

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA
TESE DEFENDIDA POR HONG YUH CHING
E APROVADA PELA
COMISSÃO JULGADORA EM 24/05/04



ORIENTADOR

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

**PROPOSTA DE UM MODELO DE MENSURAÇÃO DE DESEMPENHO:
ALINHANDO O SISTEMA DE MANUFATURA ENXUTA AOS
OBJETIVOS ESTRATEGICOS DA EMPRESA**

Autor: Hong Yuh Ching
Orientador: Prof Dr. Paulo Lima

01/2004

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO

**PROPOSTA DE UM MODELO DE MENSURAÇÃO DE DESEMPENHO:
ALINHANDO O SISTEMA DE MANUFATURA ENXUTA AOS
OBJETIVOS ESTRATEGICOS DA EMPRESA**

Autor: Hong Yuh Ching
Orientador: Prof. Dr. Paulo Corrêa Lima

Curso: Engenharia Mecânica
Área de Concentração: Materiais e Processo de 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, 2004
S.P. - Brasil

JNIDADE 73C
Nº CHAMADA UNICAMP
CAMP
V _____ EX _____
TOMBO BC/ 63330
PROC 16.P.D00086-05
C _____ 5 _____
PREÇO 11,00
DATA 26/04/05
Nº CPD _____

Bifid 349312

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

C441p Ching, Hong Yuh
Proposta de um modelo de mensuração de desempenho: alinhando o sistema de manufatura enxuta aos objetivos estratégicos da empresa / Hong Yuh Ching.--Campinas, SP: [s.n.], 2004.

Orientador: Paulo Corrêa Lima.
Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1.Engenharia de produção. 2.Just-in-time.
3.Processos de fabricação. 4.Produção em massa. I. Lima, Paulo Corrêa. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO

TESE DE DOUTORADO

PROPOSTA DE UM MODELO DE MENSURAÇÃO DE DESEMPENHO:
ALINHANDO O SISTEMA DE MANUFATURA ENXUTA AOS
OBJETIVOS ESTRATEGICOS DA EMPRESA

Autor: **Hong Yuh Ching**

Orientador: **Prof. Dr. Paulo Corrêa Lima**



Prof. Dr. Paulo Corrêa Lima, Presidente
Unicamp



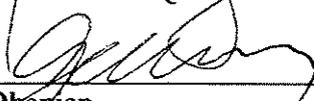
Prof. Dr. Olivio Novaski
Unicamp



Prof. Dr. Antônio Batocchio
Unicamp



Prof. Dr. Antônio Djomário de Queiroz
UFSC



Prof. Dr. George Ohanian
FAAP



Campinas, 24 de maio de 2004

Agradecimentos

Ao meu orientador e amigo, Prof Paulo Lima, pelas interessantes discussões e pelo companheirismo ao longo do desenvolvimento desta tese. Trabalho árduo, mas que vale o esforço.

Aos professores da minha banca, Profs Olívio, Batocchio, Diomário e George, que me honraram com a sua participação.

Aos amigos da CBC, Juarez Bezerra, Luiz Magno e Fernando Neves, que me abriram gentilmente as portas da empresa e disponibilizaram todas as informações solicitadas.

À minha colega da BSP, Virginia Parente, pela revisão do trabalho e dicas importantes.

À minha família pela paciência e compreensão do tempo dedicado a este trabalho.

Resumo

CHING, Hong Yuh, Proposta de um Modelo de Mensuração de Desempenho: Alinhando o Sistema de Manufatura Enxuta aos Objetivos Estratégicos da Empresa, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2004. 181 p. Tese (Doutorado)

É fato que as organizações tem dificuldade em implementar suas estratégias e atingir os seus objetivos por não dispor de um sistema de mensuração de desempenho que produza informações relevantes para tomada de decisão. Isto ocorre devido a um *gap* existente entre os objetivos estratégicos da organização e as suas medidas de desempenho. Esta Tese tem como proposta fechar este *gap* apresentando um modelo de mensuração de desempenho que alinhe o sistema de manufatura enxuta aos objetivos estratégicos do modelo de negocio da organização. Em paralelo, um sistema de manufatura enxuta é desenhado de modo a permitir realizar as dimensões competitivas criando, assim, vantagens diferenciais para a empresa. Medidas de desempenho são associadas aos requisitos funcionais do sistema de manufatura e então alinhadas em uma relação de causa e efeito, assegurando que os objetivos estratégicos sejam alcançados. Para desenvolver o presente modelo de mensuração, seis modelos foram pesquisados e analisados como referencial. Para desenvolver o sistema de manufatura enxuta e as medidas de desempenho, aplicou-se a abordagem denominada de projeto axiomático.

Por fim, as medidas de desempenho desenvolvidas neste modelo foram validadas em uma empresa industrial que já utiliza a manufatura enxuta, para comprovar a lógica do modelo proposto, mensurar os resultados obtidos com a produção enxuta e comparar com a situação anterior de produção em massa.

Palavras Chave

Manufatura enxuta, Modelo de Mensuração de Desempenho, Dimensões Competitivas, Projeto Axiomático

Abstract

CHING, Hong Yuh, Proposal of a Performance Measurement Model: Aligning the Lean Manufacturing System to the Strategic Objectives of the Organization, Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2004. 181 p. Tese (Doutorado)

It is a fact that organizations have difficulty in implementing their strategies and achieving their objectives due to a lack of a performance measurement system that gives relevant information for decision making. This occurs because of a gap between the strategic objectives of the organization and its performance measures. This thesis proposes to close this gap by presenting a performance measurement model that aligns the lean manufacturing system to the strategic objectives of the organization's business model. At the same time, a lean manufacturing system is designed to enable the accomplishment of the competitive dimensions, creating therefore unique advantages to the company. Performance measures are connected to the functional requirements and aligned in a cause and effect relationship, ensuring that the strategic objectives are accomplished. In order to develop the current performance measurement model, six models were researched and analysed as a reference. In order to develop a lean manufacturing system and its performance measures the axiomatic design approach was used.

Finally, the performance measures developed in this model were validated in an industrial company, which already has a manufacturing system in place, to prove the logic of the proposed model, to measure the results achieved with the lean manufacturing and to compare with the previous situation of mass production.

Key Words

Lean Manufacturing, Performance Measurement Model, Competitive Dimensions, Axiomatic Design

Índice

Lista de figuras	iv
Lista de tabelas	vii
Nomenclatura	viii
Capítulo 1 - Introdução	
1.1 A Contextualização deste trabalho	01
1.2 Formulação dos problemas	03
1.3 Os objetivos desta Tese	06
1.4 Referencial teórico ou conceitual	07
1.5 Metodologia utilizada	08
1.6 A estrutura de apresentação desta Tese	09
Capítulo 2 - Revisão da literatura	
2.1 Introdução	11
2.2 Modelos de mensuração de desempenho	12
2.3 Críticas em relação aos sistemas tradicionais de contabilidade	27
2.4 Análise crítica dos modelos de mensuração de desempenho identificados	37
2.5 Sumário	40
Capítulo 3 - Produção em massa versus produção enxuta	
3.1 Introdução	42
3.2 Características do sistema de manufatura tradicional	43
3.3 Tendências de negócio	48
3.4 A Produção enxuta como resposta a essas tendências de negócio	51
3.5 Sumário	61

Capítulo 4 - Dimensões competitivas em um sistema de manufatura

4.1 Introdução	63
4.2 Quais dimensões competitivas?	64
4.2.1 Dimensão qualidade	65
4.2.2. Dimensão confiabilidade	69
4.2.3. Dimensão velocidade	71
4.2.4. Dimensão flexibilidade	75
4.2.5. Dimensão custo	79
4.3 Sumario	84

Capítulo 5 - Uma proposta de um modelo de mensuração de desempenho

5.1 Introdução	86
5.2 A respeito da mensuração de desempenho e o modelo de negocio da organização	86
5.3 Modelo de mensuração de desempenho	88
5.4 Escolha das medidas de desempenho	91
5.5 O projeto do sistema de manufatura enxuta e o alinhamento das medidas de desempenho	93
5.5.1 Decomposição do projeto do sistema de manufatura enxuta	94
5.5.2 Mapeamento dos requisitos funcionais para o domínio fisico	95
5.5.3 Estabelecimento do 2º nível da estrutura hierárquica: decomposição de FRs pelo processo de <i>zig zag</i> indo do domínio fisico para o funcional novamente e determinação dos respectivos DPs	98
5.5.4 Estabelecimento do 3º nível da estrutura hierárquica: decomposição de FR31, FR33, FR41, FR42 e FR43 pelo processo de <i>zig zag</i> indo do domínio fisico para o funcional novamente e determinação dos respectivos DPs	106
5.5.5 Estrutura hierárquica geral do projeto do sistema de manufatura enxuta e a Matriz consolidada do projeto	115
5.6 Balanceamento das medidas de desempenho nos quatro objetivos estratégicos	119
5.7 Relacionamento dos determinantes (parâmetros de projeto) e os resultados (requisitos funcionais)	121
5.8 Relação de todas as medidas de desempenho identificadas no modelo de mensuração de desempenho	122

5.9 Abordagem do projeto axiomático	124
5.10 Definição e forma de calculo das medidas de desempenho	130
5.11 Sumario	139
Capítulo 6 - Aplicação prática na CBC Companhia Brasileira de Cartuchos	
6.1 Introdução	140
6.2 Sobre a empresa	140
6.3 Sobre o produto cartucho	141
6.4 Área de aplicação prática na CBC	142
6.5 Mapas dos fluxos de valor	144
6.6 Resultados obtidos com a manufatura enxuta e os respectivos cálculos	151
6.7 Sumario	174
Capitulo 7 – Conclusão e recomendações	
7.1 Considerações sobre o desenvolvimento deste trabalho	176
7.2 Contribuição da Tese	177
7.3 Confirmação dos objetivos propostos neste trabalho	178
7.4 Limitação e dificuldades encontradas	180
7.5 Encaminhamento de trabalhos futuros	181
Referencias bibliográficas	182
Bibliografia consultada	187

Lista de Figuras

1.1 Desalinhamento das medidas com os objetivos da empresa	05
2.1 Modelo da KPMG	15
2.2 Modelo de Intellectual Capital da Skandia	17
2.3 Abordagem do Intangible Research Center	18
2.4 Desdobramento dos direcionadores de valor	19
2.5 Prisma de desempenho	21
2.6 Vetores críticos do <i>Balanced Scorecard</i>	22
2.7 Sistema de alocação de custo de dois estágios	31
2.8 Sistema de custo da Komatsu	33
2.9 Sistema tradicional versus ABC	36
3.1 Integração dos agentes da cadeia de suprimentos	50
4.1 Qualidade do serviço e qualidade do produto	65
4.2 Flexibilidade dos recursos individuais de uma operação	76
4.3 Importância da flexibilidade da manufatura	78
4.4 Ligação dos objetivos de desempenho	85
5.1 Modelo de negocio proposto	87
5.2 Lógica do modelo de mensuração de desempenho proposto	89
5.3 Matriz de projeto do primeiro nível hierárquico	97
5.4 Matriz de projeto da decomposição do FR1	99
5.5 Matriz de projeto da decomposição do FR2	101
5.6 Matriz de projeto da decomposição do FR3	104
5.7 Matriz de projeto da decomposição do FR4	106
5.8 Matriz de projeto da decomposição do FR31	108
5.9 Matriz de projeto da decomposição do FR33	109

5.10 Matriz de projeto da decomposição do FR41	111
5.11 Matriz de projeto da decomposição do FR42	113
5.12 Matriz de projeto da decomposição do FR43	115
5.13 Estrutura hierárquica geral do projeto	116
5.14 Matriz consolidada do projeto	119
5.15 Balanceamento das medidas de desempenho nos objetivos estratégicos	120
5.16 Arquitetura do projeto axiomático	124
5.17 Processo de decomposição em forma de <i>zig zag</i>	125
5.18 Influencia dos DPs nos FRs	128
6.1 Processo de fabricação do cartucho de fogo central	143
6.2 Mapa do fluxo de valor do estado antes da manufatura enxuta	145
6.3 Mapa do fluxo de valor do estado depois da manufatura enxuta	149
6.4 Ícones de supermercado e de puxada física	150
6.5 Processo puxador da CBC	151
6.6 Matriz do FR1	153
6.7 Indicador vendas por colaborador	154
6.8 Matriz do FR2	155
6.9 Indicador eficiência	156
6.10 Indicador <i>throughput</i>	157
6.11 Matriz do FR3	157
6.12 Influencia dos requisitos de nível inferior sobre FR31	158
6.13 Indicador defeito externo	159
6.14 Indicador defeitos internos	160
6.15 Influencia dos requisitos de nível inferior sobre FR32	161
6.16 Influencia dos requisitos de nível inferior sobre FR33	162
6.17 Indicador frequência de recebimentos	163
6.18 Influencia dos requisitos de nível inferior sobre FR34	164
6.19 Influencia dos requisitos de nível inferior sobre o FR35	165
6.20 Matriz do FR4	166
6.21 Influencia dos requisitos de nível inferior sobre o FR41	167
6.22 Indicador evolução do preço médio de vendas	168

6.23	Indicador evolução do volume de vendas	169
6.24	Influencia dos requisitos de nível inferior sobre FR42	170
6.25	Indicador tempo de troca	171
6.26	Influencia dos requisitos de nível inferior sobre o FR43	172
6.27	Indicador giro de estoque	173
6.28	Indicador utilização de espaço	174

Lista de tabelas

1.1 Estudo de mensuração de desempenho	04
2.1 Premissas da contabilidade tradicional versus produção enxuta	35
3.1 Indicadores comparativos de três fabricas	53
3.2 Diferenças entre produção artesanal, produção em massa e produção enxuta	60
3.3 Diferenças entre manufatura tradicional e manufatura enxuta	61
4.1 Comparativo de velocidade das empresas classe mundial e não classe mundial	73
4.2 Tipos e dimensões de flexibilidade	76
4.3 Dimensões de flexibilidade	77
4.4 Comparativo de tempo entre pedido e despacho	83
5.1 Medidas de desempenho do primeiro nível hierárquico	97
5.2 Medidas de desempenho da decomposição do FR1	100
5.3 Medidas de desempenho da decomposição do FR2	101
5.4 Medidas de desempenho da decomposição do FR3	104
5.5 Medidas de desempenho da decomposição do FR4	106
5.6 Medidas de desempenho da decomposição do FR31	108
5.7 Medidas de desempenho da decomposição do FR33	109
5.8 Medidas de desempenho da decomposição do FR41	111
5.9 Medidas de desempenho da decomposição do FR42	114
5.10 Medidas de desempenho da decomposição do FR43	115
5.11 Relacionamento entre determinantes e resultados	121
5.12 Relação das medidas de desempenho	122
6.1 Comparativo do estado anterior e estado atual na CBC	151
6.2 Produtividade dos colaboradores da CBC	153
6.3 % <i>turnover</i> dos colaboradores da CBC	154
7.1 Lucro deflacionado da CBC	179

Nomenclatura (terminologia)

Célula - Layout de diferentes tipos de equipamentos que executam operações diferentes em uma seqüência rígida, em geral em forma de U, a fim de permitir o fluxo contínuo e o emprego flexível do esforço humano por meio do trabalho polivalente.

Cross docking – sistema de distribuição em que os produtos são recebidos, selecionados e encaminhados para outro veículo, tudo ocorrendo no mesmo local físico. A sincronização é obtida com a otimização dos recursos do armazém.

Dimensão competitiva – elemento que um sistema de manufatura deve ter para atender os objetivos da empresa.

Estratégia – é um plano de como atingir os objetivos, um compromisso com a ação.

Fabrica tradicional – fábrica que opera no sistema de manufatura tradicional.

Fluxo contínuo – Situação na qual os produtos passam, um produto completo de cada vez, por várias operações no processo, recebimento de pedidos e produção, sem interrupções, retrabalho ou refugo.

Heijunka - criação de um "cronograma nivelado" por meio do seqüenciamento dos pedidos em um padrão repetitivo e eliminação das variações cotidianas nos pedidos totais, de modo a corresponder à demanda de longo prazo.

Kaizen - Melhoria contínua e incremental de uma atividade a fim de criar mais valor com menos muda.

Kanban - Pequeno cartão pendurado em caixas de peças que regulam o puxar no sistema de produção Toyota sinalizando a produção e a entrega em etapas anteriores.

Layout – organização dos componentes do processo produtivo na fábrica. Os mais comuns tipos de organização são por processo, por produto ou por célula.

Manufatura – desenvolve recursos da empresa para que forneçam as condições necessárias para permitir que a empresa transforme os serviços e bens demandados pelos clientes.

Manufatura tradicional – sistema de manufatura em que cada estágio no processo produtivo envia os componentes que produz para um estoque, o qual “isola” aquele estoque do próximo estágio. Utiliza o sistema de gestão de materiais denominado de “push” (empurrar). Suas características podem ser encontradas na tabela 3.3 da Tese.

Manufatura enxuta – sistema ou filosofia de manufatura em que os componentes são passados para o próximo estágio exatamente no momento em que são necessários, evitando assim desperdícios. Utiliza o sistema de gestão de materiais denominado de “pull” (puxar). Suas características podem ser encontradas nas tabelas 3.2 e 3.3 da Tese.

Manufatura flexível - expressão cunhada por Stalk (1988) que tem como mote o tempo como um fator de vantagem competitiva. Tem maior variedade com um menor custo total que a manufatura tradicional.

Milk run - sistema de distribuição que envolve paradas em diversos fornecedores (ou clientes) para apanhar (ou entregar) as suas cargas.

Muda – sinônimo de desperdício, qualquer atividade que consome recursos mas não cria valor.

Objetivo estratégico – meta que a empresa quer atingir para um dado período de planejamento, normalmente de médio e longo prazo.

Produção em massa – produção em grandes lotes ou volumes, sustenta-se pelos altos custos referentes aos *setups* de máquinas e equipamentos e pela possibilidade de uma maior taxa de utilização das máquinas e de mão de obra. É uma característica da manufatura tradicional para atender aos preceitos da economia de escala. Suas características podem ser encontradas na tabela 3.2 da Tese.

Produção enxuta – sinônimo de manufatura enxuta.

Sistema ou monitor andon - dispositivo de controle visual em uma área de produção, em geral um monitor com iluminação superior, que apresenta as condições atuais do sistema de produção e alerta os membros da equipe quanto aos problemas que surgem.

Sistema de gestão “push” – o fluxo de material é empurrado ao longo do processo pela manufatura para o depósito de produtos acabados, esperando pelos pedidos dos clientes.

Sistema de gestão “pull” – sinônimo de demanda puxada em que o fluxo de material só se movimenta quando for demandado pelo estágio seguinte do processo.

TPM Total Productive Maintenance - série de métodos destinados a garantir que cada máquina em um processo de produção seja sempre capaz de realizar as tarefas necessárias para que a produção jamais seja interrompida.

Tempo de ciclo – tempo que leva entre um componente e o próximo saírem do mesmo processo ou também o tempo que se leva para passar uma peça por toda a célula.

Tempo de processamento - tempo durante o qual realmente se trabalha no projeto ou na produção de um produto ou tempo durante o qual um pedido realmente está sendo processado. Em geral, o tempo de processamento é uma pequena fração do *tempo de throughput* e do *lead time*.

Tempo takt - tempo de produção disponível dividido pelo índice da demanda do cliente. Por exemplo, se o cliente demanda 240 peças por dia e a fábrica opera 480 minutos por dia, o tempo takt será de dois minutos; se o cliente quiser que sejam projetados dois novos produtos por mês, o tempo takt será de duas semanas. O tempo takt define o ritmo de produção de acordo com o índice de demanda do cliente, tornando-se a pulsação de qualquer sistema enxuto.

Tempo de throuput - tempo necessário para que um produto evolua da concepção ao lançamento, do pedido à entrega ou da matéria-prima às mãos do cliente. Inclui o tempo de processamento e o tempo de fila.

Capítulo 1

Introdução

1.1 A contextualização deste trabalho

A intensificação da competição em um mercado globalizado tem obrigado as empresas a se desdobrarem de varias formas para se manterem competitivas e sobreviverem. Temos convivido com vários fenômenos, tais como, a invasão de produtos asiáticos no Ocidente, a aceleração de transformações tecnológicas na engenharia e manufatura com o CAD/CAM e avanços da eletrônica, a consolidação do tema qualidade na gestão das empresas com o TQM e Seis Sigma, o declínio da capacidade competitiva da manufatura norte americana desde meados da década de oitenta, ciclos de vida mais curtos dos produtos e uma exigência de maior variedade de produtos por parte dos clientes, para ficar apenas em alguns.

