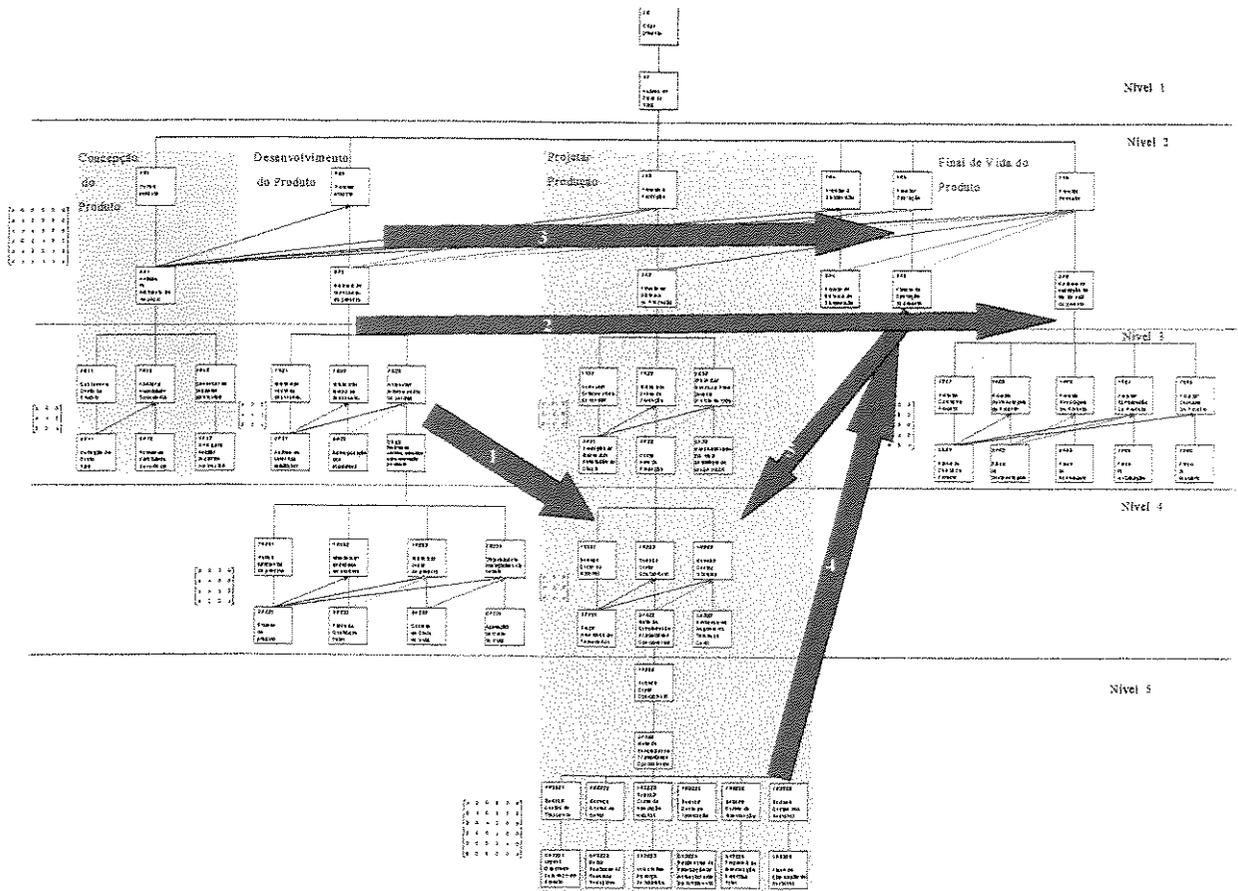


Figura 4.28. Influências principais

As setas 1 e 2 enfatizam a influência do desenvolvimento do produto no Projeto de Produção e no Final de Vida do Produto. A única norma da série ISO 14.000 pela qual a empresa pode se certificar é a ISO 14.001 – Sistema de Gerenciamento Ambiental. Como já citado anteriormente no capítulo 3, ela tem como característica formular um sistema de gerenciamento que permita a identificação dos impactos ambientais; a criação e comunicação da política ambiental da empresa e o desenvolvimento de planos e procedimentos ambientais. Porém, este sistema está restrito a fase de produção. Logo, pode-se observar que a norma ISO não contempla a fase de desenvolvimento, conforme a metodologia proposta.