As empresas têm respondido de diversas maneiras a esta crescente competitividade, seja via valorização das pessoas e equipes nas empresas, o chamado “*empowerment*”, para tomar decisões mais rapidamente; fusões, aquisições e *joint ventures* visando sinergia nos negócios, aumento da produtividade e redução dos custos; sistemas de manufatura mais flexíveis e de menor custo ou então adoção de novas ferramentas gerenciais como os ERP’s (sistemas de gestão empresarial).

É fato que a área de manufatura tem sido revalorizada pelos dirigentes de empresas quando perceberam que ela poderia ser uma variável chave para o sucesso da empresa. Skinner (69) colocava a manufatura como uma variável central dentro da estratégia corporativa das empresas. Uma parte importante do seu argumento era de que as empresas têm diferentes pontos fortes e fracos e podem escolher diferentes maneiras de se diferenciarem dos concorrentes. A tarefa da

manufatura de uma empresa é configurar um sistema de produção que reflita as prioridades e escolhas implícitas na sua situação competitiva e estratégia.

Slack (1993) defende que uma manufatura saudável proporciona a versatilidade operacional que pode responder aos mercados crescentemente voláteis e aos concorrentes. Por outro lado, uma manufatura doente vai prejudicar o desempenho da empresa, não importando quanto afiada seja sua direção estratégica. A estratégia competitiva não pode esperar ter sucesso a longo prazo, a menos que considere o papel da manufatura na criação das vantagens estratégicas.

O que esperar da função manufatura? Que papel ela desempenha na vida da empresa? O sucesso da empresa é consequência direta do desempenho superior das dimensões competitivas da manufatura em relação aos seus concorrentes:

- flexibilidade para corresponder à variedade de atividade de produtos, de demanda, de variedade e de promessas de entrega;
- seus produtos são feitos e chegam ao cliente sem erro;
- eles são entregues em tempo menor do que a concorrência e sempre chegam no prazo prometido;
- finalmente uma manufatura de baixo custo para o cliente

Hayes e Pisano (94) acreditam que uma empresa tem que ter aptidão de mudar as “marchas” relativamente rápidas e com mínimos recursos. O trabalho da manufatura é fornecer esta aptidão. Embora haja concordância em relação ao que foi dito acima, não há ainda uma certeza a respeito de como as empresas devem estar operacionalizando seus sistemas de manufatura para alcançar o sucesso. Muitas continuam operando da forma tradicional, com os conceitos de produção em massa. Nem todas suas dimensões competitivas conseguem ser superiores em relação aos seus concorrentes, compensando em algumas em detrimento de outras. Eles constatam que a manufatura enxuta tem eliminado o “*trade-offs*” entre produtividade, investimento e variedade. Muitas fábricas japonesas praticando a manufatura enxuta ultrapassaram seus concorrentes americanos em diversas dimensões; elas atingiram baixos custos, maior qualidade, maior flexibilidade e introdução mais rápida de produto, todos ao mesmo tempo sem fazer “*trade-offs*” (nota: uma tradução para esta expressão seria troca ou opção com ganhos e perdas dos dois lados).

Seguindo o raciocínio de Skinner (69), no desenho de um sistema de produção os gerentes tem de decidir que características operacionais são mais importantes, se baixo custo, alta qualidade ou rápido tempo de resposta, por exemplo. E se houverem conflitos entre diferentes objetivos, eles têm de fazer escolhas com base na análise cuidadosa dos “*trade-offs*”. Outras empresas, não muitas, contudo já migraram para o sistema de produção enxuta e tem colhido ótimos resultados operacionais em todas as dimensões competitivas simultaneamente. Não há dúvida que a produção enxuta é um avanço em relação ao sistema de produção em massa e que uma estratégia de manufatura baseada nesta filosofia pode representar um diferencial competitivo significativo para as empresas.

Estabelecer estratégia é, de fato, uma parte essencial porem a empresa deve seguir adiante. O próximo passo seria estabelecer um sistema de mensuração para assegurar que a estratégia esteja sendo cumprida. As empresas que conseguem traduzir a estratégia em um efetivo sistema de mensuração serão mais hábeis em implementá-la e assim atingir seus objetivos estratégicos.

Um efetivo modelo de mensuração de desempenho deve identificar as origens dos problemas da empresa e/ou as razões do seu sucesso. Deve fornecer indicações a respeito da direção e grau de melhoria no desempenho ao longo do tempo, respondendo perguntas como, Estamos melhorando nas dimensões competitivas sobre as quais a nossa estratégia de manufatura está baseada? A nossa estratégia ainda está correta? Os nossos objetivos estão sendo cumpridos? (Hayes et al, 1988).

1.2 Formulação dos problemas

Uma pesquisa conduzida pela KPMG junto a altos executivos americanos e europeus entre janeiro e junho de 2001, denominada de Performance Measurement Study, mostrou um abismo entre a aceitação do impacto da mensuração e a insatisfação com as aplicações predominantes da mensuração. Especificamente, 93% dos líderes pesquisados acreditam que a mensuração é “muito/de alguma forma” eficaz em influenciar os resultados das suas empresas/unidades, mas apenas 51% estão “muito/de alguma forma” satisfeitos com os sistemas existentes, e somente 15% estão “muito” satisfeitos. Isto ocorre apesar do fato de que, como mostrado abaixo, 87% dos

respondentes concordarem que boa informação é “muito/de alguma forma” importante para a melhoria da empresa (KPMG, 2001).

Tabela 1.1 – Estudo de mensuração de desempenho

	EUA	Europa
Relativa importância de áreas melhoria desempenho	% muito/de alguma forma importante	% muito/de alguma forma importante
Todos alinhados em torno de estratégias e visão	87	88
Obtendo o melhor dos seus colaboradores	85	92
Velocidade/agilidade para responder às mudanças	80	86
Melhorando lealdade do cliente	79	87
Transformando dados em informação útil	78	87

Existe claramente um paradoxo. Embora as empresas se beneficiem da mensuração dos resultados, surpreendentemente poucas vão além da retórica para colocar um enfoque disciplinado de mensuração das áreas estratégicas de desempenho não financeiras que são críticas para o sucesso de uma empresa.

Esses mesmos líderes pesquisados citam os seguintes problemas com os seus sistemas existentes de mensuração:

- não alinhados com os objetivos estratégicos do negócio;
- não integrados com outras informações (internas e externas);
- dependência excessiva de medidas financeiras;
- focados no que é disponível e não no que é necessário;
- e por fim, tecnologia não compatível com as necessidades;

Estas preocupações são significativas. Quando os sistemas de mensuração produzem informação inadequada ou irrelevante, os tomadores de decisão perdem a fé e passam a ignorá-las. Aqueles que confiam nesses sistemas estão pobremente servidos. Uma pesquisa semelhante foi feita pelo Instituto Americano dos Contadores Certificados (AICPA) com 2000 executivos em que 80% disseram que os sistemas de mensuração são um meio para atingir resultados e criar valor para o acionista. Na prática, contudo, seus sistemas eram focados em medidas financeiras tradicionais. As empresas não entendem ainda como suas práticas existentes necessitam mudar, não sabem quais os direcionadores-chaves das áreas não financeiras do negócio são e nem

percebem como essas áreas se relacionam uma com a outra ou com o desempenho financeiro (Gary, 2002).

Na mesma linha de raciocínio, Cochran et al (2000) argumentam que o comportamento dos sistemas bem como a habilidade em atingir objetivos estratégicos é afetada pela maneira como os sistemas são mensurados. Os objetivos estratégicos podem não ser atingidos devido a complexas interações dentro da hierarquia organizacional.

Nos níveis operacionais da empresa, são as medidas de desempenho que direcionam o comportamento dos colaboradores uma vez que eles procuram fazer as medidas parecerem melhores. As medidas acabam ditando os requisitos funcionais do sistema de manufatura e estão desconectadas com os objetivos da empresa. A figura 1.1 abaixo, adaptada do Cochran et al (2000) ilustra esse desalinhamento.

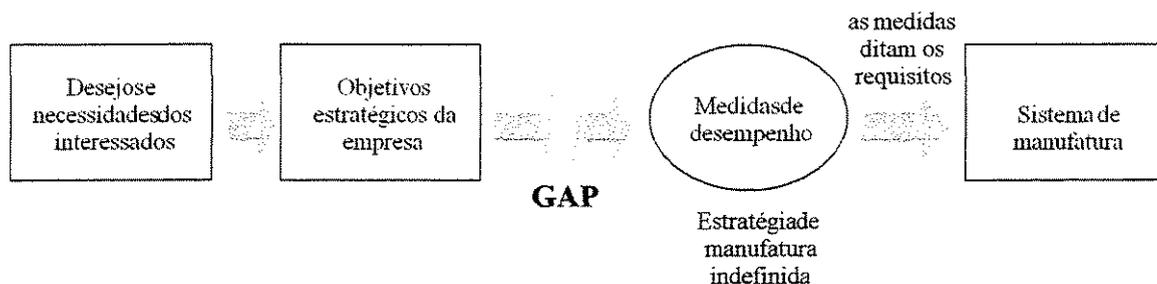


Figura 1.1 Desalinhamento das medidas com os objetivos da empresa

Existe claramente um *gap* entre os objetivos estratégicos da empresa e as medidas de desempenho, fazendo com que as informações produzidas nos sistemas de mensuração de desempenho sejam irrelevantes para os tomadores de decisão. Pelo fato da empresa não ter uma estratégia de manufatura definida que dê embasamento ao seu sistema de manufatura escolhido, a decomposição desse sistema em requisitos funcionais (FRs) e parâmetros de projeto (DPs) não se dá de forma coerente e numa relação causal. (Nota: veja esta decomposição em detalhes no capítulo 5). Conforme dito acima, as medidas de desempenho acabam ditando os requisitos funcionais. Para que o sistema de mensuração possa estar alinhado com os objetivos da empresa, a decomposição do sistema de manufatura deve refletir a decomposição dos objetivos estratégicos e só então medidas de desempenho são associadas aos requisitos funcionais em uma relação de causa e efeito.

Um outro problema decorrente deste acima descrito é como desenhar este sistema de manufatura capaz de atender os objetivos estratégicos da empresa? Mais especificamente, em desenhar um sistema de manufatura enxuta que lide ao mesmo tempo com todas as dimensões competitivas da empresa e que satisfaça os clientes sem ter de fazer escolhas entre as suas diversas prioridades.

1.3 Objetivos desta Tese

Os objetivos representam as ações propostas para responder as questões que representam os problemas formulados. Esta Tese tem como proposta apresentar um modelo de mensuração de desempenho que alinhe o sistema de manufatura enxuta aos objetivos estratégicos do modelo de negocio da empresa. Para isto se viabilizar, um sistema de manufatura enxuta deve ser desenhado de modo a permitir realizar as dimensões competitivas criando vantagens diferenciais para a empresa. Medidas de desempenho são então associadas aos requisitos funcionais do sistema de manufatura e então alinhadas em uma relação de causa e efeito, assegurando que os objetivos estratégicos sejam alcançados. Esses objetivos refletem os desejos e necessidades de todos os interessados da empresa - acionistas, clientes, empresa e colaboradores, enquanto os requisitos funcionais representam o que deve ser feito na manufatura enxuta para satisfazer esses objetivos.

O objetivo central deste trabalho pode ser definido como sendo:

“Desenvolver um modelo de mensuração de desempenho que alinhe as medidas de desempenho do sistema de manufatura enxuta aos objetivos estratégicos da empresa”.

Alem da pesquisa para se estabelecer um referencial teórico, no caso um modelo de mensuração de resultados, a preocupação era saber se o modelo de fato funciona. O passo seguinte foi validar as medidas de desempenho resultantes deste modelo em uma empresa industrial que já utiliza a manufatura enxuta. O alinhamento dessas medidas em uma relação de causa e efeito foi testado por meio de correlações estatísticas entre elas nos diversos níveis hierárquicos do sistema de manufatura enxuta. Esta validação serviria para comprovar a lógica do modelo, mensurar os resultados obtidos com a produção enxuta e comparar com a situação anterior de produção em massa. Este passou a ser então o segundo objetivo desta Tese:

“Validar as medidas de desempenho resultantes deste modelo em uma empresa industrial, mensurando os resultados obtidos com a manufatura enxuta”.

Procura-se com esta Tese contribuir ainda mais para a difusão tanto da manufatura enxuta como da abordagem do projeto axiomático. Conforme abordado na seção 2.1 do próximo capítulo, existe pouquíssimo material que aborde o tema de mensuração de desempenho da manufatura enxuta ou ainda que mostre como alinhar os objetivos da empresa ao sistema de manufatura enxuta.

1.4 Referencial teórico ou conceitual

Para desenvolver o projeto de um sistema de manufatura enxuta, propõe-se a aplicação de uma abordagem denominada de projeto axiomático (*axiomatic design*, em inglês) (Suh, 1990). Esta abordagem será usada também para desenvolver medidas de desempenho que estejam alinhadas com os objetivos estratégicos da empresa.

A abordagem do projeto axiomático constitui-se basicamente de axiomas, teoremas, corolários e suas aplicações no sentido de estabelecer o que se pode considerar como boas bases e princípios de um projeto. O proponente desta abordagem é Prof. Nam P Suh cujos conceitos e fundamentos principais estão descritos nas suas obras *The principles of design* (1990) e *Axiomatic design: advances and applications* (2001).

Suh (2001) define desenho ou projeto como sendo uma influência recíproca entre *o que* queremos atingir e *como* queremos atingir. Uma abordagem de projeto deve começar com uma afirmação explícita do “*que* queremos atingir” e termina com uma descrição de “*como* iremos atingir”. Uma vez que entendemos as necessidades dos clientes, esse entendimento precisa ser transformado em um conjunto mínimo de especificações, que são definidos como requisitos funcionais, que descrevem “*o que* queremos atingir” para satisfazer as necessidades dos clientes. “*Como* iremos atingir” estará presente sob forma dos parâmetros de projeto. Os objetivos do projeto colocam-se no domínio funcional (isto é, dos requisitos funcionais) e as soluções encontradas são geradas no domínio físico (dos parâmetros de projeto). As interações entre esses dois domínios independentes, entre o “*que*” e “*como*”, acontecem dentro de uma estrutura hierárquica de projeto em um processo denominado de *zig zag*. Suh (1990) diz que tudo que

fazemos em um projeto tem uma natureza hierárquica para tal. As decisões devem ser feitas em ordem de importância decompondo o problema em uma hierarquia.

O projeto e operação deste sistema de manufatura irão impactar na maneira como a empresa irá endereçar os atributos de qualidade, custo, flexibilidade, entre outros, e assim criar vantagens diferenciais.

Por fim, para desenvolvimento do presente modelo de mensuração de desempenho, vários modelos de mensuração de desempenho foram pesquisados e analisados e seis foram identificados como sendo os representativos (“arquetipos”) de todos eles: um que trata de prover mais informação para o mercado sobre as ações de criação de valor da organização (*ValueReporting*); outro que combina as necessidades de mensuração tradicionais com as necessidades emergentes (modelo da KPMG, sem nome); o terceiro com foco nos recursos intangíveis (modelos da *Intellectual Capital* da Skandia e a abordagem do Prof Lev da NYU); um que foca nos direcionadores de valor da empresa (modelos de VBM *Value Based Management* e EVA *Economic Value Added*); um modelo tri-dimensional com cinco faces, cada face sendo uma perspectiva (*The Performance Prism*) e por fim, o que utiliza três perspectivas, além do financeiro, para traduzir a estratégia em ação (*Balanced Scorecard*).

1.5 Metodologia Utilizada

Para o desenvolvimento da Tese e a consecução dos seus objetivos duas formas de pesquisa foram utilizadas e um método científico foi empregado. A primeira forma de pesquisa utilizada foi a da pesquisa bibliográfica dos modelos de mensuração de desempenho existentes. Seis modelos foram identificados como sendo o “estado da arte”, uma análise crítica foi realizada de cada um deles individualmente observando seus méritos e pontos de melhoria e isto serviu de base na construção do modelo de mensuração proposto de modo que este tivesse aspectos novos ou diferentes em relação aos modelos pesquisados. Vide maiores detalhes nas seções 2.1, 2.2 e 2.4 do capítulo dois.

A segunda forma de pesquisa utilizada foi a pesquisa-ação. Ela é uma forma de pesquisa de aplicação imediata que não visa necessariamente ao desenvolvimento da teoria e sua ênfase é a resolução de um problema (Bastos et al, 2001). O modelo proposto nesta Tese, como resultado da

análise dos modelos de mensuração pesquisados e da utilização da abordagem do projeto axiomático, é uma pesquisa-ação, pois visa a resolução dos problemas formulados.

O método científico empregado é o do caso. Sua principal função é a explicação sistemática dos fatos que ocorrem no contexto social e geralmente se relacionam com uma multiplicidade de variáveis. Quando assim ocorre, os dados devem ser representados sob a forma de tabelas, quadros, gráficos e por meio de uma análise descritiva que os caracterizam. Quando são investigados um ou mais casos, cada caso isolado é geralmente denominado de caso e o procedimento da apreciação, sem levar em consideração o número de casos, é denominado de método do caso (Fachim, 2001). Conforme mencionado nos objetivos da Tese, para comprovar a lógica do modelo proposto, foi necessário validar as medidas de desempenho resultantes deste modelo em uma empresa industrial que já estivesse utilizando a manufatura enxuta. Isto foi feito na CBC Companhia Brasileira de Cartuchos. Quadros e gráficos das métricas obtidas nesta empresa, bem como análise descritiva estão demonstrados no capítulo seis deste trabalho.

1.6 A estrutura de apresentação desta Tese

Alem do presente capítulo, esta Tese compõe-se dos seguintes capítulos:

Capítulo 2 – Revisão da literatura

Uma revisão foi realizada para saber onde o tema mensuração de desempenho é mencionado, seja na manufatura de forma geral, seja na manufatura enxuta. Seis modelos de mensuração de desempenho foram identificados como referência do “estado da arte” para o desenvolvimento da presente proposta de modelo. A segunda parte da revisão refere-se as críticas que diversos autores fazem em relação aos sistemas tradicionais de contabilidade e como eles não ajudam os gestores a tomarem decisões. Por fim, uma análise crítica dos seis modelos de mensuração é feita na última parte deste capítulo.

Capítulo 3 – Produção em massa versus produção enxuta

Procura-se justificar a escolha da manufatura enxuta como o sistema de manufatura para construir uma proposta de um modelo de mensuração de desempenho. O capítulo mostra o que ocorreu com o sistema de produção em massa, notadamente na indústria automobilística, a perda da competitividade da indústria norte americana quando comparada com a japonesa e o ambiente

promovido por uma crescente e acirrada competitividade a partir do início dos anos 90. A manufatura enxuta é explorada como o modelo de sistema de manufatura para fazer frente a esta competitividade e comparada com o sistema de produção em massa.

Capítulo 4 – Dimensões competitivas em um sistema de manufatura

Este capítulo aborda o tema das dimensões competitivas em um modelo de sistema de manufatura: o que são e como essas dimensões podem alavancar o sucesso competitivo da empresa. São mostradas as divergências entre os diversos autores a respeito de quais dimensões são importantes para a área de manufatura, além de discutir a abrangência de cada termo. Por fim cinco dimensões competitivas foram elencadas como representativas deste trabalho - flexibilidade, confiabilidade, velocidade, qualidade e custo. Essas dimensões, bem aplicadas na manufatura enxuta, sustentam os objetivos da empresa e levam a sua consecução.

Capítulo 5 – Uma proposta de um Modelo de Mensuração de Desempenho

Um modelo de mensuração de desempenho que alinhe as medidas de desempenho com os objetivos estratégicos da organização e com a estratégia de manufatura é proposto neste trabalho. Um sistema de manufatura enxuta é desenhado de modo a permitir realizar as dimensões competitivas. Este modelo endereça o problema central desta Tese, que é de fechar o *gap* existente entre os objetivos da empresa e as medidas de desempenho. As medidas encontradas no modelo têm como finalidade assegurar que os requisitos funcionais estejam cumprindo seu papel de satisfazer os objetivos da empresa.