As setas 3 e 4 representam a influência do Desenvolvimento do Produto e do Projeto de Produção na Operação. Um produto em início de operação pode começar a gerar resíduos, pois se ele vem embalado faz-se necessário o descarte desta embalagem. Ele também pode gerar resíduos

durante a operação, pois, por exemplo um carro, quando se faz a manutenção é necessária a troca de óleo. Este óleo é um resíduo a ser descartado. Pela norma ISO 14.001, ainda é de responsabilidade da empresa os resíduos da produção, porém faz-se necessário ampliar esta responsabilidade para toda cadeia de valor.

A seta 5 representa a influência do projeto de operação do fornecedor de matérias-primas, componentes, máquinas, materiais de consumo, etc. na produção da empresa. Esta é uma influência cruzada entre duas decomposições – fornecedor/empresa- empresa/cliente. Esta influência é o inverso da mostrada pelas setas 3 e 4.

Apesar das decisões de projeto influenciarem a operação e o descarte, estes acontecem no ambiente de uma outra ou outras empresas. Este trabalho vem reforçar a necessidade de expansão da norma ISO 14.000 para todo o ciclo de vida do produto através da visão da cadeia de valor. Ele também contribui para a formalização dessas relações de dependências e influências através de uma base metodológica formal.

Outro aspecto importante é o desempenho ambiental. Através da metodologia pode-se propor um conjunto de indicadores ambientais que mostram quão bem a implementação de um dado parâmetro de projeto (DP) atende o requisito funcional (FR) que o gerou. Mais do que isso, mostra o grau de satisfação em relação ao FR. A figura 4.29 mostra esta relação.

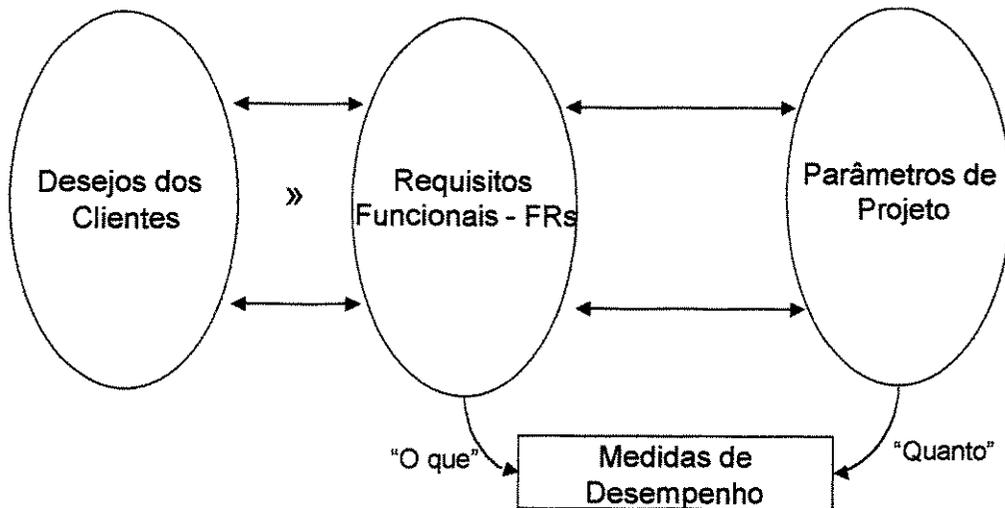


Figura 4.29. Sistema de Medição de desempenho baseado no Projeto Axiomático

#### 4.6. Comentários Finais

Este capítulo apresentou a metodologia proposta. Esta metodologia foi desenvolvida utilizando o Projeto Axiomático. Foi realizada uma decomposição do sistema de desenvolvimento de produto. Na seqüência, foi explicada a decomposição dos requisitos funcionais e dos parâmetros de projeto do nível mais genérico ao mais específico.

Esta metodologia se mostrou compatível com o resultado da pesquisa. Porém, pode-se observar que o desenvolvimento da metodologia utilizando o Projeto Axiomático torna-a mais visual, bem como define uma seqüência de projeto.

## Capítulo 5

### CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo propor uma metodologia para análise dos aspectos ambientais no ciclo de vida de um produto durante as fases de concepção e projeto. Para atingir este objetivo foram utilizadas as técnicas de Custeio do Ciclo de Vida, Avaliação do Ciclo de Vida e o Projeto Axiomático. Foi apresentada, ainda, a importância do gerenciamento dos custos na fase de desenvolvimento. Além do desenvolvimento teórico, fez-se uma pesquisa junto às empresas. A seguir são apresentados alguns comentários observados na revisão bibliográfica:

1. O Custeio do Ciclo de Vida apresenta-se como uma metodologia útil para solucionar os problemas atuais de custear o processo de desenvolvimento, bem como sua representação no custo total do produto.
2. Através do conhecimento da composição do custo total do produto, nota-se que é mais econômico fazer certo desde a concepção do produto, pois é nas fases de

concepção e projeto onde são compromissados 70% dos custos. Se o desenvolvimento do projeto for planejado desde o seu início, pode-se evitar desperdícios e racionalizar as atividades e os recursos. Pode-se notar que estes 70% dos custos não refletem um desenvolvimento que considera os aspectos ambientais. Logo, este percentual pode crescer ainda mais.

3. Este trabalho utilizou o Custeio Baseado em Atividades como uma forma de identificar as atividades e os seus respectivos custos. Dessa forma, pode-se analisar o impacto dos custos ambientais no custo total do produto.
4. Com a utilização do Custeio do Ciclo de Vida cria-se uma base de dados que permite simular alternativas no processo de desenvolvimento, possibilitando a análise de soluções para diferentes situações. Esta análise de soluções tem como benefício a eliminação ou redução dos desperdícios nos processos da cadeia de valor ou no produto, trazendo além da economia nos custos; um estímulo às decisões que reduzam os ônus ou impactos ambientais.

A seguir são apresentadas as conclusões do trabalho.

- A pesquisa de campo exploratória realizada serviu não só para contextualizar o tema abordado, mas também para auxiliar na construção do modelo de avaliação do ciclo de vida e propor uma base metodológica formal.
- A metodologia proposta, através das matrizes de projeto enfatiza o comentário 2, quando mostra toda a influência das fases de concepção e projeto do produto nas fases de produção, operação e final de vida do produto. Dessa forma, o projeto do produto ganha um papel vital, pois toda a responsabilidade de decisão quanto ao impacto ambiental decorrente deverá ser resolvida com a devida antecipação.
- A tradicional abordagem da Engenharia de Produção é deficiente, pois valoriza de forma parcial, os aspectos de produção ou produção-distribuição. A metodologia proposta neste trabalho propõe a ampliação desta abordagem para o ciclo global do

produto, abrangendo produção, distribuição, operação, recuperação e disposição no ambiente, integrando todo o sistema de informação e gerenciando-o globalmente.

- Para suportar a proposição feita no item anterior, este trabalho mostra a necessidade de integração da cadeia de informação entre os diversos setores envolvidos no ciclo de vida do produto. Atualmente há uma grande dispersão de informações e de interesses, envolvendo os agentes (fornecedor/empresa – empresa/consumidor) ligados a cada fase desse ciclo.
- A metodologia proposta contempla o ciclo de vida do produto e toda a cadeia de valor a qual este pertence. Com isto, ela contribui para a evolução da norma ISO 14.000 nesta direção.

A seguir, colocam-se algumas indicações para posteriores estudos, tais como:

- Desenvolver um sistema de medição de desempenho para acompanhamento da implementação da metodologia proposta.
- Estudar a correlação entre as decomposições em uma cadeia de valor.
- Aplicar esta metodologia em uma empresa com alto índice de resíduos de produção, ou com produto de alta toxicidade.
- Avaliar as interdependências entre FRs e DPs em um sistema real.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABARCA, C. D. G. et al. ISO 14000 – Análisis del Ciclo de Vida. In: ENEGEP, 17, 1997, Gramado: **Anais...**, Gramado, 1997.

ADLER, P. S. et al. Getting the Most out of your product development process. **Harvard Business Review**, Boston, p. 4-15, Mar/Apr. 1996.

AKAO, Y. **Quality Function Deployment**. Cambridge: Productivity Press, 1990.

APQP – Manual de Referência: ANRAVEA, São Paulo, 1997.

BART, H.; SCHONEBERG, D. **Design for Competitiveness**. Institute for Competitive Design, 1992.

BERLINER, C.; BRIMSON, J. A. **Gerenciamento de custos em indústrias avançadas: base conceitual CAM-I**, São Paulo: T.A. Queiroz, 1992, 256 p.

BEUREN, I. M., SCHAEFFER, V. Análise dos Custos do Ciclo de Vida do Produto: uma Abordagem Teórica . In: ENEGEP, 17, 1997, Gramado: **Anais...**, Gramado, 1997.