Capítulo 6 – Aplicação prática na CBC

Refere-se à validação das medidas de desempenho deste modelo na empresa analisada (a CBC Companhia Brasileira de Cartuchos), comprovando a lógica do modelo, mensurando os resultados obtidos com a produção enxuta e mostrando os cálculos efetuados. Esses resultados serão analisados para confirmar se valeu a pena a empresa ter migrado de produção em massa para produção enxuta.

Capítulo 7 – Conclusão e considerações finais

O último capítulo tece as considerações finais a respeito do desenvolvimento deste trabalho, mostra a contribuição desta Tese e as conclusões a partir de cada um dos objetivos propostos deste trabalho, discorre sobre a limitação e dificuldades encontradas neste trabalho e propõe sugestões de trabalhos futuros.

Capítulo 2

Revisão da literatura

2.1 Introdução

Na pesquisa bibliográfica realizada, foi observada a existência de pouco material que aborde o tema de mensuração de desempenho da manufatura enxuta ou ainda que mostre como alinhar o sistema de manufatura enxuta aos objetivos da empresa. Menores custos de produção, melhor qualidade dos produtos, maior frequência das entregas e no tempo solicitado, tempo de ciclo mais curto são benefícios da adoção bem sucedida da manufatura enxuta que estão documentados na literatura (Chase et al, 2001; Rother e Shook, 1999; Womack et al, 1992; Andersen Consulting, 1994). Esta literatura mencionada diz como operacionalizá-la no chão de fábrica, porém peca em demonstrar como sua operacionalização se traduz em resultados financeiros (retorno sobre o investimento dos acionistas) e operacionais, como satisfação dos clientes, crescimento dos colaboradores e melhoria da empresa. Mais ainda, não mostram como esses resultados são mensurados de forma estruturada e alinhados aos objetivos da empresa.

Dessa forma, a pesquisa saiu do âmbito puramente da manufatura enxuta e foi ampliada abrangendo os tipos de modelos de mensuração de desempenho existentes. Como resultado desta pesquisa bibliográfica, seis modelos de mensuração de desempenho foram identificados como os mais representativos de todos os modelos pesquisados e tomados como referência para o desenvolvimento da presente proposta de mensuração de desempenho. A segunda parte deste capítulo é dedicada às críticas que diversos autores fazem em relação aos sistemas tradicionais de contabilidade e como estes não ajudam os gestores a tomarem as decisões corretas. Na última seção deste capítulo é feita a uma análise comparativa desses seis modelos.

2.2 Modelos de mensuração de desempenho

Conforme dito acima, seis modelos foram tomados como referência de todos os pesquisados e podem ser agrupados da seguinte maneira. O primeiro grupo trata de prover mais informação ao mercado e aos seus interessados a respeito da proposta de valor da empresa e como ela cria este valor. O modelo representativo deste grupo é o *ValueReporting* da PricewaterhouseCoopers.

O segundo grupo trata de juntar e combinar as necessidades tradicionais de mensuração (em que se mede a eficiência financeira, operacional e/ou funcional) de uma empresa com as necessidades de áreas consideradas emergentes (como a estratégica e de mercado). O modelo representativo é o da consultoria KPMG, sem denominação. O terceiro grupo foca nos recursos intangíveis de uma empresa, área relegada nas suas demonstrações financeiras. Recursos intangíveis relativos à tecnologia, competência, colaboradores e *goodwill*, entre outros, formados pela empresa, devem ser medidos e monitorados. Dois modelos são representativos deste grupo: o *Intellectual Capital*, do grupo privado Skandia, e o do Prof Baruch Lev, da New York University.

O quarto grupo é primordialmente financeiro, foca nos direcionadores de valor que maximizam a riqueza dos acionistas. Os modelos de *Value Based Management* e *Economic Value Added* representam este grupo. Os dois grupos seguintes têm vertentes parecidas. Ambos são resultado da insatisfação com as medidas de desempenho tradicionais, essencialmente financeiras, e trabalham com várias perspectivas. Enquanto o quinto grupo trabalha com cinco perspectivas e considera todos os interessados importantes da empresa, o sexto grupo traduz a implementação da estratégia por toda a empresa a partir de quatro perspectivas, dando ênfase a apenas dois grupos de interessados (acionistas e clientes). O quinto grupo é representado pelo modelo *Performance Prism*, e o modelo do *Balanced Scorecard* representa o sexto grupo.

ValueReporting é o enfoque da PricewaterhouseCoopers (www.pwc.com) para mensuração de desempenho e relatório corporativo e está fundamentado em uma publicação da PWC “*Reinventing Performance Measurement, Management, and Reporting*”, escrito por Robert H. Herz (2000). Ajuda a administração a articular a proposição de valor da empresa, comunicar como o negócio cria valor e assegura que os controles internos e processos funcionem para

administrar os direcionadores de valor da empresa. Este enfoque procura fechar o *gap* entre o modelo de relatório financeiro atual e as demandas do mercado para mais informações, tornando os relatórios corporativos mais relevantes aos investidores. Prove maior detalhe a respeito da dinâmica do mercado, atividades que criam valor, estratégia e intangível, direcionadores não financeiros de valor para os interessados (“*stakeholders*”), como satisfação do cliente, retenção dos colaboradores, participação de mercado.

ValueReporting endereça quatro dimensões que, juntos, possibilitam os gerentes a criar um retrato dos esforços de criação de valor da empresa, conforme visto adiante.

Externo	Interno		
Visão do mercado	Estratégia de valor	Atividades de criação de valor	Desempenho financeiro
- ambiente competitivo - ambiente regulatório	- metas e objetivos -desenho organizacional	- inovação - marcas - cadeia de suprimento - pessoas	- desempenho econômico - posição financeira - gestão do risco

Visão de mercado

Fatores no mercado externo constituem uma força dominante na determinação das perspectivas futuras da empresa. Apesar disso, a empresa raramente comunica adequadamente suas visões sobre fatores externos como a dinâmica e tendências da indústria, os cenários competitivo e regulatório, o ambiente macro econômico. Esta dimensão do relatório torna esses elementos mais visíveis aos interessados bem como os seus impactos na empresa.

Estratégia de valor

Esta dimensão do ValueReporting demanda que a empresa comunique sua estratégia para incrementar o valor do acionista ao longo do tempo explorando as competências chaves e reduzindo os riscos. Os investidores necessitam saber o que a empresa tenciona ser, as ações a serem tomadas para alcançar os objetivos e clarificar como essas ações irão criar valor.

Plataforma de valor

Os negócios devem hoje em dia cuidadosamente gerenciar uma complexa rede de relacionamentos para assegurarem seu sucesso. Isto inclui a habilidade e comprometimento dos

colaboradores em assegurarem a estratégia, o grau de confiança dos clientes nos produtos e serviços, a robustez dos modelos de negócio e sua capacidade de aprender, adaptar e prosperar. Nesta dimensão é crítico reportar aos investidores como a empresa lida com inovação, como gerencia suas marcas, a satisfação que os clientes tem com ela, a gestão da sua cadeia de suprimento e como ela está construindo e mantendo a sua reputação.

Desempenho financeiro

A administração da empresa deve oferecer uma clara análise da geração futura de caixa bem como do grau de risco envolvido para gerar este fluxo de caixa. Os investidores devem se perguntar se eles estão sendo compensados pelo risco que estão assumindo. Para tanto, eles necessitam entender a posição de risco da empresa e a sua estratégia de gestão de risco.

O segundo modelo pesquisado é o da consultoria KPMG (www.kpmg.com) explicitado na sua publicação denominada “*Achieving Measurable Performance Improvement in a Changing World*” (2001). Seu enfoque, visto na figura 2.1, visa criar, categorizar e integrar as áreas tradicionais e emergentes de mensuração. Historicamente, mensuração tem sido focada em áreas tradicionais de desempenho, que tendem a olhar em eficiência financeira, operacional ou funcional. Medidas tradicionais são geralmente abundantes, precisas, geradas internamente, derivadas da contabilidade operacional e sistemas de informação e voltadas para o passado. Medidas não tradicionais tendem a ser menos definidas. Elas se referem a intangíveis e áreas emergentes como implementação estratégica, gestão dos recursos, interessados e o mercado externo. Tais medidas são pro ativas e voltadas ao futuro, por sua própria natureza.

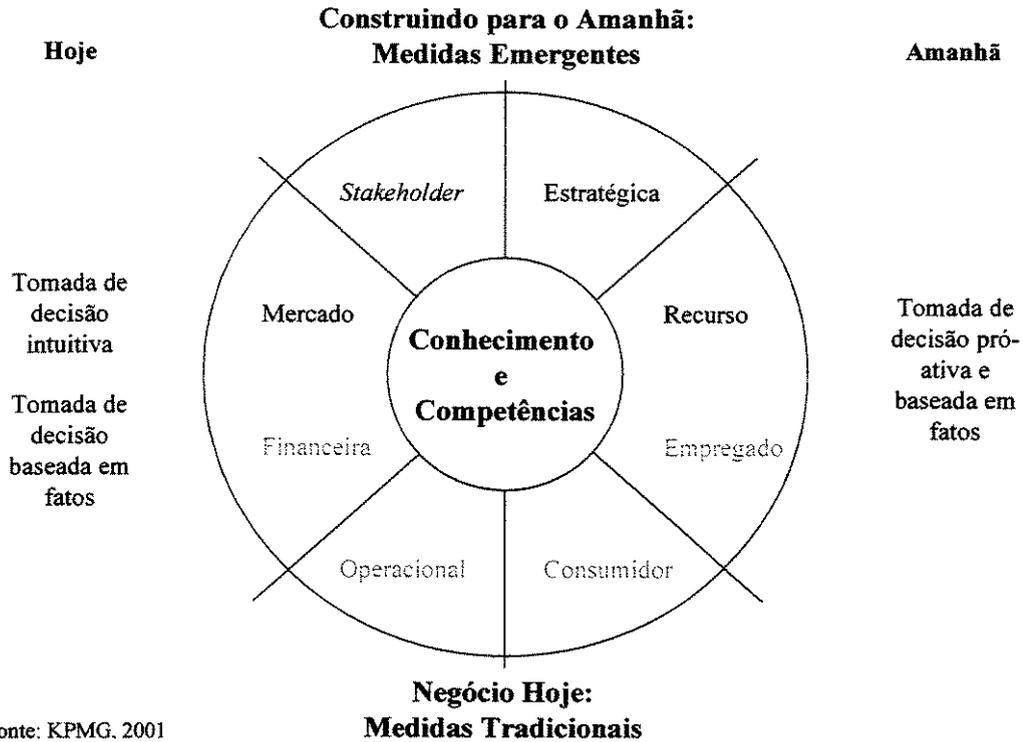


Figura 2.1 – modelo da KPMG

As necessidades tradicionais bem como as emergentes de mensuração podem ser observadas abaixo:

Necessidades tradicionais de mensuração

Financeira	<ul style="list-style-type: none"> - Estamos focando nas medidas financeiras corretas para julgar o sucesso da empresa? - Quanto do nosso valor está refletido no Balanço Patrimonial?
Operacional	<ul style="list-style-type: none"> - Em que extensão conseguimos medir a eficiência e eficácia dos processos operacionais?
Cliente	<ul style="list-style-type: none"> - Com que eficiência medimos e monitoramos mudanças nas necessidades e expectativas dos clientes?
Colaboradores	<ul style="list-style-type: none"> - Medimos regularmente a satisfação dos colaboradores e tomamos ações com base nos resultados?

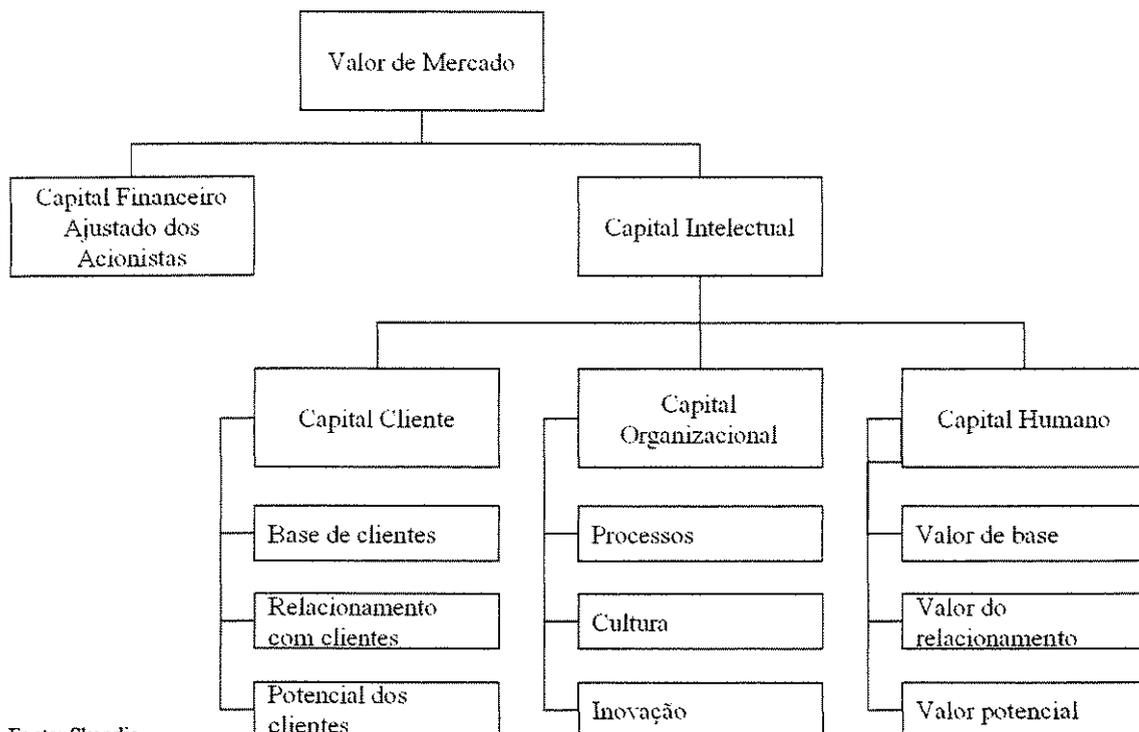
Necessidades emergentes de mensuração

Mercado	<ul style="list-style-type: none"> - Com que eficiência nosso sistema rastreia mudanças na indústria? - O que necessitamos medir e monitorar em base contínua a respeito das atividades da concorrência?
Interessado	<ul style="list-style-type: none"> - Entendemos quem são nossos interessados, suas necessidades e expectativas e medimos se estamos atendendo essas expectativas?
Estratégico	<ul style="list-style-type: none"> - Nossas medidas se alinham e facilitam a implementação da nossa estratégia?
Recurso	<ul style="list-style-type: none"> - Temos as informações corretas para determinar onde deveremos construir e e adquirir competências para o futuro?

O terceiro modelo foca nos intangíveis de uma empresa e aqui existem duas abordagens tratando do mesmo assunto. Uma delas é denominada de *Intellectual Capital* (IC), introduzida por Leif Edvinsson, da Skandia Group, (www.skandia.com) para refletir mudanças no ambiente competitivo (vide livro de Edvinsson e Malone, 1997 e artigo de Edvinsson intitulado “*Measuring Intellectual Capital at Skandia Group*” de 1993). Seu racional é a de que uma grande parte do valor gerado por uma empresa prove de recursos intangíveis, que também devem ser medidos e monitorados. Tecnologias, competências, *goodwill*, são tudo valores escondidos no Balanço da empresa, porém se transformar esses valores em algo tangível como software, aí então será considerada capital intelectual. A definição de capital intelectual para o pessoal da Skandia é a posse do know-how, tecnologia e habilidades aplicadas para criar uma vantagem competitiva. Seu enfoque inclui todos os recursos tangíveis e intangíveis que contribuem para a criação de valor para a empresa (monetário, físico, humano, empresa e relacionamentos) e não apenas sua mera existência.

Esta abordagem do IC consiste de vários componentes conforme figura 2.2 e todos contribuindo para a criação do valor do mercado. Seus componentes são

- capital humano que é o valor acumulado dos investimentos no treinamento dos colaboradores, competência e futuro. Pode também ser descrito como as competências, habilidade de relacionamento e valores dos colaboradores;
- capital cliente que é o valor da base de clientes, relacionamento e potencial dos clientes;
- capital organizacional que consiste em tudo que permanece depois que os colaboradores vão para suas casas, isto é, sistemas de informação, banco de dados, patentes, marcas, direitos, formulas e cultura.



Fonte: Skandia

Figura 2.2 - Modelo de Intellectual Capital da Skandia

A segunda abordagem é do Prof Baruch Lev, do Intangibles Research Center, da NYU (www.stern.nyu.edu). Seu propósito é relatar os investimentos feitos nas inovações. Como inovação torna-se central para obter uma posição competitiva dominante, as empresas necessitarão investir mais pesadamente em ativos intangíveis e acompanhar mais de perto sua relação com o valor da empresa no mercado. Esta abordagem consiste de três fases de uma cadeia de valor, conforme visto abaixo e em cada fase contém um conjunto de medidas de desempenho:

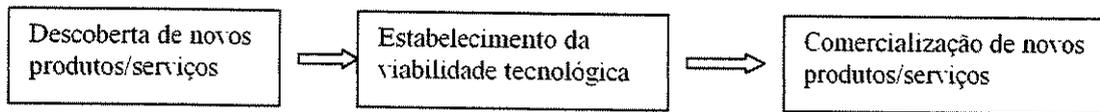


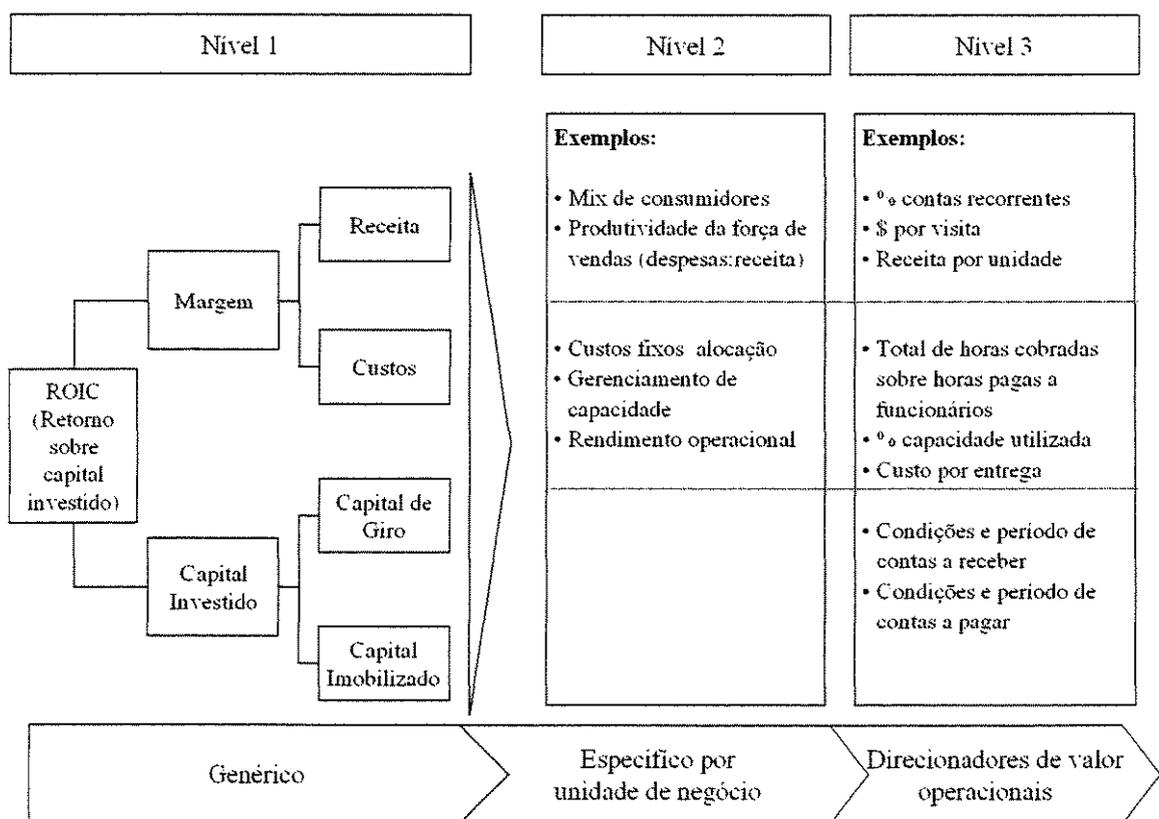
Figura 2.3 – abordagem do Intangible Research Center

Prof Lev afirma que uma parcela crescente da riqueza de uma empresa está em forma de ativos como patentes, direitos autorais, marcas, reputação, capital humano e organizacional, “*goodwill*” e outros intangíveis, bem como outros itens que não são vistos usualmente como ativos, tais como satisfação do cliente ou do colaborador. Esses ativos e outros fatores estão se tornando as reais fontes de valor nas empresas. No entanto, as medidas tradicionais contábeis fornecem cada vez menos informações úteis sobre os intangíveis. Os sistemas contábeis foram desenvolvidos para economias manufatureiras onde a maior parte da riqueza está em forma de propriedade, fábrica e equipamentos. A informação baseada em custo torna-se cada vez mais inútil e defasada na medida que a maior parte do valor da empresa está vindo dos intangíveis. O desafio é saber como os gerentes irão avaliar e monitorar os investimentos em intangíveis. Medidas não financeiras de intangíveis, como número de patentes ou citações em jornais científicos, podem ser usadas para relatar a respeito das atividades intangíveis da empresa?