BHATTACHARYA et al. Application of Total Quality Management Concepts to a Business School. **International Journal of Technology Management**, v.16, n.4-6, p.520-531,1998.

BLAKE, G. **Life Cycle Assessment, Trends, Methodologies and Current Implementation**. 1997. Disponível na internet. <http://www.tiac.net/users/tgloria/LCA/thesisab.html>. Abril, 1997.

CAMPOS, L. et al. Importância dos Custos da Qualidade no Processo de Definição e Identificação dos Custos da Qualidade Ambiental. In: ENEGEP, 16, 1996, Piracicaba: **Anais...**, Piracicaba, 1996.

CHING, H. Y. **Gestão Baseada em Custeio por Atividades - ABM - Activity Based Management**. São Paulo: Atlas, 1995, 124 p.

CLARK, K. B.; FUJIMOTO, T. **Product Development Performance**. Boston: Harvard Business School Press, 1991.

COCHRAN, D. **The Design and Control of Manufacturing Systems**. Auburn: Auburn University, 1994. Tese (Doutorado) – August, 1994.

COCHRAN, D. The Production System Design and Deployment Framework. In: SAE – International Automotive Conference, 1999, Detroit: **Anais...**, Detroit, May, 1999.

COLENCI, A. J. O Ambiente como Parâmetro de Decisão no Projeto do Produto. In: ENEGEP, 16, 1996, Piracicaba: **Anais...**, Piracicaba, 1996.

COOPER, R. Look out, management accountants. **Management Accounting**, New Jersey, p. 20-26, May 1996.

COOPER, R.; CHEW, W. Bruce. Control Tomorrow's Costs Through Today's Designs. **Harvard Business Review**, Boston, p.88-97, Jan./Feb. 1996.

- COOPER, R.; KAPLAN, R. The Promise – and Perfil – of Integrated Cost Systems. **Harvard Business Review**, Boston, p. 109-119. Jul.-Aug, 1998.
- CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. **Just-In-Time e OPT – Um Enfoque Estratégico**. São Paulo: Atlas, 1994, 183 p.
- CROW, K. **Product Cost Management Through Integrated Product Development**. 1998. Disponível na Internet. <http://members.aol.com/drmassoc/dtc.html>. 05 Feb. 1998.
- DEAN, E. B. **Target and Kaizen Costing from the Perspective of Competitive Advantage**. 1998. Disponível na internet. <http://akao.larc.nasa.gov/dfc/tarcst.html>. 04 Aug. 1998.
- DIEZ, J. G.; SILVEIRA, M. P. A Gestão Ambiental no Contexto da Gestão Estratégica de Custos. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO ESTRATÉGICA DE CUSTOS, 3, 1996, Curitiba: **Anais...**, Curitiba: Associação Brasileira de Custos, 1996. p. 161-175.
- DOLAN, R. J. How Do You Know When the Price Is Right? **Harvard Business Review**, Boston, p.4-11, Sep./Oct. 1995.
- EPSTEIN, M. J. Accounting for Product Take-Back. **Management Accounting**, New Jersey, p.29-33, Aug. 1996.
- ERTEL, J. et al. Ready for Recycling: Toward a New Approach to Product Design. **Siemens Review**, p. 31-34, Fall 1993.
- FAVA, J. A. Life-cycle thinking: application to product design. In: IEEE International Symposium, 1993, **Anais...** 1993. p.106-111.
- FERROLI, P. C. et al. Projeto para o Meio Ambiente: Uma Nova Preocupação do Projetista. In: ENEGEP, 17, 1997, Gramado: **Anais...**, Gramado, 1997.

FIAT. **Material de divulgação interno**, 1998.

FIGUEIREDO, P.J. M. Avaliação Integrada do Ciclo de Vida dos Produtos. AICVP. **Revista de Ciência de Tecnologia**, vol. 3/2, no. 6, dez. 1994.

FONSECA, N. et al. Sistema de custeio baseado em atividades em uma área-piloto de uma empresa de autopeças. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO ESTRATÉGICA DE CUSTOS,1, 1994: **Anais...**, novembro, 1994. p. 191-209.

FURTADO, J. S.; FLEURY, A. Produção Limpa no Depto. de Eng. de Produção, Politécnica, USP. In: ENEGEP, 16, 1996, Piracicaba: **Anais...**, Piracicaba, 1996.

GIFFI, C. et al. **Competing in World-Class Manufacturing : American's 21st Century Challenge**. National Center for Manufacturing Sciences, 1990, 410 p.