O quarto modelo denominado de *VBM Value Based Management*, ou Gestão Baseada em Valor, tem um viés mais financeiro, pois assiste as empresas em focar nos direcionadores de valor que maximizam a riqueza dos acionistas. Foi introduzido por Tom Copeland et al através do seu livro *Valuation- measuring and managing the value of companies* (1996). VBM é um processo integrativo desenhado a melhorar a tomada de decisão estratégica e operacional por toda a empresa focando nos direcionadores chaves de valor. Autores como Copeland et al (1996) e Brigham et al (1999) entre outros sustentam que o propósito de uma empresa é maximizar o valor do acionista e o efetivo uso de capital, propósito esse que deve ser refletido em toda decisão em qualquer nível da empresa. As medidas financeiras tradicionais como lucro ou lucro por ação não eram parâmetros adequados para criação de valor. Alternativamente, as empresas deveriam ter uma medida de desempenho precisa e incontestável - valor. O valor da empresa é determinado pelos seus valores descontados de fluxos de caixa e valor é criado somente quando ela investe capital a um retorno superior ao custo daquele capital.

Uma importante parte do VBM é o entendimento de quais variáveis de desempenho vão de fato direcionar o valor da empresa. Este entendimento é essencial porque a empresa não consegue agir diretamente no valor, ela tem de agir em fatores que pode influenciar, como satisfação do cliente, custo, gastos com capital. Um direcionador de valor é simplesmente qualquer variável que afeta o valor da empresa. Para serem úteis, os direcionadores de valor precisam ser organizados em diversos níveis da empresa sob o controle do pessoal operacional.

A figura 2.4 mostra o desdobramento dos direcionadores em três níveis: o nível genérico onde a margem operacional e o capital investido são combinados para calcular o ROI (retorno sobre o investimento); o nível da unidade de negócio em que as variáveis como mix de clientes são relevantes; e o nível da raiz onde maior detalhe é necessário para amarrar os direcionadores de valor a decisões específicas que os gerentes operacionais tem sob seu controle.



Fonte: "Valuation: Measuring and Managing the Value of Companies", 2ª edição

Figura 2.4 – Desdobramento dos direcionadores de valor

Há uma semelhança muito grande entre este modelo do VBM com o modelo financeiro do EVA *Economic Value Added* ou Valor Econômico Agregado, da Stern Steward. Ambos trabalham com o conceito de maximizar o valor do acionista e tem boa correlação com o preço da ação e ambos amarram o planejamento financeiro, o estabelecimento de objetivos e o plano de incentivos de forma integrada. A medida de desempenho de longo prazo da VBM é a geração dos fluxos de caixa descontados enquanto sua medida de curto prazo é o lucro econômico que é definido como:

$$\text{Lucro econômico} = \text{capital investido} \times (\text{retorno sobre capital investido} - \text{custo de capital})$$

Maximizar o lucro econômico ao longo do tempo irá maximizar o valor da empresa. Este conceito do lucro econômico no VBM é o mesmo que o EVA. EVA será aumentado se o custo de capital for menor que o retorno sobre o capital investido e vice versa. O modelo do EVA, no entanto, trabalha com essa visão temporal de curto prazo apenas e não compartilha da visão de geração de fluxos de caixa futuros do modelo de VBM. O modelo do EVA está descrito em detalhes no livro *The quest for value*, de G B Stewart III, de 1999.

O quinto modelo examinado é o Prisma de Desempenho (*The Performance Prism*), cuja base conceitual pode ser encontrada no livro *The performance prism – the scorecard for measuring and managing business success*, de Neely et al (2003), no artigo *Perspectives on performance: the performance prism*, de Neely e Adams (2002) e no site do Centre for Business Performance da Cranfield School of Management (www.som.cranfield.ac.uk). Ele consiste de cinco facetas inter-relacionadas, veja figura 2.5.

A primeira faceta – perspectiva dos interessados (*stakeholders*) – pergunta “Quem são os interessados importantes na nossa empresa e quais seus desejos e necessidades?”. Esta perspectiva considera os inúmeros interessados que terão importâncias variadas para cada empresa. São os investidores, clientes e intermediários, empregados, fornecedores, órgãos reguladores, entidades ambientais e comunidade. A segunda faceta concentra-se nas estratégias e pergunta crucial é “Que estratégias a empresa deve adotar para assegurar que os desejos e necessidades dos nossos interessados sejam satisfeitos?”. Os autores argumentam que a única razão da empresa ter uma estratégia é entregar valor aos interessados e somente depois de identificado esse grupo de pessoas é que será possível iniciar a questão sobre as estratégias a serem adotadas.

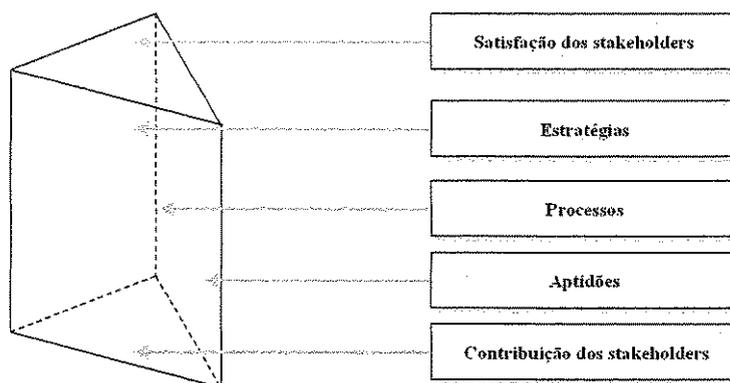


Figura 2.5 – prisma de desempenho

Uma condição para uma estratégia ser bem implementada é ter processos alinhados e as aptidões necessárias para operar esses processos. Este raciocínio leva para as próximas duas facetas do prisma. Elas são as perspectivas de processos e aptidões e as questões a serem respondidas são “Que processos precisamos ter para executarmos nossas estratégias?” e “Que aptidões e condições necessitamos para operar nossos processos – agora e no futuro?”. Os processos de negocio podem definir a maneira como a empresa gerencia seus negócios. No entanto, os processos não funcionam sozinhos. Eles necessitam de pessoas, políticas e procedimentos, tecnologia e infra-estrutura física para fazer acontecer. Medidas são então identificadas para monitorar os processos e cada um dos elementos das habilidades e assegurar que eles estejam adequados à estratégia.

A ultima faceta é a perspectiva da contribuição dos interessados. Este modelo reconhece que não somente as empresas devem entregar valor aos seus interessados, mas também elas devam esperar a contribuição dos interessados de volta para a empresa. A visão dos autores é de uma relação recíproca entre o interessado e a empresa. É uma certa tensão entre o que os interessados querem e necessitam da empresa e o que a empresa quer e necessita dos seus interessados.

O último modelo examinado e o mais conhecido é o do *Balanced Scorecard* (BSC) criado por Kaplan e Norton. A base conceitual é encontrada em um artigo da *Harvard Business Review* de jan/fev de 96 e no seu livro *The Balanced Scorecard* (1996). Ele pode ser definido como um enfoque compreensivo para o estabelecimento de objetivos e mensuração de desempenho ou um

conjunto de medidas que dá à administração uma rápida, mas compreensiva visão dos negócios. O BSC inclui medidas financeiras que traduzem os resultados das ações já tomadas. E complementa com medidas operacionais que são os direcionadores do desempenho financeiro futuro. Essas medidas contemplam satisfação dos clientes, processos internos e a inovação da empresa. O BSC permite aos gerentes olharem o negócio de quatro importantes perspectivas:

Como nossos acionistas nos enxergam? Resultados financeiros das demais perspectivas. (perspectiva financeira)

Como os clientes nos enxergam? Identificar os fatores que são importantes aos clientes é a exigência desta perspectiva. (perspectiva do cliente)

No que devemos nos exceder? Processos de negócio que impactam na satisfação dos clientes, processos direcionadores de valor. (perspectiva interna)

Podemos continuar a melhorar e criar valor? Esta perspectiva identifica a infra-estrutura necessária para gerar crescimento e melhorias a longo prazo. (perspectiva de inovação e aprendizagem)

CONSTRUÇÃO DO BSC E OS VETORES CRÍTICOS

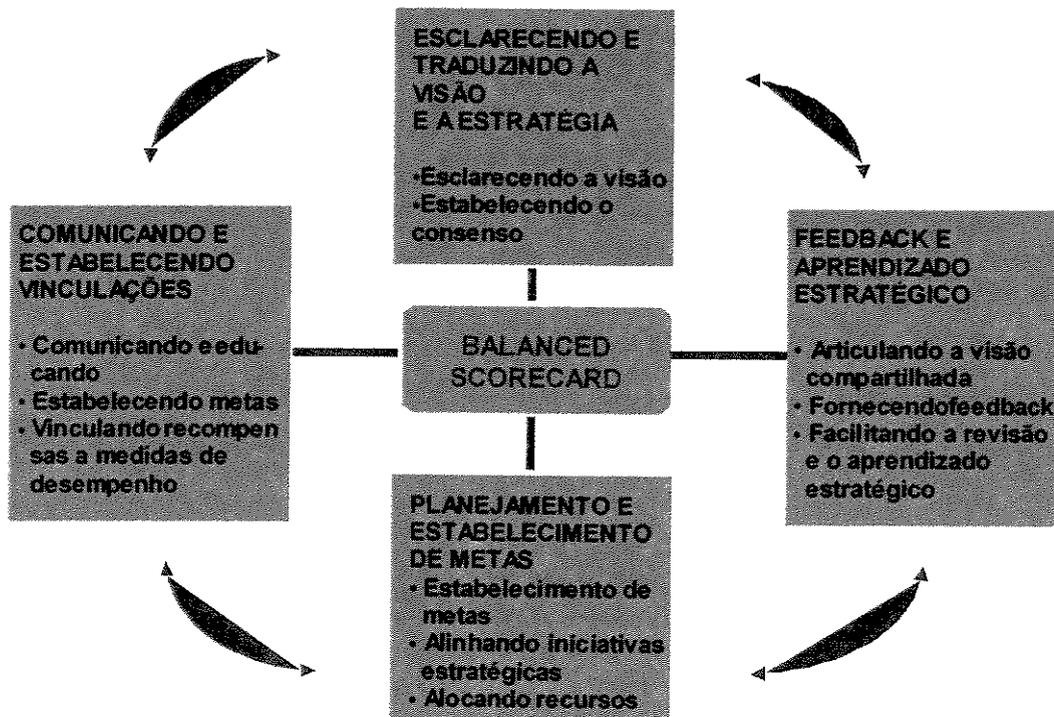


Figura 2.6 - Vetores críticos do Balanced Scorecard

O BSC permite ainda aos gerentes introduzir quatro novos vetores gerenciais que contribuem para ligar os objetivos estratégicos com as ações de curto prazo. Vide figura 2.6. O primeiro vetor - traduzindo a visão e estratégia - ajuda os gerentes a obter um consenso a respeito da visão e estratégia da empresa. O segundo - comunicando e estabelecendo vinculações - assegura que todos os níveis da empresa entendam e estejam alinhados com a estratégia. O terceiro - planejamento - permite a integração dos planos financeiro e de negócio. Finalmente o quarto vetor - feedback e aprendizado - monitora os resultados de curto prazo e avalia a estratégia à luz do recente desempenho.

Alem dos seis modelos de mensuração de desempenho acima demonstrados, foi realizada pesquisa bibliográfica a respeito do tema mensuração dos resultados financeiros e não financeiros da produção enxuta e foi constatado pouco material que aborde de forma clara esse tema. A premissa geral da literatura mencionada na introdução deste capítulo é de que a manufatura enxuta melhora a competitividade e desempenho da empresa através de tempos curtos de *setup*, fluxo estável de produção de pequenos lotes, qualidade do produto, *layout* racional e eficiente. No entanto, esta literatura peca em demonstrar como tudo isso se traduz em resultados financeiros e não financeiros. O intuito aqui é mostrar de forma sucinta as poucas referências onde o tema mensuração de desempenho é mencionado, sejam o desempenho financeiro ou operacional.

Slack (1993) sugere o uso do ROI retorno sobre investimento na manufatura em geral para medir o retorno sobre todos os ativos investidos na operação. Assim:

$$\text{ROI} = \text{Lucro}/\text{investimento} = \text{lucro}/\text{volume} \times \text{volume}/\text{investimento}, \text{ onde:}$$

Lucro = preço médio - custo médio, significando custos operacionais baixos

Volume/investimento = volume/capacidade X capacidade/investimento fixo X investimento fixo/investimento total

Volume/capacidade = utilização da capacidade, determinada pela habilidade da operação ajustar sua capacidade conforme a demanda. As operações flexíveis de volume serão aptas a manter a capacidade efetiva em um nível próximo da demanda à operação;

Capacidade/investimento fixo = produtividade do investimento fixo, determinado pela capacidade da operação de atingir os níveis requeridos de capacidade sem necessidade de grande investimento fixo;

Investimento fixo/investimento total = gestão do capital empregado, razão governada pelos requisitos de capital de giro do negócio, significando uma administração rigorosa de estoques.

Hill (1994) diz que dois denominadores são usados como base para controle e mensuração de desempenho. O primeiro é tempo na qual a manufatura trabalha. Capacidade, produtividade, eficiência e utilização são todos medidos por tempo. O segundo é dinheiro. A nível corporativo, medidas de desempenho, níveis de investimento e atividades similares usam esta base. Para ele é evidente a importância das medidas baseadas em dinheiro e baseadas em tempo andarem juntas, mas conclui criticando a quase nula contribuição das funções contábil e financeira em juntar os dois denominadores. Na avaliação de investimentos, ele acredita que há ênfase exagerada no uso da medida retorno sobre investimento (ROI). A decisão de realizar um determinado investimento deve se basear na contribuição para a estratégia corporativa e não por um conjunto de regras contábeis. Para ele, um objetivo essencial da função financeira é de prover a manufatura a habilidade de medir e avaliar seu desempenho em relação aos seus concorrentes e o valor competitivo das propostas de investimento. No entanto, ele não apresenta nenhum modelo de como isto deve ocorrer na prática; ele se propõe mais a fazer observações críticas a respeito do impacto das práticas contábeis e financeiras na manufatura.

Womack no artigo "LEI's indicator that can't lie: doing the math" que escreveu para o Lean Institute e está disponível no seu site (2002) indica o giro de estoques como o melhor indicador da transformação enxuta. Este indicador é calculado dividindo o custo das vendas anualizado (sem incluir despesas administrativas e comerciais) pelo montante de estoque (somatória de matéria prima, produtos em processo e produtos acabados). O valor desse estoque pode ser o do momento, a média do ano ou do final do ano. Ele cita o exemplo da fábrica da Delphi em Rochester que aumentou seu giro de 17 em 1996 para 35 no primeiro trimestre de 2002 como caso de progresso de manufatura enxuta.

Ele coloca um gráfico (*inventory turns chart*, no seu artigo) mostrando a evolução da manufatura norte americana e algumas indústrias selecionadas, porém chama a atenção para o

fato de que ele usou valor de vendas no numerador ao invés de custo das vendas. Isto faz aumentar artificialmente o número de giros.

Em outro artigo escrito por Terence Burton e disponível na internet (2002) intitulado “Capturing financial benefits from lean manufacturing”, ele fala das dificuldades em amarrar as atividades da manufatura enxuta com resultados financeiros definidos. É como o engenheiro que justifica um investimento de capital com redução do tempo de *throughput* ou economia de pessoal em uma área onde já existe excesso de capacidade. Isto vai de encontro à crítica do Hill onde a justificativa deve considerar a contribuição para a estratégia da empresa e não apenas por métrica contábil. No entanto, seu artigo peca por não oferecer pista ou forma de medir os resultados. Sua contribuição é chamar a atenção para a empresa ter plano de implantação dos projetos bem definidos com cronograma, responsabilidades e metas, e criar um painel de controle que mostre o andamento dos projetos e os resultados alcançados contra as metas esperadas.

San Filippo (2002) escreveu o artigo “Lean Time, Lean Measures”, cujo título parecia promissor. Ele nos coloca em uma encruzilhada, nos forçando a decidir qual é a nossa prioridade: caixa ou lucro. Se a empresa precisa de caixa, elimine inventário e venda os ativos imediatamente. Se necessitar de lucro, remova os estoques e ativos do fluxo de valor para reduzir custos. É evidente que essa escolha não é mutuamente exclusiva, como se fossem objetivos antagônicos. Afora essa referência, na maior parte do artigo ele faz uma resenha da saga de Womack e Jones na sua cruzada pela manufatura enxuta.

Hayes et al (1988) utilizam a fórmula DuPont (nada mais é do que medida financeira retorno sobre ativo total, ROA, quebrada em dois componentes: giro do ativo multiplicado pela rentabilidade do negócio) para derivar cinco medidas financeiras de desempenho da manufatura:

1. percentagem de margem de contribuição: receita deduzido dos custos variáveis dividido pela receita total;
2. lucro antes do imposto de renda: margem de contribuição deduzido dos custos fixos;
3. ponto de equilíbrio em vendas \$: custo fixo total dividido pela percentagem da margem de contribuição;
4. utilização da capacidade: receita total dividido pela capacidade
5. giro do ativo: receita total dividido pelo total do ativo

Podemos concluir afirmando que as contribuições são esporádicas, pontuais e presas ainda nas métricas contábeis existentes. São mais observações críticas do lento desenvolvimento ocorrido nos sistemas contábeis do que propostas concretas (vide na próxima seção as críticas em relação aos sistemas contábeis). No entanto, duas valiosas contribuições são mencionadas a seguir.

A primeira é uma abordagem de como calcular os impactos financeiros decorrentes do uso da manufatura enxuta. Ela foi apresentada por Maskell, na sua apresentação no Value Stream Management Conference, realizada nos Estados Unidos em março 2001 (cuja cópia dos slides este autor teve acesso) e no Lean Summit, realizada em Gramado em novembro 2002 (da qual o autor esteve presente) e consiste de quatro fases:

1. mapear o fluxo de valor atual e o mapa do estado futuro após modificações;
2. análise da capacidade atual dos recursos: pessoas, máquinas e equipamentos, espaço e inventário.

Ele distingue a capacidade em quatro categorias:

- a) capacidade produtiva que é a produzir para atender demanda;
- b) capacidade não produtiva que é separada em: estar pronta para operar (tempo de troca, espera de material, manutenção preventiva); à espera ou *standby* (produzir estoque para atender variabilidade no fornecimento, suavizar futura sazonalidade); manutenção não planejada (quebra equipamentos ou espera de recursos não disponíveis); retrabalho e refugo e finalmente capacidade gasta na movimentação de uma estação para outra;
- c) administração e melhoria: recursos despendidos na gestão, treinamento e desenvolvimento de processo;
- d) ociosa: capacidade residual disponível após subtraída as anteriores

O desafio nesta fase é tornar a capacidade disponível para produzir mais com mesmos recursos e liberar recursos da categoria não produtiva para a categoria ociosa. Tudo isso deve estar refletido no mapa de estado futuro;

3. análise dos custos de hora/homem, hora/máquina, do metro² de espaço e da manutenção do inventário do estado atual e estado futuro;

4. calcular o impacto financeiro no que tange a: espaço economizado; redução do capital de giro em decorrência do menor nível de inventário; e economia potencial feita nos recursos pessoas e máquinas.

A segunda contribuição demonstra que existe uma relação direta entre rentabilidade e o uso das práticas de manufatura enxuta. Fullerton et al (2003) realizou um estudo entre 253 empresas manufatureiras norte americanas para avaliar se o grau em que uma empresa implementa uma combinação de práticas de manufatura enxuta afeta sistematicamente o seu desempenho financeiro. Duas hipóteses foram pesquisadas: (1a) empresas que tem implementado um maior grau das práticas do *lean* irão obter maior rentabilidade; (2a) empresas *lean* que tem implementado um maior grau das práticas do *lean* irão obter maior rentabilidade ao longo do tempo do que empresas *lean* que implementaram menor grau das práticas *lean*. Estes autores usaram dados financeiros disponíveis no mercado dessas empresas e consideraram o indicador ROA (retorno sobre ativo) como a medida de rentabilidade neste estudo.

Os resultados da primeira hipótese fornecem relação positiva entre a rentabilidade e o grau em que as práticas do *lean* são implementadas. Conforme eles enfatizam, estes resultados complementam as visões de Womack e Jones (1996) de que empresas que empregam técnicas de manufatura enxuta são consistentemente mais rentáveis do que seus concorrentes. Os resultados da segunda hipótese indicam retornos marginais crescentes para investimentos *lean* de longo prazo, especialmente para práticas como *kanban* e compras *lean*.

2.3 Críticas em relação aos sistemas tradicionais de contabilidade

Para piorar ainda mais o problema acima discutido, de que não se tem evidência abundante dos benefícios do *lean* na rentabilidade da empresa, os sistemas existentes de contabilidade não ajudam a tornar isso possível. As críticas em relação às informações contábeis residem no fato de que não são relevantes e longe da realidade; referem-se ao negócio como um todo ao invés de fornecer dados para o controle gerencial da manufatura e simplificam com base em normas ou padrões (Hill, 1994). Para Hayes et al (1988) os sistemas contábeis para medir desempenho da manufatura estão preocupados com variações contra padrões internos e orçamentos, obscurecem a importância de melhoria contínua e tornam-se um impedimento para vantagem competitiva. Nunca o nível e a pressão de rápida resposta foram tão grandes como no momento. No entanto,

os sistemas contábeis ficaram parados no tempo, e são no máximo reativos. Taninecz (2002) argumenta que os relatórios gerenciais necessitam sair da contabilidade de custo tradicional, que tem como foco medir rentabilidade dos produtos, atender os princípios contábeis e o fisco.

As empresas mensuram seu desempenho focando em medidas financeiras, medidas essas que, além de serem inadequadas, encorajam decisões disfuncionais. Assim, por exemplo:

Variações de custo padrão – institucionalizam os níveis de perda além de não haver incentivo para melhoria contínua;

Controle orçamentário – tem um forte viés por utilizar base histórica, não reflete o nível de atividade da empresa e não mede a eficiência do custo;

Relatórios gerenciais – foco excessivo nos itens de receita e despesa de curto prazo além de não refletir a perspectiva do cliente no negócio a longo prazo.

Em suma, as medidas financeiras fornecem análises históricas, centradas para os aspectos internos do negócio além de ser direcionadas por ciclos mensais de reporte.

Uma pesquisa realizada no Reino Unido em 1991 e citada por Hill no seu livro (1994) mostra que nos cinco anos anteriores 68% dos entrevistados efetuaram revisões significativas nos sistemas de custos. Contudo, a pesquisa também mostra que muitas dessas revisões foram “tradicionalistas” ao invés de “novas” técnicas e práticas contábeis (U.K. Survey, pp. 16). Kaplan (1984) constata que muitas empresas ainda usam os mesmos sistemas contábeis de custo e controle gerencial que foram desenvolvidos décadas atrás para um ambiente competitivo radicalmente diferente de hoje. As empresas talvez não perceberam que os custos indiretos, os chamados *overheads*, representam hoje entre 25 a 50% dos custos totais e estão crescendo tanto no valor absoluto quanto no tamanho relativo. Isto foi confirmado na pesquisa acima mencionada. Os contadores continuam usando predominantemente uma única taxa de absorção do *overhead* para as diversas partes do negócio envolvido sem refletir a natureza do negócio e a relevância da informação gerada.

Isto também foi observado por Corbett (1997) em que menciona que muitas empresas continuam usando a mão de obra direta como base para ratear os custos indiretos de fabricação, embora seja a menor parte do total dos custos. Assim, a contabilidade de custos tradicional só atende ao objetivo das demonstrações externas esquecendo o verdadeiro objetivo da contabilidade gerencial.

Quando os *overheads* representavam uma parcela pequena dos custos totais e a maior parte era constituída de custos diretos que podiam ser rastreados aos produtos, qualquer forma de absorção dos *overheads* não era capaz de distorcer significativamente os custos. Em muitos casos, os custos de *overhead* podem representar 1000% ou mais dos custos de mão de obra direta, por exemplo. Custos de produtos baseados nesta taxa de 1000% de rateio não podem refletir adequadamente as demandas de recursos de *overhead* que os produtos exigem dos negócios. Não se consegue estabelecer uma relação precisa entre o custo dos diversos recursos e os produtos fabricados e os clientes atendidos.

A contabilidade de custo é especialmente problemática para a manufatura enxuta durante o período em que o nível de inventario se reduz. No sistema tradicional, inventario representa, além da material aplicado, mão de obra e *overhead* para produzir o produto que a empresa está capitalizando no seu Balanço e diferindo o reconhecimento para o demonstrativo de resultados em um momento futuro quando a empresa vender o inventario. Taninecz (2002) demonstra em um exemplo que a contabilidade de custo mostrará um resultado desfavorável na manufatura enxuta à medida que os valores de mão de obra e *overhead* são diferidos e descarregados no resultado. O que não está aparente é o benefício para o fluxo de caixa, neste período, na manufatura enxuta. O exemplo segue abaixo:

	custo Tradicional	transição “lean”
Custo de inventario inicial	\$10.000	\$10.000
+ inventario adquirido	\$5.000	\$2.500
- custo de inventario final	\$10.000	\$7.500
= custo de material	\$5.000	\$5.000
+ custo de mão de obra	\$1.500	\$1.500
+ custo de <i>overhead</i>	\$2.000	\$2.000
= custo padrão / custo “lean”	\$8.500	\$8.500
+ custos deferidos da redução de inventario	\$0	\$1.025 (*)
= custo de produto vendido	\$8.500	\$9.525

(*) percentagem do custo total (material, mão de obra e *overhead*) multiplicado pela redução de inventario.

O demonstrativo de resultado ficaria assim:

Vendas	\$9.000	\$9.000
- custo de produto vendido	\$8.500	\$9.525
= lucro bruto	\$500	(\$525)

O fluxo de caixa ficaria assim:

Inventario adquirido	\$5.000	\$2.500
+ custo de mão de obra	\$1.500	\$1.500
+ custo de <i>overhead</i>	\$2.000	\$2.000
= caixa utilizado	\$8.500	\$6.000

Parte da distorção acima apresentada no resultado se deve a maneira como as empresas levam os custos aos produtos. Isto é denominado de sistema de custo por absorção ou também chamado de sistema de alocação de custo de dois estágios. No primeiro estágio, os custos do *overhead* são designados para os centros produtivos e no segundo estágio, os custos são alocados dos centros produtivos para os produtos. As empresas utilizam diferentes bases de alocação dos *overhead* aos centros produtivos. Por exemplo, custo de manutenção de máquinas pode ser alocado com base no valor das máquinas nos centros produtivos; programação da produção pode ser com base nas horas máquina realizadas em cada centro produtivo. No segundo estágio, todas as empresas visitadas por Cooper e Kaplan (1985) usam a taxa de absorção com base nas horas de mão de obra direta para alocar os custos acumulados nos centros produtivos aos produtos. Vide figura 2.7 sobre este sistema (adaptada de Atkinson et al: 2001).

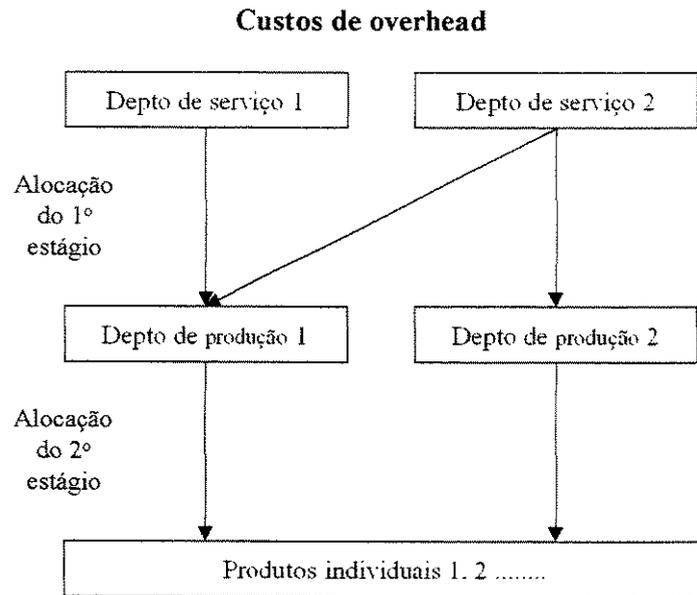


Figura 2.7 - sistema de alocação de custo de dois estágios

Este sistema foi desenhado para valorizar os estoques e o custo das vendas e assim atender as necessidades dos relatórios financeiros. Hayes et al (1988) argumentam que algumas empresas estão experimentando outras bases de alocação dos custos de *overhead* no primeiro estágio, como hora máquina, número de partes produzido e número de pedido de clientes (vide abaixo exemplo da Komatsu). Outras estão tentando desenvolver novos tipos de medidas não financeiras - como percepção do cliente da qualidade ou satisfação do serviço, tempo de lançamento de novos produtos ou tempo de processo - e novas formas de combiná-las (Kaplan, 1983). No entanto, muitas dessas medidas pecam na sua utilidade e contribuição ao negócio. Elas não focam nos objetivos chave do negócio para atingir resultados, não conseguem responder rapidamente as mudanças do mercado e não atendem as necessidades dos gerentes na tomada de decisão.

Vamos tomar como ilustração o sistema de custo adotado na Komatsu (Cooper, 1994), uma das maiores empresas japonesas de equipamentos pesados atuando em três linhas de negócio: equipamentos de construção, máquinas industriais e produtos eletrônicos. Os custos do *overhead* da planta foram divididos em três categorias:

- *overhead* dos custos diretos de manufatura - compreende custos identificados diretamente nos quatro departamentos de produção. Estes custos incluem supervisão, material e depreciação das máquinas etc;
- *overhead* dos custos indiretos de manufatura - compreende custos consumidos nos departamentos de suporte cujos serviços são consumidos diretamente pelos departamentos de produção. Os departamentos de suporte são: engenharia de manufatura; suporte a máquinas, eletricidade e ferramentas; inspeção de fabricação; administração e pessoal;
- *overhead* da produção - incluem custos dos departamentos de suporte cujos serviços não são consumidos pelos departamentos de produção. Esses departamentos de suporte à produção são: engenharia; inspeção das compras; compras; almoxarifado; controle de produção; processamento de dados e contabilidade.

Conforme pode ser observado na figura 2.8, os custos indiretos de manufatura são alocados aos departamentos produtivos (1º estágio) com base em diversos fatores, como número de pessoas, horas homem, consumo de eletricidade etc. Estes custos são somados aos custos de cada departamento produtivo e alocados aos produtos (2º estágio) usando três diferentes taxas de absorção: peso, horas máquina ou horas homem. O *overhead* da produção é alocado aos produtos com base na somatória dos custos diretos e indiretos de manufatura.

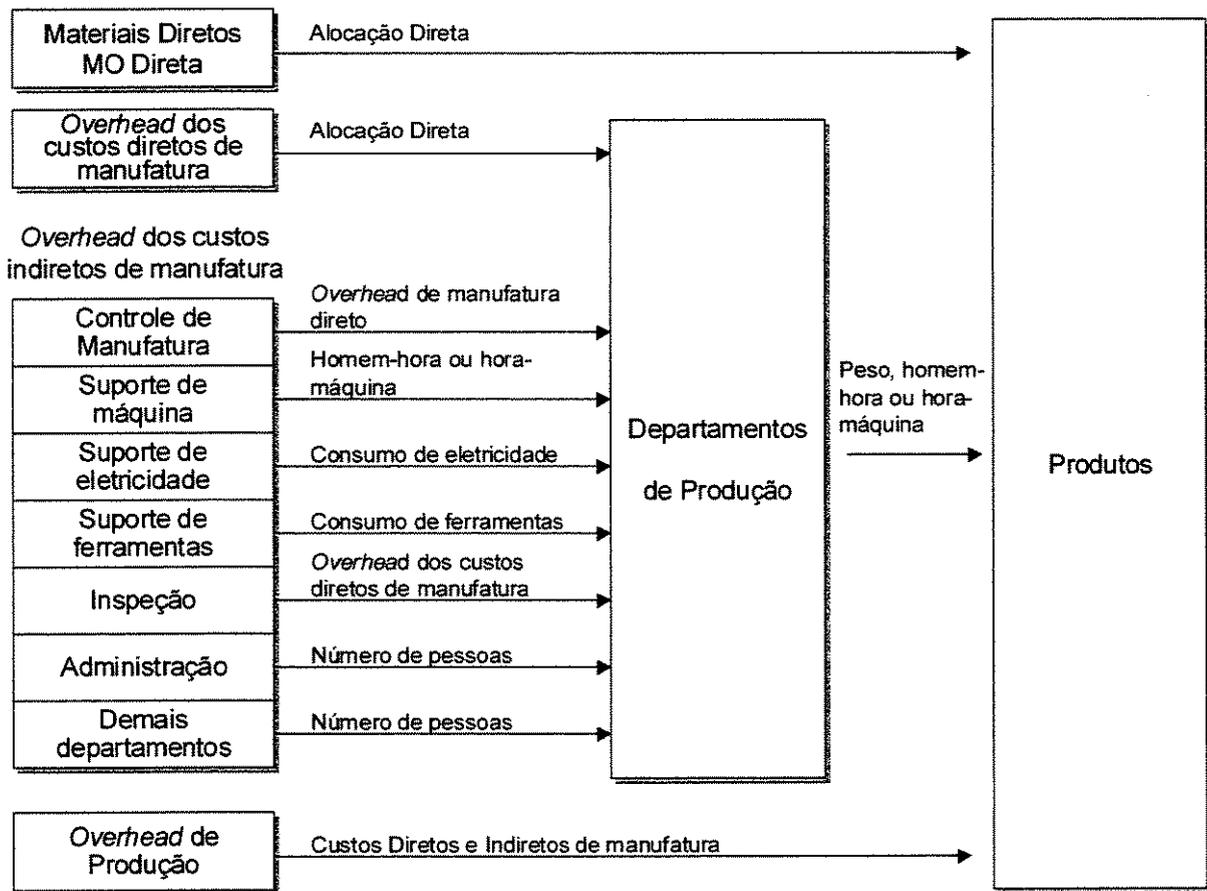


Figura 2.8 - sistema de custo da Komatsu

Pode se questionar que utilidade tem, para efeitos de decisão, os custos dos produtos resultante deste sistema de custos. O maior problema reside na exatidão de como os custos indiretos são atribuídos aos produtos. É evidente que os produtos consomem de forma diferente os *overhead* da fábrica, porém essas diferenças não são capturadas pelo sistema tradicional (vide adiante como o sistema ABC resolve esta distorção).

Nas empresas que estão adotando a produção JIT *Just In Time*, Foster e Horngren (1988) argumentam que elas têm informações de custo de produtos menos distorcidos porque se consegue rastrear diretamente mais custos. Exemplo disso são as atividades como manutenção e troca de máquinas (set up) realizadas por trabalhadores mão de obra direta no JIT e antes executadas pelo pessoal indireto.

Na absorção dos custos indiretos da fábrica aos produtos, Schonberger (1988) propõe a utilização do tempo de passagem (ou tempo de *throughput*). Assim, se uma fábrica faz três

produtos, cujos tempos de passagem para fabricar uma unidade de A é de um dia, de B é de quatro dias e de C é de dez dias, a soma dos tempos é de 15. Ao produto A deve ser alocado $1/15$ dos custos indiretos, ao B $4/15$ e ao C $10/15$. A proposta é ponderar os custos indiretos por tempo de passagem. Esta proposta induziria os supervisores dos três produtos a fazerem de tudo para reduzir os tempos e assim reduzir a fatia dos custos absorvidos de cada produto. Esta abordagem tem o mérito de reconhecer a complexidade de cada produto e assim atrair os custos indiretos de acordo com essa complexidade, se entendermos que a complexidade é função do tempo de passagem de cada produto. No entanto, ter um processo mais longo de produção não quer dizer necessariamente que é mais complexo que outro mais curto.

A constatação de que a contabilidade de custos tradicional não evoluiu para refletir o atual ambiente competitivo inibe a adoção da manufatura enxuta. Os administradores esperam ver melhorias financeiras tangíveis com a manufatura enxuta, porém frequentemente não existe melhoria a curto prazo e os relatórios contábeis não refletem tampouco. É um erro gerenciar uma empresa enxuta usando contabilidade de custo tradicional e dados financeiros por si só (Weber, 2002). A contabilidade de custo tradicional tem sua raiz fincada nas premissas da produção em massa, é baseada em métodos que tem tempo e/ou volume como funções e trabalha contra a produção enxuta não mostrando os seus reais resultados.

Maskell (2001) compara na tabela abaixo algumas premissas utilizadas na contabilidade tradicional e na produção enxuta: (adaptada da sua apresentação nos Estados Unidos):

Tabela 2.1 – premissas da contabilidade tradicional versus produção enxuta

Contabilidade tradicional	Produção Enxuta
lucro vem do uso pleno dos recursos	lucro vem da maximização do fluxo a partir da demanda do cliente
mão de obra direta é o custo de conversão mais importante	desperdício é recurso que não contribui para o fluxo
todo excesso de capacidade é ruim	excesso capacidade permite flexibilidade
fazer mais produtos	eliminar barreiras ao fluxo
utilizar recursos ao máximo	focar nos fluxos de valor ao invés de departamentos ou funções
aloca custos indiretos	elimina desperdício, estoque e produção desnecessária, reduzindo seu custo

Maskell aponta vários problemas causados pela contabilidade de custo tradicional, que acabam não gerando uma mentalidade enxuta:

- a eficiência da mão de obra está ligada a grandes lotes e produção em massa;
- os relatórios de variação não apontam as reais causas do estouro;
- os custos são *distorcidos* e não focados no valor ao cliente;
- sobrecarga de trabalho no final de mês;
- esconde desperdício e não identifica obstáculos ao fluxo;
- relatórios são desenhados para monitorar e apontar erros do que criar melhorias;
- foco por departamentos;
- o tempo de decisão da gerencia senior é lento e feedback demorado

Os gerentes necessitam de informações mais sensíveis tanto para decisões de produtos - relativo a preços e sua rentabilidade, quanto para oportunidades de redução de custo – entender

como os custos são originados em uma relação de causa e efeito. É em cima dessas necessidades que o sistema ABC Custeio Baseado em Atividades (sigla em inglês para *Activity Based Costing*) contribui significativamente para aprimorar os custos.

ABC identifica custos com base em atividade ao invés de usar a base função. Enquanto o último leva à necessidade de ratear os custos desses grupos funcionais aos produtos usando algum critério de alocação ou absorção, no primeiro as atividades são o foco central. Elas consomem recursos, originam os custos a acontecerem enquanto os objetos de custo demandam atividades (Ching, 2000). Vide figura 2.9 demonstrativa das diferenças entre os dois sistemas.