GRIGSON, A. The Quest for Quality. **Manufacturing Engineer**, p.16-17, Feb. 1992.

HOJDA, R. G. **ISO 14.000 – Sistemas de Gestão Ambiental**. São Paulo: Escola Politécnica, USP, 1997. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia de Produção, USP, 1997, 258p.

HRONEC, S. M. **Sinais Vitais**. São Paulo: Makron Books, 1994, 240 p.

ISHIKAWA, K. **What is Total Quality Control? The Japanese Way**. New Jersey: Prentice-Hall, 1985.

ISO 14.000, 1999.

JURAN, J. M.; GRZYNA, F. M. **Juran's Quality Control Handbook**. New York: McGraw Hill, 1988.

- KARLSON, C.; AHLSTRÖM, P. Assessing Changes Towards Lean Production. **International Journal of Operations and Production Management**, 16, p.24-62, 1996.
- KELDMANN, T. The Environmental Part of the Product Concept. IN: ICED, 1995, Praha: **Anais...** Praha, Aug. 1995, p. 22-24.
- KIMURA, F. et al. Product Quality Evaluation Based on Behaviour Simulation of Used Product. In: CIRP Manufacturing Technology, 48, 1998, Athens: **Anais...** Athens, 1998. v. 47/1/1998, p.119-122.
- KRAUSE, F. L.; KIND, C. Strategic Planning for Information Technological Infrastructures for Life Cycle Management. In: CIRP Manufacturing Technology, 48, 1998, Athens: **Anais...** Athens, 1998. v. 47/1/1998, p.129-132.
- KREUZE, J. G.; NEWELL, G. E. ABC and Life-Cycle Costing for Environmental Expenditures. **Management Accounting**, New Jersey, p.38-42, Feb. 1994.
- LANCIA, P. L. **A Methodology of Aligning Product Development Teams with Business Level Goals in a Changing Business Environment**. Cambridge: Sloan School of Management, MIT, 1998. Dissertação (Mestrado) – June, 1998.
- LAPERROUSAZ, P.; COUNAS, D. Rumo ao Carro do Futuro: nível zero em desperdício. **Contacto, Cendotec**, p. 23-24, abril/maio/junho 1991.
- LIGUS, R. G. **Developing World Class Manufacturing Agility: Reduce Total Cycle Times in Your Company**. 1997. Disponível na Internet. <http://ourworld.compuserve.com/homepages/RockfordConsultingGroup/Cycles.htm>. 31 Jul. 1997.
- LOBO, C. E. et al. Mix Production Optimization with Activity-Based Costing. **CIRP – Journal of Manufacturing Systems**, vol. 29, no. 3, p. 215-219, 1999.

- LOBO, Y. **Custeio do Ciclo de Vida Utilizando o Custeio Baseado em Atividades**. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, UNICAMP, 1996. Tese (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1996.
- LOBO, Y.; LIMA, P. A new approach to product development costing. **CMA Magazine**, Ontario, p.14-17, março. 1998.
- LOBO, Y.; LIMA, P. Model for Evaluation the Importance of Considering the Environmental Aspects in the Product Development Phase. In: CIRP International Seminar on Manufacturing Systems, 32, 1999, Leuven: **Anais...** Leuven, 1999. p.155-161.
- LONGARAY, A. A. As Implicações do Meio Ambiente nas Estratégias das Empresas. In: ENEGEP, 16, 1996, Piracicaba: **Anais...**, Piracicaba, 1996.
- MAGALHÃES, R. M. Análise do Ciclo de Vida orientada para o Meio Ambiente no contexto de incerteza. In: ENEGEP, 16, 1996, Piracicaba: **Anais...**, Piracicaba, 1996.
- MEYER, M. H.; UTTERBACK, J. M. Product Development Cycle Time and Commercial Success. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 42, no. 4, Nov. 1995, p. 297-304.
- MIER, G.P.M. et al. Life-Cycle Costs Calculations and Green Design Options-Computer Monitors as Example. In: IEEE International Symposium, 1996, **Anais...** 1996. p.191-196.
- MIZUNO, S. **Management for Quality Improvement: The 7 New QC Tools**. Productivity Press, Cambridge, MA, 1988.
- MORUP, M. A New Design for Quality Paradigm. **Journal of Engineering Design**, vol. 3, no. 1, p. 63-80, 1992.