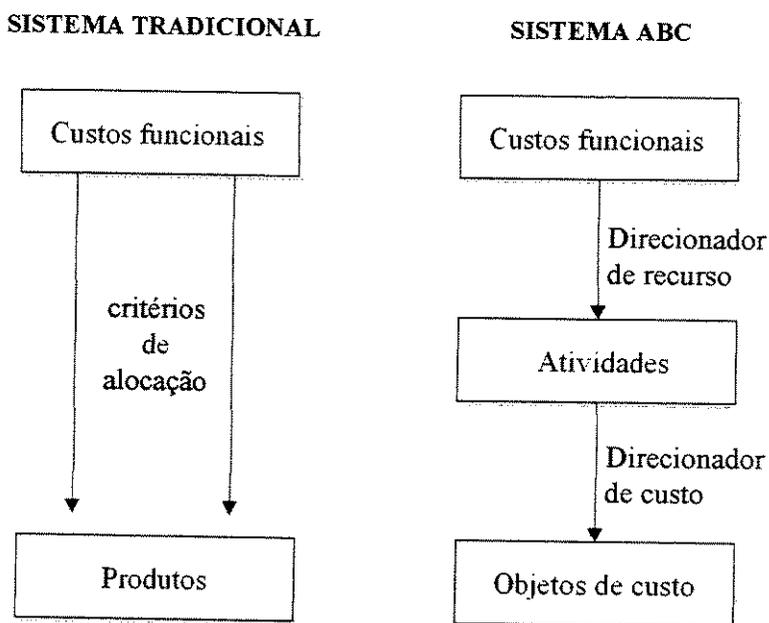


Figura 2.9 - sistema tradicional versus ABC

Uma outra metodologia para se atribuir custos dos recursos para as atividades é a OMM *Output Measure Methodology*. A relação entre o consumo de recursos e a realização de atividades é feita através de índices de consumo, que representam qual a quantidade que uma atividade utiliza de um determinado recurso para realizar uma unidade da atividade. Na alocação das atividades para os objetos de custo, a aplicação dos índices de consumo parte do princípio que cada objeto de custo utiliza as atividades num nível proporcional à quantidade de objetos de custo gerada. Assim, se o número de inspeções por lote é constante (exemplo: 5 para cada lote de 100 peças), torna se possível calcular um índice de consumo para relacionar a unidade de produto

pronto com o nível de utilização da atividade, neste exemplo expresso por 0,05 inspeções por peça (Lima, 1997).

Ambas metodologias são muito parecidas e tem o mérito de eliminar distorções na alocação dos custos aos produtos. Nestas metodologias não se fala em alocações ou absorções (critérios subjetivos e aleatórios), mas sim em rastreamento (critério objetivo) baseado sempre em relação de causa - efeito. No ABC é utilizado o direcionador de custo para este efeito; no OMM o índice de consumo.

O sistema ABC evoluiu para o sistema ABM Gestão baseada em atividades em que se permite fazer as seguintes análises:

- da atividade: como são consumidos os recursos nas atividades;
- do processo: qual o custo dos processos;
- do produto: como são demandadas as atividades pelos produtos;
- do valor: as atividades agregam ou não valor;
- dos geradores de custo: podem ser eliminados ou reduzidos;
- e finalmente a construção do orçamento por atividade

Isto ajuda a resgatar a função contabilidade (no seu papel mais gerencial do que fiscal) como um instrumento dos gestores para tomada de decisão.

2.4 Análise crítica dos modelos de mensuração de desempenho identificados

Modelo ValueReporting (da PricewaterhouseCoopers)

Este modelo tem o mérito de fechar a distancia existente entre o modelo de relatório financeiro atual (fortemente concentrado em medidas financeiras e históricas) e as demandas de investidores para mais informações sobre as perspectivas futuras e a saúde da empresa. Este novo padrão fornece maior transparência a respeito do mercado em que a empresa atua, seus objetivos, como ela irá criar valor, bem como seu desempenho financeiro.

Visto por cima, isto é muito mais uma proposta de governança corporativa, para melhorar a relação entre a administração da empresa com seus acionistas, investidores e interessados em geral. É no fundo um modelo aprimorado de um relatório corporativo, onde informações baseadas em valor são adicionadas, do que propriamente um modelo de mensuração de

desempenho. Não se consegue observar o alinhamento das medidas com os objetivos e estratégias da empresa.

Modelo da KPMG

O modelo desta consultoria consegue colocar em uma mesma moldura de mensuração áreas de desempenho consideradas tradicionais, como a financeira, operacional, cliente e colaboradores, e áreas chamadas emergentes, áreas essas críticas para o sucesso de uma empresa.

Duas preocupações surgem na análise deste modelo. A primeira é como transformar as necessidades de mensuração das áreas de desempenho emergentes em medidas palpáveis e factíveis para monitorar os resultados. Mesmo que consigamos ultrapassar este obstáculo, a preocupação seguinte é entender como as medidas tradicionais se integram em uma relação de causa-efeito com as medidas emergentes, de maneira que o “negocio hoje” (medidas tradicionais) sirva de base para a “construção do amanhã” (medidas emergentes).

Modelo focando os recursos intangíveis

Reconhecer que os recursos intangíveis de uma empresa contribuem para a criação do seu valor é uma afirmação que todos concordam. O mérito do Sr Edvinsson e do Prof Lev está em *construir um enfoque que enderece este tema*. Este tema está longe de ter uma solução. Prof Lev tem uma preocupação mais contábil de como medir os ativos intangíveis da empresa, registrar esses valores e mostrar nos Balanços de modo a diminuir a diferença entre o valor da empresa no mercado e o seu valor registrado contabilmente.

O modelo de *Intellectual Capital* tem um viés muito forte no capital intelectual da empresa como contribuição ao valor da empresa, como se isso fosse a única contribuição significativa. O modelo trabalha com um conjunto de medidas genéricas que não estão consistentes com a estratégia da empresa, chamado de IC index. Este índice mede o capital intelectual e seus componentes e através dele é possível comparar mudanças no IC com mudanças no valor de mercado da empresa. Este modelo relega a um segundo plano outras medidas não financeiras não ligadas aos aspectos do capital intelectual da empresa; além disso, o cálculo do IC index tem uma sofisticada metodologia. O desenvolvimento de medidas de IC deve considerar a relevância e ela só será atingida ligando as medidas com a estratégia da empresa e não com medidas genéricas

(Shulver et al, 2000). (nota: o IC index e sua marca pertencem a uma terceira empresa chamada Intellectual Capital Services, www.inicap.com).

Modelo de VBM/EVA

De acordo com Mankins e Armour (2001), o mérito do VBM é ligar a estratégia a finanças, possibilitando os gestores a entender os direcionadores de valor nos seus negócios e identificar novas e diferentes estratégias para criar ainda mais valor. Ela fornece uma linguagem comum para se discutir a criação de valor dentro da empresa. Do ponto de vista estritamente financeiro, não se pode discutir que o objetivo da empresa é maximizar o valor do acionista. Porém a grande crítica que pode ser feita é que existem outros objetivos estratégicos que devem ser considerados na empresa e que atendem os interesses e necessidades de outros interessados e tem a mesma relevância do objetivo financeiro (representando o grupo dos acionistas).

O cálculo do valor do acionista/da empresa é extremamente complexo, a começar pela determinação de todos os elementos que criam um valor econômico sob a métrica do fluxo de caixa descontado, sejam estes elementos tangíveis ou intangíveis. A dificuldade continua em calcular os componentes do custo de capital, em especial o custo do capital próprio.

Os direcionadores de valor podem ser vistos como requisitos funcionais, na linguagem do projeto axiomático (*o que* deve ser feito). Porém não há preocupação neste modelo com *o como* deve ser feito para atender os direcionadores (seriam os parâmetros de projeto do projeto axiomático). Portanto não há uma relação evidente de causa-efeito.

Modelos do *Performance Prism (PF)* e *Balanced Scorecard (BSC)*

Estes dois últimos modelos são parecidos na forma e no conceito. No conceito eles têm igual propósito de medir e gerenciar a execução da estratégia da empresa, consideram perspectivas financeiras e não financeiras e ambas resultaram da insatisfação com as medidas de desempenho tradicionais. Quanto à forma, apesar dos autores do *Performance Prism* advogarem uma tri-dimensionalidade do seu modelo, eles são similares. A perspectiva de aptidões está presente no BSC como sendo a perspectiva de inovação e crescimento; a de processos é a mesma nos dois modelos; as estratégias são o ponto inicial que dispara o BSC, embora apareça como uma perspectiva separada no PF.

O modelo do PF leva em consideração outros interessados, fato que BSC não faz, pois considera somente acionistas e clientes. Outra diferença surge quando o PF considera as contribuições dos interessados (quinta perspectiva) em oposição à perspectiva de satisfação dos interessados. A empresa normalmente coloca medidas para monitorar a satisfação dos acionistas (crescimento do preço da ação, retorno sobre investimento, etc), dos clientes (pontualidade na entrega, qualidade, etc), mas negligencia se em acompanhar o que ela deseja dos interessados. Por exemplo, capital, compromisso de longo prazo, etc dos acionistas; negócios repetitivos, lealdade, etc dos clientes.

Enquanto no BSC se observa o balanceamento e integração das medidas de desempenho nas diversas perspectivas em uma relação de causa e efeito, o mesmo não pode ser dito do modelo de PF. Os casos de aplicação deste modelo na DHL e London Youth narrados por Neely et al no artigo *The performance prism in practice* (2003) demonstram isso. Quanto ao BSC, este tem um enfoque focado mais no nível sênior da empresa com pouco envolvimento e aderência do pessoal mais operacional. Isto pode ser constatado em uma implementação realizada no Chemical Bank, nos Estados Unidos, (Klein e Kaplan, 1999) onde os níveis inferiores da empresa não sabiam como o BSC se aplicava a eles. A dificuldade está em traduzir e alinhar os objetivos estratégicos às medidas de desempenho operacionais.

Uma outra crítica é feita por Marshall Meyer (2003) em que o BSC não faz diferença entre o desempenho que queremos medir (fluxo de caixa e viabilidade de longo prazo) e o desempenho que podemos medir (satisfação do cliente, fluxo de caixa presente). Ele propõe uma técnica de mensuração chamada de análise de rentabilidade baseada em atividade como uma solução parcial (ABPA *activity-based profitability analysis*) que tem como base a metodologia de custeio baseado em atividades.

2.5 Sumario

Todos os seis modelos de mensuração identificados agregam valor na medida que abordam aspectos diversos de desempenho e fornecem perspectivas singulares de desempenho de uma empresa. Seja através de maior transparência das informações corporativas ao público externo, seja adentrando em áreas emergentes (construção do amanhã), seja focando no capital intelectual

da empresa ou dando um foco mais financeiro ou então desdobrando a visão e os objetivos da empresa em várias perspectivas. Não existe uma única ou a melhor maneira de enxergar o desempenho da empresa. A razão disso é que o desempenho de um negócio é, por si só, um conceito multi-facetado (Neely et al, 2002). Há muito que se tirar desses modelos ao se construir uma proposta de mensuração de desempenho que pretenda alinhar o sistema de manufatura enxuta aos objetivos estratégicos da empresa. O capítulo 5 é todo dedicado ao desenvolvimento deste modelo proposto.

No tocante aos sistemas tradicionais de contabilidade, é evidente que são irrelevantes para auxiliar na tomada de decisão, estão longe da realidade e tem sua raiz fincada nas premissas da produção em massa. No entanto, a evolução para gestão baseada em atividades tem conseguido refletir o atual ambiente competitivo. Isto pode ajudar as empresas a adotarem a manufatura enxuta, pois terão mais chances de mostrar os resultados da manufatura enxuta na suas contabilidades. Esses resultados e vantagens, comparativamente com o sistema tradicional de produção em massa, serão demonstrados no capítulo seguinte.

(nota do autor: um movimento no âmbito do Lean Institute Brasil está se iniciando, ainda lento, em desenvolver uma “contabilidade lean”, uma proposta nova de contabilidade ainda que gerencial para refletir os benefícios da manufatura enxuta).

Capítulo 3

Produção em massa versus produção enxuta

3.1 Introdução

O papel que a função manufatura ocupa em uma empresa é de vital importância. Sem cair no exagero, ela pode decidir o seu sucesso na medida que possibilita criar vantagens competitivas em relação aos seus concorrentes. Vantagens como flexibilidade para alterar os pedidos dos clientes em um curto espaço de tempo, velocidade para fazer entregas de volumes menores e mais frequentes, qualidade inquestionável, confiabilidade para entregar sempre no prazo concordado e uma manufatura de baixo custo para o cliente. As empresas que conseguirem mudar todas essas “marchas” rapidamente, sem conflitos entre elas e com mínimos recursos terão um tratamento diferencial por parte dos clientes.

O propósito deste capítulo é justificar a escolha da manufatura enxuta ao invés da manufatura tradicional como o sistema de manufatura para construir uma proposta de um modelo de mensuração de desempenho. O sistema de manufatura enxuta é um avanço em relação ao sistema de produção em massa, apresenta inúmeras vantagens e é capaz de responder satisfatoriamente às tendências recentes de negócio que têm impactado as empresas. Essas vantagens e tendências serão apresentadas neste capítulo.

3.2 Características do sistema de manufatura tradicional

O objetivo para a maioria das empresas hoje é ter suas operações rodando sem ou com mínimo de problemas, com rapidez e com a maior qualidade e variedade possível. A questão chave para uma empresa atingir este objetivo é fazer com os menores recursos e custos.

No sistema de manufatura tradicional, a estratégia competitiva é baseada em baixo salário, escala ou foco de acordo com Stalk (1988). Na estratégia baseada em baixo salário, as empresas são basicamente indústrias de mão de obra intensiva, onde os baixos salários mais que compensam a baixa produtividade. Vemos este movimento acontecendo no Brasil onde várias indústrias de sapato, têxtil e confecção se transferiram ou estabeleceram base fabril em regiões do Nordeste (além de incentivos fiscais locais). Esta estratégia pode ser ainda mais favorecida se essas indústrias estiverem localizadas em países cuja moeda esteja normalmente desvalorizada em relação a moedas estáveis como o dólar norte americano ou o euro. Porém por quanto tempo uma empresa poderá manter esta estratégia em uma era de competitividade global? À medida que uma região ou país se torne mais cara, a empresa poderia deslocar sua produção para outro país ou região mais barato. Outro país ou região decidido a desenvolver um determinado setor subsidiaria sua industria nascente a custos mais baixos do que de outras regiões. Fica claro que a manutenção de uma posição de salário/custo mais baixo a longo prazo não é fácil e torna esta estratégia pouco confiável.

Na estratégia baseada em escala, as empresas investem pesadamente em máquinas e instalações e/ou consolidam plantas para aumentar a produtividade, ganhar economia de escala e assim diminuir os custos dos produtos. Ao mesmo tempo, seus concorrentes, com menor volume de vendas, operam a partir de uma posição de custo mais elevado. As empresas que praticam esta estratégia são fundamentalmente indústrias de capital intensivo que se utilizam das técnicas de produção em massa. Os japoneses construíam navios em módulos usando equipamentos automáticos e robots. Essas empresas levantam barreiras de investimento maciço para impedir concorrentes de entrarem no negócio. Esta estratégia poderia funcionar enquanto a tecnologia utilizada for a mais atual, mas seria vulnerável perante uma outra empresa que lançar uma nova tecnologia de custo mais baixo.

DiSério (1990) argumenta que a produção em massa, característica da manufatura tradicional para atender aos preceitos da economia de escala, sustentava-se pelos altos custos

referentes aos *setups* de máquina e equipamentos, assim como pela possibilidade de uma maior taxa de utilização das máquinas. Esta orientação acarreta ciclos e fluxos de materiais muito longos provocando alto nível de estoque em processo e um longo período de fabricação. Além disso, os layouts das fábricas por processo ou função necessitam ainda de um complexo sistema de programação e controle da produção.

Na estratégia baseada em foco, a empresa foca operações em segmentos que são economicamente viáveis pelo seu alto volume. Stalk cita o exemplo dos japoneses que fizeram isso na década de 60. Eles usaram os baixos custos das suas fábricas altamente produtivas e focadas para oferecerem produtos mais baratos. Focando a produção permitiu aos japoneses permanecerem menores que os produtores estabelecidos de linhas amplas de produtos, enquanto conseguiam maior produtividade e menores custos, dando-lhes maior poder competitivo.

O problema dessas estratégias é que, embora reduzam custos, elas comprometem a capacidade de resposta aos clientes. Resposta quanto à rapidez de entrega, de alterações de volume, expansão de variedade e de inovação.

Os custos de manufatura são muito sensíveis à variedade de produtos que uma fábrica produz. Reduzindo a variedade da linha de produtos aumenta produtividade e corta custos. Stalk (1988) sustenta que cortando linha de produtos pela metade melhora a produtividade em 75%, diminui os custos 30% e reduz o ponto de equilíbrio para abaixo de 50%. Ao longo da décadas de 70 e 80, as empresas em geral foram penetrando novos mercados. No entanto, suas linhas restritas de produtos limitavam a habilidade em crescer. Com crescimento limitado, a estratégia anterior de foco e volume forçava as empresas a uma difícil escolha:

Manter a variedade restrita / Reduzir variedade ainda mais; ou

Aceitar os altos custos de expandir as linhas de produtos

Stalk continua argumentando que os custos se encaixam em duas categorias, geralmente: aqueles direcionados por volume ou escala e aqueles direcionados por variedade ou complexidade. Os custos relacionados a volume reduzem a medida que o volume aumenta; os relacionados a variedade refletem os custos de complexidade na manufatura: *setup*, movimentação de material, armazenamento, custos de inventário e muitos outros custos indiretos. Quando o mercado é amplo e com potencial de crescimento, as empresas privilegiam o aumento da variedade em busca de maiores volumes, mesmo que isto signifique custos maiores. Quando o

mercado se encolhe ou é pequeno, as empresas privilegiam volume e reduzem variedade para diminuir os custos.

No sistema de manufatura tradicional ocorre uma situação típica em que todos os itens devem estar disponíveis para atender a demanda prevista do cliente. Esta situação requer longo *lead time* para resolução de conflitos entre vários trabalhos ou atividades que demandam os mesmos recursos. O longo *lead time* requer a necessidade de previsão de vendas para orientar o planejamento da produção. Como toda previsão, a de vendas está baseada em palpites e sujeita a erros e quanto maior o *lead time*, mais inexata fica a previsão de vendas. Erros na previsão significam mais trabalhos não programados que tem de ser expedidos, adicionalmente aos trabalhos já programados, além de aumentar os estoques em todos os níveis. Para resolver esses problemas, os gerentes freqüentemente solicitam previsões mais acuradas e maiores *lead times*. Isto só agrava os problemas ainda mais, coloca os custos mais para cima, aumenta as demoras e cria ineficiências no sistema.

O que foi descrito acima é o sistema de gestão de materiais denominado de “*push*”, onde o fluxo de material é empurrado ao longo do fluxo pela manufatura para o depósito de produtos acabados, esperando então pelos pedidos dos clientes. O fluxo de informação segue direção inversa e em forma de lote, começando do cliente, através dos depósitos e plantas da empresa, até os fornecedores. Assim, à medida que a demanda real ocorre, essa informação não é enviada imediatamente às plantas e fornecedores. Só chega a eles periodicamente, com demoras, quando os estoques são reabastecidos.

A única maneira de quebrar este círculo vicioso é diminuir o consumo de tempo ao longo do ciclo de planejamento. É como se a empresa tivesse de estimar somente a venda do dia seguinte e todo o *lead time* se resumisse a um só dia. Os efeitos danosos do ciclo de planejamento diminuiriam radicalmente. No sistema de produção enxuta isto é o que deve ocorrer, a produção é baseada na demanda real e o estoque é formado de acordo com esta demanda real.

Stalk (1988) fala das características dos sistemas de manufatura tradicionais sob três aspectos e mostra suas diferenças em relação ao sistema de manufatura baseado no tempo. Essas diferenças serão apresentadas mais adiante quando falarmos da produção enxuta.

a) Extensão das corridas de produção ou tamanho do lote

Fábricas tradicionais encorajam a maximização das corridas de produção e a manter todo mundo ocupado como um fim em si mesmo. Elas enfatizam as taxas de utilização de mão de obra e máquinas e fazem isso por conta dos sistemas tradicionais contábeis que apropriam de forma errônea os custos indiretos fixos aos produtos. Assim, quanto maior for o volume do lote a ser produzido e maior frequência das corridas (isto é, menor ociosidade na fábrica), menor o custo unitário.