- OLESEN, J.; KELDMANN, T. Design for Environmental – A Framework. In: ICED, 1993, **Anais...** Aug. 1993, p. 17-19.
- OSTRENGA, M. et al. **Guia da Ernest & Young para Gestão Total dos Custos**. Rio de Janeiro: Record, 1993, 349 p.
- OVERBY, C. M. QFD & Taguchi for the Entire Life Cycle. In: ASQC Quality Congress Transactions, 1991, Milwaukee: **Anais...**, Milwaukee, 1991.
- PAULI, G. **Emissão Zero: A busca de Novos Paradigmas**. Porto Alegre: Edipucrs, 1996, 312p.
- PORTER, M. E.; VAN DER LINDE, C. Ser verde também é ser competitivo. **Revista Exame**, São Paulo, v. 28, n. 24, p. 72-78, nov. 1995.
- QS 9.000. AUTOMOTIVE INDUSTRY ACTION GROUP. **Quality System Requirements QS 9.000**, 1998.
- REIS, M. J. L. **ISO 14000 - Gerenciamento Ambiental**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1995, 200 p.
- ROZENFELD, H. **Reflexões sobre a Manufatura Integrada por Computador (CIM)**. Manufatura Classe Mundial: Mitos e Realidade, São Paulo, 1996.
- ROZENFELD, H. Modelo de Referência para o Desenvolvimento Integrado de Produtos. In: ENEGEP, 17, 1997, Gramado: **Anais...**, Gramado, 1997.
- SAFATLE, A. Para fechar o círculo. **Carta Capital**, outubro 14, 1998.
- SCHERKENBACK, W. W. **The Deming Route to Quality and Productivity: Road Maps and Roadblocks**. Washington: CEEPress Books, Continuing Engineering Education Program, 1986.

- SEPHTON, M.; WARD, T. ABC in retail financial services. **Management Accounting**, New Jersey, p.29-33, Apr. 1990.
- SHARMAN, P. A. Activity-based Costing: a practitioner's update. **CMA Magazine**, Ontario, p.22-25, Jul./Aug. 1991.
- SHILLITO, M. L.; DE MARLE, D. J. **Value, Its Measurement, Design, and Management**. New York: John Wiley & Sons Inc., 1992.
- SODHI, M., KNIGHT, W. A. Product Design for Disassembly and Bulk Recycling. In: CIRP Manufacturing Technology, 48, 1998, Athens: **Anais...** Athens, 1998. v. 47/1/1998, p.115-118.
- SOUZA, M. T. S. Rumo à Prática Empresarial Sustentável. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, p.40-52, jul/ago 1993.
- SUH, N. **The principles of design**. New York: Oxford University Press, 1990.
- SUH, N. P. et al. Manufacturing System Design. In: CIRP General Assembly, 48, 1998, Athens: **Anais...** Athens, 1998. v. 47/2/1998, p. 627-639.
- SUH, N. **Axiomatic Design – Advances and Applications**. New York: to be published Oxford University Press, 1999.
- SULLIVAN, L. P. **Quality Function Deployment**. Quality Progress, June 1986.
- TABRIZI, B.; WALLEIGH, R. Defining Next-Generation Products: An Inside Look. **Harvard Business Review**, Boston, p. 116-124, Nov/Dec 1997.
- TAYLOR, R.; PEARSON, A. Total Quality Management in Research and Development. **TQM Magazine**, v.6, n.1, p. 26-34, 1994.

- TIBOR, T.; FELDMAN, I. **ISO 14.000: um guia para as normas de gestão ambiental**. São Paulo: Futura, 1996, 302 p.
- TOTES, M. M.; FERNANDES, E. Avaliação Econômica de Impacto Ambiental. In: ENEGEP, 16, 1996, Piracicaba: **Anais...**, Piracicaba, 1996.
- TRAPPEN, W.; ANDERSON, S. Stimulating an Organization's Participation in TQM. In: Annual Quality Congress Transactions, 1991, **Anais...** 1991. V.45, p. 225-229.
- TURNEY, P. B. B. **Common Cents**. Cost Hollsboro Technology, 1991. 332 p.
- VIEIRA, S. R. B.; STANGE, P. O Planejamento da Utilização do Produto após o Término de sua Vida Útil, via QFD, com Ênfase na Gestão da Qualidade Ambiental. In: ENEGEP, 16, 1996, Piracicaba: **Anais...**, Piracicaba, 1996.
- WANG, A. **Design and Analysis of Production Systems in Aircraft Assembly**. Cambridge: Department of Mechanical Engineering, MIT, 1999. Dissertação (Mestrado) – June, 1999.
- WARREN, J.L.; WEITZ, A.K. Development of an Integrated Life-Cycle Cost Assessment Model. In: IEEE International Symposium, 1994: **Anais...**, 1994. p.155-163.
- WESTKÄMPER, E.; OSTEN-SACKEN, D. Product Life Cycle Costing Applied to Manufacturing Systems. In: CIRP Manufacturing Technology, 48, 1998, Athens: **Anais...** Athens, 1998. v. 47/1/1998, p.353-356.
- WHEELWRIGTH, S. C.; CLARK, K. B. Creating project plans to focus product development. **Harvard Business Review**, Boston, p. 70-81, Mar/Apr. 1992.
- WOODSIDE, G.; AURRICHIO, P.; YTURRI, J. **ISO 14.000 Implementation Manual**. McGraw Hill, 1998. 204 p.

YOSHIKAWA, T et al. Cost Management Through Functional Analysis. **Journal of Cost Management**, p. 14-19, Spring 1989.

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

BACK, N. **Metodologia de Projeto de Produtos Industriais**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983. 389 p.

BAILEY, P. Full Cost Accounting for Life-Cycle Costs – A Guide for Engineers and Financial Analysts. **Environmental Finance**, Spring 1991.

BEAR, R.; MILLS, R., SCHMID, F. Product costing in advanced technology environments. **Management Accounting**, New Jersey, p.20-22, Dec. 1994.

BIDDLE, D. Recycling for profit: the new green business frontier. **Harvard Business Review**, Boston, p. 145-156, Nov/Dec 1993.

BOOTH, R. Life-cycle costing. **Management Accounting**, New Jersey, p.10, Jun. 1994.

BOOTH, R. Hitting the Target. **Management Accounting**, New Jersey, p. 42, Jan. 1995.

BREEN, C. **Target Costing in the Automotive Parts Industry**. 1998. Disponível na Internet. <http://www.arts.uwaterloo.ca:80/~mbreen/tcpaper.html>. 03 Apr. 1998.

- CHERUKURI, S. S. et al. Cycle Time and the bottom line. **Industrial Engineering**, p.20-23, Mar. 1995.
- COGAN, S. **Activity-Based Costing (ABC) - A poderosa estratégia empresarial**. Rio de Janeiro: Pioneira, 1994, 129 p.
- COLLINS, P. Catalyst for continuous improvement. **Management Accounting**, New Jersey, p.50-52, Feb. 1994.
- CONSALTER, L. A. Fatores e Procedimentos determinantes da qualidade do projeto de produtos visando a competitividade. **Gestão & Produção**, São Carlos, vol. 3, no. 1, p. 70-85, abril 1996.
- COVEY, S. Eliminating unproductive activities and processes. **CMA Magazine**, Ontario, p.20-24, Nov. 1991.
- ELMARAGHY, H. et al. On-Line Simulation and Control in Manufacturing Systems. In: **CIRP Manufacturing Technology**, 48, 1998, Athens: **Anais...** Athens, 1998. v. 47/1/1998, p.401-404.
- EVERSHEIM, W. et al. Design-to-Cost for Production Systems. In: **CIRP Manufacturing Technology**, 48, 1998, Athens: **Anais...** Athens, 1998. v. 47/1/1998, p.357-360.
- FALINSKI, N. K. **A Methodology for Assessing Environmental Projects**. Cambridge: Sloan School of Management, MIT, 1997. Dissertação (Mestrado) - Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology, 1997.
- GAMMELL, F.; MCNAIR, C.J. Jumping the growth threshold through activity-based cost management. **Management Accounting**, New Jersey, p.37-46, Sep. 1994.
- HART, S. L. Beyond Greening: Strategies for a Sustainable World. **Harvard Business Review**, Boston, p.67-76, Jan./Feb. 1997.