Algumas dessas fábricas continuam utilizando o conceito do LEP Lote Econômico de Produção. Segundo Garrison e Noreen (2001) este conceito determina qual o tamanho de lote ideal a ser fabricado de um produto antes de passar para outro produto. Esta passagem requer mudanças na programação das máquinas, troca de ferramentas e alimentação com materiais prontos para o processamento. Como fazer essas alterações exige tempo e um desembolso substancial, os gestores dessas fábricas privilegiam tamanhos maiores de lote.

b) Empresa dos componentes do processo produtivo ou *layout* da fábrica

As fábricas tradicionais organizam seus *layouts* por processo, onde os equipamentos ou funções similares são agrupados juntos. O estoque em processo é empilhado em cada etapa de processamento enquanto aguarda a próxima operação e é movido normalmente em lotes ou bateladas em um longo caminho dentro da fábrica. Essas fábricas manuseiam em lotes para reduzir os custos do *set up*, movimentação e manuseio. Porém processamento em lote aumenta o nível de estoque porque a cada etapa todos os itens no lote têm de ficar aguardando seu processamento. Este problema se agrava quando ocorre desbalanceamento/restrrição de processamento entre áreas na fábrica. O estoque fica empilhado na etapa mais lenta ou com restrição. Stalk (1988) sustenta que os produtos geralmente recebem valor em apenas 0,05% a 2,5% do tempo que estão na fábrica. No restante do tempo os produtos ficam aguardando que algo aconteça.

Muitos gerentes tentam evitar o risco de terem suas instalações ociosas e comprometerem suas cotas de produção. Dessa forma, mantém quantidades largas de material em processo para trabalharem no caso da etapa anterior parar de processar. De forma similar, para evitar a ociosidade da próxima etapa, os gerentes estocam material processado para continuar suprindo o restante das etapas da linha, na eventualidade das suas etapas pararem por problemas.

c) Complexidade dos procedimentos de programação

A programação é também um fator de desperdício e demoras nas fábricas tradicionais. Suas programações são feitas de forma central com a utilização de sistemas de planejamento dos recursos de materiais (MRP), dos recursos de manufatura (MRP II) e de controle de chão de fábrica. Os programas de produção fluem para as fábricas com um *time bucket* ou horizonte de mês ou semana; neste meio tempo as peças ficam sentadas ociosas e, portanto desperdiçando tempo. A exemplo do LEP (lote econômico de produção) mencionado acima no primeiro aspecto, algumas dessas fábricas ainda utilizam o conceito do LEC (lote econômico de compra) como decorrência do MRP. Este conceito determina a quantidade ideal a ser comprada de um produto, quantidade essa que minimiza a somatória do custo de pedir com o custo de manter.

Bender (1992) sustenta que, para maioria das indústrias, os enfoques de MRP e MRPII provaram ser ineficientes em um ambiente de constante mudança, não conseguindo responder rapidamente as mudanças na demanda. Seu ponto fraco é a inércia do sistema criado pela disponibilidade dos estoques. Enfim, qual a necessidade das empresas em manter estoques? Várias são as possíveis razões:

- layout não facilita;
- ineficiência da produção e da maneira como ela é programada;
- esquema de produção contra previsão de vendas;
- uso como pára-choque contra: interrupções de fornecimentos ou atrasos dos fornecedores, parada momentânea de um setor e flutuações imprevistas na demanda etc.

A manutenção de altos estoques cria problemas além do custo financeiro: estoques servem para esconder problemas de processo que permanecem sem solução por muito tempo, a custos adicionais substanciais. Alguns desses custos são listados abaixo:

- custo de movimentação, manuseio e armazenamento;
- custo de obsolescência (perda dos produtos);
- danos nos produtos durante manuseio e movimentação e custos de retrabalho
- custos administrativos no almoxarifado;
- demanda de maior espaço traduzido em custo de armazenamento por m² ou perda de margem obtida com outros usos mais produtivos

3.3 Tendências de negocio

A globalização trouxe e ainda tem trazido diversas modificações em praticamente todos os segmentos de negócio, sejam industriais, serviços ou bancários e que modificam substancialmente a maneira das empresas de realizarem seus negócios.

Bender, em palestra proferida no Instituto Japonês de Pesquisa de Sistemas (The Japan Institute of Systems Research) em março de 92 em Tokyo, argumenta que o aumento do fluxo de informação para uma parcela maior da população mundial tem levado a uma demanda global por um contínuo aumento de produtos de melhor qualidade oferecidos em maior variedade. Na maioria das indústrias, seja de bens de consumo, industrial ou produtos agrícolas, esta tendência em direção a maior variedade está evoluindo rapidamente para customização de produto. E tais produtos devem ser entregues em velocidades crescentes e com confiabilidade.

Kotler (1999) diz que uma empresa pratica intimidade com o consumidor quando é capaz de customizar seus produtos ou serviços de acordo com as exigências de determinado cliente. Ele percebe que algumas empresas estão explorando uma oportunidade denominada de customização em massa. Isto significa a capacidade de preparar, em bases de produção em massa, produtos, serviços e comunicações individualizados. Graças a bancos de dados computadorizados e a linhas de produção flexíveis, muitas empresas podem oferecer produtos exclusivos a milhares de clientes. A National Bicycle Industrial Company do Japão fabrica bicicletas sob medida para atender as preferências e anatomias de compradores específicos e ela é capaz de produzir 11.231.862 combinações de 18 modelos de bicicletas em 199 cores diferentes. (nota: segundo Kotler, o termo customização em massa foi originalmente usado por Stanley Davis em 87 e posteriormente em 93 por Joseph Pine).

Para Groover (1987) as seguintes tendências podem ser observadas na manufatura como decorrência de pressões externas: ciclos de vida de produtos menores, maior ênfase na qualidade e confiabilidade, produtos mais dedicados aos clientes, utilização de novos materiais, uso crescente de eletrônica, pressão para redução de estoques, terceirização, produção *just in time*, dentre outras.

De acordo com Ching (2001) pressões diversas decorrentes da globalização e da modificação do mercado consumidor, cada vez mais bem informado e exigente na hora de

adquirir bens e serviços, estão levando as empresas a repensar como operam os elementos de sua cadeia logística. Elas estão sendo obrigadas a mudar seu papel e suas atividades a fim de se adaptar aos fatores externos que exercem pressões nelas. Alguns desses fatores externos mencionados por ele são os seguintes:

- ciclo de vida do produto mais curto: devido ao rápido avanço tecnológico e às constantes e crescentes mudanças dos produtos, o ciclo de vida desses diminuiu muito, principalmente da área de equipamentos eletro-eletrônicos, máquinas e da área de informática. Produtos que são lançados hoje sofrem uma nova versão ou um novo *upgrade* um ano depois, ou então são substituídos por produtos inteiramente novos. As empresas estão sendo obrigadas a inovar sua linha de produtos, conseqüentemente, para se manterem atualizadas no mercado. O mercado tornou se muito mais competitivo e os clientes mais exigentes;
- clientes exigentes e bem informados: devido a grande quantidade de informações e opções de que ele dispõe, fica cada vez mais criteriosa a análise de qual opção mais lhe convém. A empresa, por sua vez, é obrigada a adotar uma postura que cativo o cliente, em que os produtos e os serviços oferecidos satisfaçam plenamente a suas necessidades e a seus desejos. Ela tem de se esforçar para criar um vínculo de confiança para com os clientes. Esta postura é coerente com o que Kotler diz a respeito da empresa customizar seus produtos ou serviços de acordo com as exigências de determinado cliente;
- competição externa: diferentes fatores competitivos implicam diferentes objetivos de desempenho para a empresa. Assim, se os clientes valorizam...

estes fatores competitivos....

preço baixo

alta qualidade

entrega rápida

entrega confiável

produtos e serviços inovadores

alteração de quantidade ou

prazo de entrega

os objetivos de desempenho são

custo

qualidade

rapidez

confiabilidade

flexibilidade de produto/serviço

flexibilidade de volume e entrega

O cliente sente se motivado a dirigir seus pedidos a empresas que fornecem melhores serviços, o que significa para ele menores custos com inventários, maior confiabilidade e rapidez nas entregas;

- demanda por parcerias: Ching fala da relação de parceria simbiótica, onde todo o processo é desenvolvido em cadeia e cada agente depende do perfeito funcionamento do outro. O compromisso dessa relação é de longo prazo. Com a criação de parcerias, as empresas otimizam as oportunidades de negócio, fecham os elos com os clientes e com os fornecedores e unem forças para reduzir custos e aumentar competitividade no mercado. Veja figura 3.1 (abaixo) adaptada do livro de Ching sobre integração das diversos agentes onde o fluxo de materiais flui dos fornecedores para o consumidor final e o fluxo de informações flui no sentido inverso.

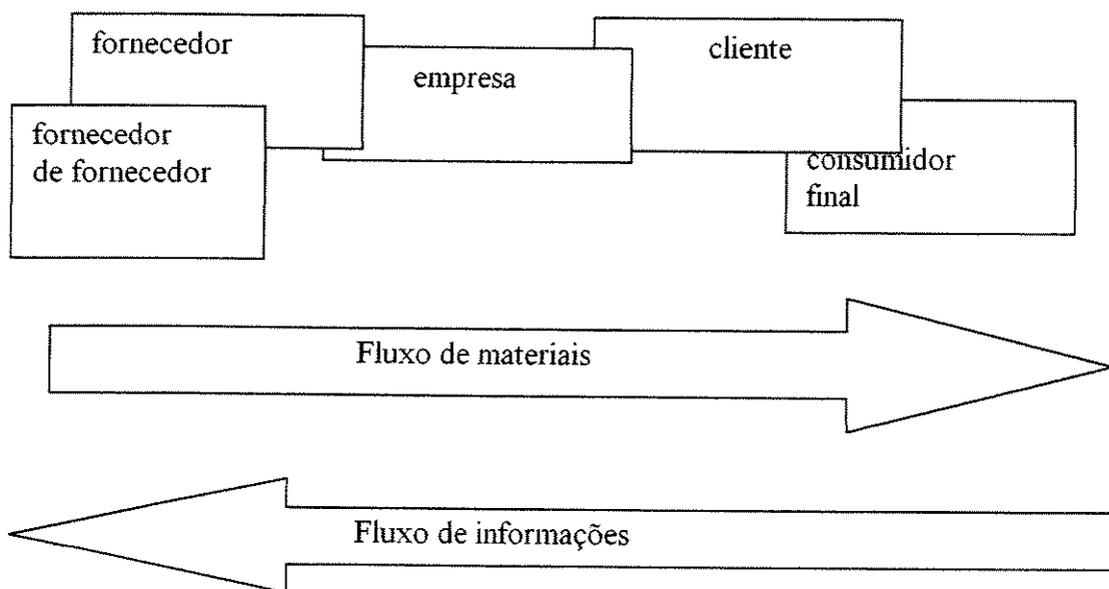


Figura 3.1 Integração dos agentes da cadeia de suprimentos

As conseqüências, que as tendências acima apresentadas trazem, são as seguintes no ambiente da manufatura: produzir com mais flexibilidade tanto em oferecer maior variedade como responder a mudanças de volume e mix; maior velocidade no desenvolvimento de novos produtos e serviços que atendam as exigências dos clientes, bem como nas entregas; qualidade cada vez melhor; confiabilidade que a mercadoria seja entregue na data exigida e, por fim, menor custo.

3.4 A Produção enxuta como resposta a essas tendências de negocio

Conforme dito acima, Kotler percebeu que algumas empresas estão explorando a customização em massa - capacidade de preparar, em bases de produção em massa, produtos, serviços e comunicações individualizados. Ferro, no seu artigo (1990), cunha a expressão produção flexível em massa, resultado do trabalho de produção enxuta desenvolvido por Taiichi Ohno, na Toyota, conhecido como TPS *Toyota Production System*. Ambas expressões - customização em massa ou produção flexível em massa - tem o mesmo significado: fazer com que a empresa, sem perder a capacidade de produzir grandes volumes, ela a faça de maneira flexível e customizada para cada cliente. Isto é, ter todos os benefícios da produção enxuta sem incorrer nos malefícios da produção em massa do manufatura tradicional.

Taiichi Ohno visualizou logo nas suas primeiras experiências na Toyota algumas idéias que viriam a ser os pensamentos principais da produção enxuta:

- desenvolvimento de técnicas simples de **troca de moldes** e trocá-los com frequência - a cada duas ou três horas, e não a cada dois ou 3 meses- usando carrinhos, para trazer os moldes para suas posições e tirá-los, e mecanismos de ajustes simples;
- os **próprios trabalhadores** executando a troca de moldes, evitando assim especialistas e tempo ocioso ;
- descobriu que o **custo por peça** prensada era **menor** na produção de pequenos lotes do que no processamento de lotes imensos. Porque? a) produzir lotes pequenos eliminava os custos financeiros dos imensos estoques de peças acabadas que os sistemas de produção em massa exigiam; b) produzir apenas poucas peças antes de montá-las num carro fazia com que os erros de prensagem aparecessem quase que instantaneamente. Há uma preocupação maior com **qualidade** além de eliminar o desperdício com o grande número de peças defeituosas, peças essas descobertas bem depois de terem sido fabricadas;
- o fundamental na produção em massa era não parar a linha, a não ser quando absolutamente necessário. Um carro com uma peça mal alinhada poderia ser retificado na área de reparos ao final da linha, mas minutos e vários carros perdidos/montados com o mesmo defeito só poderiam ser recuperados com dispendiosas horas extras no final do turno. Ohno considerou o sistema em Detroit cheio de “muda”, englobando o **desperdício de esforços, materiais e**

tempo. Ohno instruiu os operadores a parar toda a linha de montagem caso surgisse um problema que não conseguissem acertar;

- organizar os fornecedores em cadeias verticais e jogá-los um contra outro para conseguir o menor preço a curto prazo gerava um bloqueio de informações entre eles a respeito dos avanços nas técnicas de fabricação. O mesmo se aplicava à qualidade, onde as montadoras desconheciam as técnicas de fabricação e, portanto estabeleciam um montante máximo aceitável de defeitos. Toyota estabeleceu um novo enfoque para o suprimento de componentes, organizando os **fornecedores em níveis funcionais** (o que hoje chamamos de tiers). Fornecedores de primeiro nível (tier) participam do desenvolvimento do novo produto. Estes são encorajados a trocarem idéias entre si de como melhorar os projetos. A seguir, cada fornecedor do primeiro nível forma um segundo nível vinculados a ele que são incumbidos de fabricar peças individuais;
- Ohno desenvolveu uma nova forma de **coordenar o fluxo de peças** no sistema de suprimentos, o famoso JIT, que na Toyota se chamava “**Kanban**”. A produção de peças se restringiria a cada etapa prévia, para suprir a necessidade imediata da etapa subsequente. Conforme cada container era esvaziado na etapa, era mandado de volta para a etapa prévia, sinalizando automaticamente a necessidade de produzir mais peças. Não havia necessidade de estoques intermediários;
- Toyota parou de construir carros antecipadamente contra previsão. O revendedor passou a ser o primeiro passo do kanban, enviando pedidos vendidos para entrega futura (**demanda puxada**).

A experiência acima narrada bem como outros relatos a seguir são resultado da extensa pesquisa sobre a indústria automobilística mundial, denominada de *IMVP International Motor Vehicle Program*, desenvolvida pelo MIT *Massachusetts Institute of Technology*. Essa pesquisa resultou em um livro onde Woomack et al. (1992) narram o sucesso do modelo japonês de produção enxuta em diversos países em que foi adotado.

Uma tabela comparativa, retirada desse livro, mostra alguns indicadores de produtividade e qualidade de três fábricas em 1987: a da GM em Framingham que produzia no conceito de produção em massa, a da Toyota em Takaoka, um dos celeiros da produção enxuta e a fábrica da GM/Toyota em Fremont com produção enxuta sendo implementada.

Tabela 3.1 – indicadores comparativos de três fabricas

	GM Framingham	Toyota Takaoka	NUMMI Fremont
Desempenho:			
- total hs de trabalho pelo número de carros produzidos	31	16	19
- defeitos de montagem por 100 carros	135	45	45
- estoque de peças (média)	2 semanas	2 horas	2 dias
Layout:			
- espaço de montagem por carro/ano (m ² /volume/ano)	0,75	0,45	0,65

nota: NUMMI significa *New United Motor Manufacturing Inc*, *joint venture* entre GM e Toyota nos EUA.

Pode se perceber diferenças significativas nos indicadores entre a fábrica da GM em Framingham e a da Toyota. Menos capital e mão de obra são gastos, significando menos trabalho, melhor qualidade, menos estoque e menos espaço de fabricação. A fábrica da GM/Toyota mostra um significativo avanço em relação a de Framingham, já tem o mesmo nível de qualidade da fábrica em Japão e a sua produtividade está próxima. Na produção enxuta, quanto maior a qualidade melhor a produtividade; nos sistemas convencionais há tendência para alta produtividade ou alta qualidade, mas não ambas. Uma ocorre em detrimento da outra.

De acordo com Ferro (1990) são três os pressupostos centrais da produção enxuta pregados por Ohno: KANBAN - produção sincronizada; MUDA - eliminação de desperdícios e KAIZEN - melhoramento contínuo. No tocante a MUDA, existem sete tipos de desperdício de manufatura: produção superior a demanda; trabalho em excesso nos estoques em processo e de produtos acabados, refugo, reparos e rejeitos; movimento desnecessário; processamento em excesso; tempo de espera; e transporte desnecessário (Chase et al: 2001; Weber: 2002). Cochran, do *Massachusetts Institute of Technology*, diz no artigo do Weber que a manufatura enxuta visa a eliminação de desperdício em toda e qualquer área da produção, incluindo relações com cliente, desenho de produto, rede de fornecedores e administração da fábrica. Seu objetivo é incorporar menos esforço humano, menos inventário, menos tempo de desenvolvimento de produto e utilizar

menos espaço para responder rapidamente às demandas do cliente com produtos de qualidade na maneira mais eficiente e econômica possível.

Salles (1998) aponta como características deste sistema o estabelecimento de um fluxo contínuo de operações; a eliminação de operações desnecessárias; a formação de times de trabalho interfuncionais para aproximar a área de projeto com a área de fabricação; a busca da melhoria contínua; uma maior aproximação com os clientes e fornecedores e uma redução substancial dos recursos (capital, mão de obra e espaço) para o desenvolvimento da produção e distribuição dos produtos.

Outras características da produção enxuta que podemos extrair da leitura de Woomack et al (1992) são listadas abaixo. Em todas essas características está a preocupação em reduzir os custos da manufatura e a burocracia da empresa.

- ênfase na velocidade e na flexibilidade para atender aos desejos dos consumidores;
- defeitos passam a ser corrigidos no ato e buscadas suas causas;
- equipamentos de alta velocidade e repetibilidade (característicos da produção em massa) são substituídos por outros de maior flexibilidade, de menor porte e mais baratos;
- valorização dos operadores para tomada de decisões e da comunicação horizontal na fábrica em contraponto à comunicação hierarquizada e ditada de cima para baixo;
- demanda puxada a partir da venda efetivada ao cliente;
- obsessão em reduzir constantemente os estoques e os custos associados à sua manutenção

Retomamos aqui o trabalho de Stalk (1988) sobre as características do sistema de manufatura baseada no tempo analisadas sob três aspectos. As diferenças em relação ao manufatura tradicional do trabalho do Stalk, mostradas na seção 2.1 do capítulo 2 tornam se agora bem evidenciadas:

a) extensão das corridas de produção ou tamanho do lote

No sistema baseado no tempo, a fábrica produz somente o que é demandado, quando for demandado e no prazo solicitado. Reduzir a extensão da corrida de produção possibilita produção mais freqüente de todas as linhas de produtos e resposta mais rápida às demandas dos clientes. Os custos indiretos fixos diminuirão significativamente e uma nova forma de apropriação dos custos deve ser visualizada para refletir os reais custos deste sistema. Um dos elementos importantes deste sistema é a redução do tempo e a conseqüente redução do custo do *setup*. Suas vantagens

são de produzir, de maneira economicamente viável, lotes menores; resposta mais rápida ao mercado; redução do nível de estoques; diminuição do tempo de ciclo e melhoria da qualidade do produto. O tempo é considerado uma fonte de vantagem competitiva.

b) empresa dos componentes do processo produtivo ou *layout* da fábrica

As fábricas baseadas no tempo são organizadas por produto ou por célula. No *layout* por produto, os equipamentos ou funções são organizados o mais próximo possível para acomodar a produção de um produto específico, uma linha de montagem de um automóvel ou linha de embalagem de um produto (Atkinson et al: 2001). As partes se movem e são adicionadas ao longo da linha de montagem permitindo um fluxo contínuo. A questão aqui é quanto ao tamanho do lote ao longo da linha de montagem e sua relação com o custo do *setup*. Quanto maior o tempo e custo do *setup*, maior o tamanho dos lotes e vice versa.