- HEGDE, G. C. Life Cycle Cost: a Model and Applications. **IIE Transactions**, v.26, n.6, p.56-62, Nov. 1994.
- JAMES, D. **The Application of Economic Techniques in Environmental Impact Assessment**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1994.
- JINDIA, A. K.; LERMAN, E. Applying total employee involvement to revolving change over cycle time. **Industrial Engineering**, p.54-55, Feb. 1995.
- JOHNSON, T. H. **Relevância Recuperada**. São Paulo: Pioneira, 1994, 217p.
- KAISER, J.; SOHKENIUS, G. On Principles, methods and tools for engineering. In: CIRP International Seminar on Manufacturing Systems, 32, 1999, Leuven: **Anais...** Leuven, 1999. p.183-191.
- KONDOH, S. et al. Development of Upgradable Cellular Machines for Environmentally Conscious Products. In: CIRP Manufacturing Technology, 48, 1998, Athens: **Anais...** Athens, 1998. v. 47/1/1998, p.381-384.
- MULLER, N. et al. Toward a Comprehensive Materials Balance. **Siemens Review**, p. 18-21, Fall 1993.
- NAKAGAWA, M. **ABC - Custeio Baseado em Atividades**. São Paulo: Atlas, 1994, 95 p.
- OH, C. J.; PARK, C. S. An Economic Evaluation Model for Product Design Decisions under Concurrent Engineering. **The Engineering Economist**, v.38,n.4, p.275-297, Summer 1993.
- Os Novos Conceitos de custo para a qualidade total: mesmo vinho em nova embalagem ou de fato uma revolução? **IOB – Temática Contábil e Balanços**, bol. 43/94, p. 365-369.
- OWEN, J. V. Benchmarking World-Class Manufacturing. **Manufacturing Engineering**, p.29-34, Mar. 1992.

- PLAYER, S. The top ten things that can go wrong with an ABM project. **As Easy as ABC**, p.1-2, Summer 1993.
- PORTER, M. **Estratégica Competitiva**. Rio de Janeiro: Campus, 1994.
- REIMANN, M.; SARKIS, J. An Infrastructure for Agile Enterprise Product Development System. In: ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE ON FLEXIBLE AUTOMATION AND INTEGRATED MANUFACTURING, 6, 1996, **Anais...**, 1996.
- RONDINELLI, D.A.; VASTAG, G. International Environmental Standards and Corporate Policies: an integrative framework. **California Management Review**, vol. 39, no.1, fall 1996, pp. 106-122.
- SARKIS, J. et al. A Systemic Evaluation Model for Environmental Conscious Business Practices and Strategy. In: IEEE International Symposium, 1996, **Anais...** 1996. p.281-286.
- SEED, A. H. Improving Cost Management. **Management Accounting**, New Jersey, p.27-30, Feb. 1990.
- SHARMAN, P. A. The role of measurement in Activity-Based Management. **CMA Magazine**, Ontario, p.25-29, Sep. 1993.
- SHENG, P. et al. Environmental-Based Systems Planning for Machining. In: CIRP Manufacturing Technology, 48, 1998, Athens: **Anais...** Athens, 1998. v. 47/1/1998, p.409-414.
- SIMMONS, G.; STEEPLE, D. As simples as ABC! **Manufacturing Engineer**, p.28-29, Oct. 1991.
- SMITH, M. Bottleneck Management. **Management Accounting**, New jersey, p. 26-32, Mar. 1995.

- SOCMA's ISO 14000 Overview.** 1997. Disponível na internet. <http://www.socma.com/iso14000.html>. 24 Jun. 1997.
- SOHLENIUS, G. Promising Principles of Creative and Systematic Product Realization, **Innovative Produktionstechnik**, Hanser Verlag, Berlin, 1998.
- TAKATA, S. et al. Life Cycle Simulation Applied to a Robot Manipulator – An Example of Aging Simulation of Manufacturing Facilities. In: CIRP Manufacturing Technology, 48, 1998, Athens: **Anais...** Athens, 1998. v. 47/1/1998, p.397-400.
- TURNER, F. The Cost Chain. **Manufacturing Engineer**, p.42-43, Mar. 1992.
- VIEIRA, S. R. B. **Um Sistema de Gerenciamento da Qualidade para Fábricas Montadoras com Ênfase no Método Taguchi e QFD.** Santa Catarina: Escola de Engenharia de Produção, UFSC, 1996. Tese (Mestrado) – Faculdade de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1996.
- WOMACK, J. P. et al. **A máquina que mudou o mundo.** Rio de Janeiro: Campus, 1992, 347p.
- YOSHIKAWA, T et al. Cost Tables: A Foundation of Japanese Cost Management. **Journal of Cost Management**, p. 30-36, Fall 1990.
- ZHOU, M. et al. Evaluation of Environmentally Conscious Product Designs. In: IEEE International Symposium, 1998, **Anais...** 1998. p.4057-4062.