No *layout* por célula, as máquinas necessárias para produzir um grupo de produtos similares são colocadas de forma seqüencial uma próxima da outra geralmente em formato de U. Black (1988) coloca o *layout* por célula como o coração de um conceito maior que é o fluxo de manufatura. Fluxo de manufatura é produzir de forma contínua e sem interrupções uma peça de cada vez seguindo a seqüência e regras do tempo de ciclo. Ele lista sete pontos para este fluxo:

1. colocar as máquinas na seqüência do processo, movendo as máquinas em linha.
2. desenhar a célula em formato de U.
3. fazer uma peça de cada vez dentro da célula.
4. treinar operadores para trabalhar em mais de um processo, andando de máquina para máquina.
5. produzir de acordo com o tempo de ciclo. O tempo de ciclo é o tempo que se leva para passar uma peça por toda a célula e é calculado dividindo horas de trabalho por dia pelo volume diário. A regra aqui é nunca passar peça defeituosa para o próximo processo. Mecanismos do *poka-yoke* são usados para prevenir defeitos.

Notas: a) a métrica tempo de ciclo utilizado pelo Black significa *lead time* na métrica *lean* utilizada pelo Rother e Shook (1998); b) Rother e Shook utilizam a métrica tempo takt para definir a frequência com que se deva produzir uma peça, baseada na demanda dos clientes. É calculado dividindo o tempo de trabalho disponível por turno pela demanda do cliente por turno. Este tempo takt define uma meta para o volume de fabricação de um produto e seus componentes.

6. ter os operadores trabalhando de pé e andando de um processo a outro.
7. usar máquinas mais lentas e dedicadas que são menores e mais baratas. O racional aqui é dimensionar corretamente as máquinas, para que as etapas de processamento de diferentes tipos possam ser realizadas imediatamente adjacentes umas das outras enquanto a peça flui.

Diferentemente do *layout* por processo onde o estoque é elevado e ocorre desbalanceamento de processamento entre áreas da fábrica, o *layout* por célula permite reduzir o montante de estoque em movimento, os custos, e o tempo de ciclo além de melhorar a qualidade e aumentar a moral dos operadores. Este *layout* necessita de poucos *setups*, pois os equipamentos estão voltados para um único produto ou produtos similares.

c) complexidade dos procedimentos de programação

Nas fábricas baseadas no tempo, a programação é feita descentralizada no nível dos fluxos de valor (*value stream*, conforme expressão do Woomack e Jones, 1998) ou das células, permitindo maior controle na produção aos operadores. A combinação do layout por produto ou por célula com a programação descentralizada faz o processo produtivo correr sem problemas.

No tocante as compras e a relação com os fornecedores, na produção enxuta a empresa concentra os pedidos em poucos exclusivos e confiáveis fornecedores, solicita entregas freqüentes em pequenos lotes e os fornecedores entregam produtos sem defeito de acordo com a necessidade do cliente. A empresa economiza com a redução do tamanho do pedido e compras mais freqüentes, ao contrário do que se poderia supor. É lógico o seu entendimento. Com uma estrutura menor e menos burocracia na área de compras, o custo de emissão de um pedido reduz em comparação com a situação convencional, compensando a maior freqüência de pedidos. Por causa da redução de desperdícios e ineficiências na movimentação e estocagem de material, o custo anual de estocagem de uma peça se mantém ou reduz, na melhor das situações. Com o estoque médio significativamente mais baixo que na situação convencional, o custo total de estocagem se reduz drasticamente.

Por fim, Stalk sustenta que as fábricas flexíveis gozam de grandes vantagens de produtividade e tempo em relação às fábricas tradicionais: a produtividade da mão de obra pode ser até 200% maior; podem responder oito a dez vezes mais rápido e seus custos totais são 20% menores.

Os leitores terão reparado que Stalk trata sistema baseado no tempo e sistema flexível de manufatura como sinônimos. A base do sistema flexível é a gestão do tempo. Para Stalk, as companhias japonesas vencedoras estão investindo no tempo: encurtando o tempo de desenvolvimento de um produto e reduzindo o tempo de processamento na fábrica. A gestão do tempo permite aos japoneses serem mais flexíveis, oferecendo mais variedade de produtos, atendendo mais rapidamente as mudanças de volume e mix e ao mesmo tempo reduzindo custos. Este sistema flexível propagado por Stalk em nada difere dos preceitos do sistema de produção enxuta.

Voltando ao tema da relação com os fornecedores, Liker e Wu, no artigo escrito para a Sloan Management Review (2000), fizeram uma análise comparativa de como uma empresa enxuta (no caso, as montadoras japonesas operando nos Estados Unidos) afeta profundamente suas relações com seus fornecedores em comparação com empresas não enxutas (no caso, as montadoras americanas). Algumas das conclusões estão descritas abaixo:

- manutenção de baixo nível de inventário é vital para o sucesso da manufatura enxuta. Em contraste com a produção em grandes bateladas onde os fornecedores produzem de acordo com uma programação que não considera a necessidade do cliente e acabam ficando com elevado nível de estoque, a produção em pequenas bateladas, entre outros benefícios, move o produto mais rápido através da fábrica até o cliente, seu nível de estoque é baixo e os fornecedores respondem rapidamente às mudanças na demanda do cliente.

Os fornecedores que servem as montadoras japonesas atingiram um giro de estoque de 38.3 vezes (sendo o melhor giro de 52.4 para os fornecedores da Toyota) contra 25.4 para as montadoras americanas (sendo o melhor giro de 28.3 para os fornecedores da Chrysler).

- programação de produção nivelada, uniforme e previsível aos fornecedores - pedidos estáveis e demanda regular - para cobrir flutuações inesperadas na demanda é um dos princípios-chaves da manufatura enxuta. Faz-se uso de uma técnica denominada de "*heijunka*" em que o volume total produzido é mantido o mais constante possível. Isto ajuda a minimizar o efeito "chicote", isto é, a incerteza para os fornecedores dos níveis abaixo na cadeia de suprimento. A habilidade de nivelar a programação pode ajudar a explicar os níveis baixos de inventário.

- a forma como a qualidade é tratada é outro diferencial da manufatura enxuta. Os fornecedores constroem a qualidade (do original em inglês *build in quality*) quando servem as montadoras japonesas e inspecionam qualidade (do original *inspect in quality*) quando fornecem para as montadoras americanas. Inspeccionar significa um processo formal de inspeção para descobrir defeitos depois de ocorrerem enquanto construir significa parar o fluxo de produção toda vez que os operadores detectam anormalidades e corrigem suas causas.

Enquanto as americanas penalizam seus fornecedores, as japonesas preocupam-se em lhes transferir conhecimento e trabalhando juntos para solução dos defeitos.

- as empresas enxutas demandam freqüentes e pequenas cargas por caminhão de uma maneira ordenada e a baixo custo. Os fornecedores fazem 3.6 despachos por dia aos japoneses, ocupando 47% dos caminhões, contra 2.4 aos americanos, ocupando 68% da capacidade. Enquanto as montadoras americanas penalizam os fornecedores por não usar a capacidade total do caminhão, as japonesas esperam que seus fornecedores despachem o que é necessário quando for necessário. O segredo está no relacionamento mais íntimo com um pequeno grupo de transportadores que os japoneses mantém. Eles trabalham com 1.4 transportadoras comparado com 4.3 dos americanos e uma empresa chegou a transportar 92% da carga de um cliente contra um máximo de 75% de uma montadora americana.

Embora os dados acima se refiram a indústria automobilística, esta relação - fornecedor cliente não é privilégio dela e pode ser transportada para outras indústrias que tem questões muito similares. A lição é que a velocidade não significa necessariamente aumento de custo e menor qualidade; na verdade é o contrário. Criar uma cadeia de valor enxuta requer relações de parceria ganha-ganha em todas as ligações da cadeia. Requer criar capacitações e aptidões operacionais que forneçam às empresas fontes sustentáveis de vantagem competitiva.

Para os críticos da manufatura enxuta, alguns aspectos poderiam estar colaborando para que este sistema apresente resultados significativos em relação aos sistemas convencionais. Aspectos como a automação, facilidades de montagem dos produtos e foco em um único produto foram pesquisados pelos pesquisadores do IMVP e narrados por Woomack et al (1992). A conclusão do que se observa abaixo é que a produção enxuta passa ao largo desses aspectos, é muito mais um sistema de manufatura do que algumas facilidades tecnológicas ou de produção.

1. O segredo está na automação? Ela é responsável por cerca de 1/3 da diferença total de produtividade entre as fábricas enxuta e tradicional. As fábricas de tecnologia mal organizadas acabam adicionando tanto técnicos indiretos e pessoal de manutenção quanto os trabalhadores diretos removidos das suas tarefas manuais. Além disso a justificativa de investimento é baseada nas taxas de utilização projetadas, de acordo com Weber (2002) enquanto no ambiente enxuto, ela é baseada no montante de desperdício de manufatura eliminado e na redução dos *lead times* de produção.

Na verdade, há necessidade de se investir em equipamentos automatizados - mais devagar, mais simples, mais confiável do que uma máquina cheia de funções especiais - para se implementar a produção enxuta. Como corolário, pode se afirmar que a empresa enxuta precisa anteceder a automação de alta tecnologia de processos. Um exemplo disso é citado no artigo do Ferro (1990). Enquanto inúmeras plantas da GM gastavam bilhões de dólares na modernização através da mais moderna tecnologia disponível, os resultados dessa estratégia de automação massiva não se compararam com os da NUMMI (joint venture entre GM e Toyota), que acabou se tornando uma planta modelo para toda a GM. A corporação acreditou que alta tecnologia seria sinônimo de maior eficiência.

2. A montabilidade (facilidade de montagem do produto, isto é, menos peças e maior facilidade no seu ajuste) em vez da operação da fábrica é que faz a diferença? Uma pesquisa feita pela GM em 1989 entre sua fábrica em Atlanta e a de Fairfax concluiu que 41% da diferença de produtividade provinha da manufaturabilidade e 48% das práticas fabris. No entanto, a facilidade de fabricação já nasce por ocasião do seu desenvolvimento.
3. Fábricas focadas em um único produto standardizado é a solução para os problemas competitivos? Pesquisas do IMVP não encontraram qualquer correlação entre o número de modelos ou tipos de carrocerias numa linha de montagem e a produtividade ou qualidade do produto.

Em um estudo conduzido em conjunto entre Andersen Consulting (agora Accenture), Universidade de Cambridge e Cardiff Business School (1994) (vide maiores detalhes na seção 4.2.1 e 4.2.2 do capítulo 4), as empresas classe mundial em sistemas de exaustão e freios tinham alto desempenho nos quesitos qualidade e produtividade e, no entanto, sua linha de produtos é mais diversificada e menos estável do que outras com linha mais estreita e estável.

Como término dessa seção, duas tabelas são apresentadas abaixo resumizando as diferenças mais significativas entre a manufatura tradicional e a enxuta. O primeiro foi extraído do artigo de Houshmand e Jamshidnezhad (2002) onde comparam a manufatura enxuta com outros sistemas de produção.

Tabela 3.2 – diferenças entre produção artesanal, produção em massa e produção enxuta

Item	Produção artesanal	Produção em massa	Manufatura enxuta
Mão de obra	Altamente especializado	Não especializado	Multi especializado
Produto	Customizado	Alto volume de produtos homogêneos	Alto volume com ampla variedade
Empresa	Descentralizado	Integração vertical e/ou divisões descentralizadas	Trabalho em equipe
Volume produção	Baixo	Alto	Alto
Custo unitário	Alto	Baixo	Baixo
Maquinas/ferramentas	Simples, flexíveis	Maquinas único propósito	automatizadas e flexíveis
Objetivo ultimo	Especificação do cliente	Bom suficiente	perfeição
Flexibilidade	Alta	Baixa	Alta
Giro estoque	Menor que 7	Menor que 7	Superior a 10
Inspeção	100%	Amostragem	100% na fonte
Programação	Pedido do cliente	Previsão – empurrar	Pedido cliente – puxar
Tempo produção	Longo	Longo	Curto
Tamanho do lote	Pequeno	Grande com fila	Pequeno-fluxo contínuo
Layout	Processo	Produto	Produto e/ou célula

O segundo foi elaborado por este autor comparando outros aspectos não cobertos pelos autores acima referenciados.

Tabela 3.3 – diferenças entre manufatura tradicional e manufatura enxuta

Item	Manufatura tradicional	Manufatura enxuta
Flexibilidade em oferecer maior variedade e resposta a mudanças de volume e mix	Baixa	Alta
Velocidade no desenvolvimento de novos produtos e das entregas	Baixa	Alta
Velocidade das entregas	Mais devagar	Mais rápido
Lead time produção	Elevado	Curto
Custo indireto fabricação	Alto	Mais baixo
Layout fábrica	Por processo	Por produto e por célula
Tamanho do lote e mix	Grande e baixo mix	Baixo volume e maior variedade
Problemas de qualidade	Frequente	Pouco
Custo da função qualidade	Alto	Baixo
Adaptabilidade de adequar novos produtos na fábrica	Baixa e com alto custo	Alta e baixo custo
Dimensionamento de máquinas e espaço	Super dimensionado	Otimização do uso desses recursos
Confiabilidade de entrega aos clientes na data	Possíveis faltas de produtos	<i>On time delivery</i>
<i>Lead time</i> do fornecedor	Menos ágil	Mais ágil
Nível de estoques	Em excesso e com implicações em custos	Menor nível e menores custos

3.5 Sumario

Torna-se crítico para a sobrevivência das empresas a capacidade de adaptação dos sistemas de manufatura às condições ambientais dinâmicas do mercado. O sistema de manufatura tradicional não está adequadamente projetado para acompanhar essas mudanças, manter a competitividade da empresa e assegurar sua sobrevivência a longo prazo. Fica evidente que a manufatura enxuta fornece respostas mais adequadas às necessidades dos clientes e às pressões decorrentes da globalização e da modificação do mercado consumidor. Dados extraídos da literatura mostram que a manufatura enxuta apresenta melhores níveis de produtividade, baixo nível de defeitos, menor utilização do espaço de fabricação, maior giro de estoque, melhor

qualidade, mais flexibilidade em atender alterações do pedido original, maior velocidade das entregas, entregas mais confiáveis e menor custo do que a manufatura tradicional.

Várias são as maneiras que a manufatura enxuta utiliza para conseguir esses resultados. Relacionamento mais estreito com os fornecedores, trabalhando com poucos e confiáveis, integrando-os nos seus projetos desde o seu início; maior poder aos colaboradores para tomar decisões que afetam seu trabalho; menores níveis de hierarquia na empresa; cultura permanente de eliminar desperdícios; tudo isso contribui para os resultados. No entanto, o crítico está na maneira como a manufatura enxuta irá lidar com as cinco dimensões competitivas simultaneamente. Essas dimensões serão tratadas no capítulo a seguir.

Capítulo 4

Dimensões competitivas em um sistema de manufatura

4.1 Introdução

Dimensões competitivas podem ser entendidas como elementos ou requisitos funcionais que um sistema de manufatura deve ter para atender os objetivos da empresa - geração de maior valor, suplantar seus concorrentes e/ou satisfazer as necessidades dos clientes. Kotler (1999) acredita que empresas que agregam valor desenvolvem uma oferta de valor ou pacote de benefícios mais fortes para conquistar os clientes, que passam por customização, serviço mais rápido, garantia extraordinária, mais e/ou melhores serviços, entre outros.

Foi discutido no capítulo anterior os benefícios e vantagens do sistema de produção enxuta em relação a manufatura tradicional. Salles (1998) coloca a produção enxuta como uma estratégia genérica de um sistema de manufatura e como tal, questiona se pode ser considerada como necessária e suficiente para competir no mercado atual? Seria uma estratégia competitiva eficaz?

Hayes & Pisano (94) estabelecem que estratégia de manufatura não trata apenas de alinhar as operações às dimensões competitivas, mas também selecionar e criar capacitações e aptidões operacionais que a empresa necessitará no futuro. Essas capacitações devem ser aquelas que os clientes valorizam e, ao mesmo tempo, difíceis de serem copiadas pelos concorrentes.

Essas dimensões competitivas, bem aplicadas na manufatura enxuta, sustentam os objetivos da empresa e levam a sua consecução, os quais devem trazer à empresa resultados significativos que a diferenciem em relação ao sistema de produção em massa. Este capítulo trata de discutir quais são essas dimensões e como elas reforçam o papel da manufatura na criação das vantagens estratégicas para a empresa.

4.2 Quais dimensões competitivas?

Como era de se esperar, não há total concordância quanto a conceitos importantes para a área. Para Swamidass & Newel (1987) as dimensões seriam: custo, qualidade, flexibilidade e confiabilidade (quanto a processo e entrega de produtos acabados). Para Neely et al (1995) são qualidade, custo, tempo e flexibilidade; Ghalayini e Noble (1996) por sua vez adotam custo, qualidade, flexibilidade (na concepção de velocidade, tempo), confiabilidade (restrito ao processo de produção) e inovação (baseada em novos produtos). Salles (1998) adota custo, qualidade, flexibilidade e tempo no aspecto velocidade de entrega, que compreende otimização do processo produtivo, redução do prazo de fabricação e também velocidade de desenvolvimento de novos produtos. Slack (1993) trabalha com cinco dimensões: custo, qualidade, velocidade, confiabilidade e flexibilidade.

Uma pesquisa intitulada *1986 Manufacturing Futures Survey* perguntou a gerentes de manufatura de 500 corporações ao redor do mundo quais são suas prioridades competitivas, entre outros aspectos (DeMeyer et al., 1987). As empresas japonesas classificaram flexibilidade para introduzir novos produtos e para ajustar o volume de produção como sendo a segunda e quarta prioridades competitivas. Qualidade foi a terceira. Firms norte americanas e européias classificaram estas duas flexibilidades como sexta e oitava enquanto qualidade foi a primeira. Os autores concluíram que os japoneses, após ultrapassarem com sucesso problemas de qualidade, estavam concentrando sua atenção na flexibilidade. Os europeus e americanos ainda estavam com foco em qualidade.

Conforme exposto acima, além dos autores e gerentes não concordarem quantas e quais dimensões são mais importantes ou relevantes para uma empresa alavancar o sucesso competitivo, a própria abrangência de cada termo também não está bem definida. É o que será tratado a seguir. Para efeitos deste trabalho, foram eleitas as seguintes dimensões competitivas: flexibilidade, confiabilidade, velocidade, qualidade e custo.

(nota: nem todos os autores utilizam a expressão dimensão competitiva; alguns a referem como prioridades competitivas, outros como dimensões estratégicas de manufatura).

4.2.1 Dimensão qualidade

De acordo com Schonberger (1988), a qualidade é como a arte. Todos reconhecem a sua importância, sabem reconhecê-la quando a vêem, dão-lhe definições diferentes, porém não conflitantes. De todas as dimensões, esta é uma das que tem mais respaldo na literatura. O uso da palavra é dominado por dois significados (Juran e Gryna, 1991):

1. a qualidade consiste nas características do produto que vão ao encontro das necessidades dos clientes e dessa forma proporcionam a satisfação em relação ao produto;
2. a qualidade é ausência de falhas

Para Falconi (1992), “qualidade é a preferência do consumidor. É isto que garantirá a sobrevivência de sua empresa: a preferência do consumidor pelo seu produto em relação ao seu concorrente, hoje e no futuro”.

Seguramente o conceito da qualidade evoluiu muito nas últimas décadas. Em tempos passados, as empresas atacavam problemas óbvios julgados importantes por alguém de dentro, fossem ou não os mais sérios problemas afetando os clientes. O foco era na perfeição técnica nos pontos em que as técnicas de Deming e Juran fossem facilmente aplicáveis. Não era nos clientes, em suas exigências e necessidades. O foco agora é centrado no cliente, da forma como ele a define. Proporcionar qualidade como o cliente a define significa compreender ambas as dimensões da qualidade: qualidade do produto e qualidade do serviço. (Whiteley:1992). Ele constrói um quadro mostrando o peso dos fatores qualidade do serviço e qualidade do produto. (vide figura 4.1 abaixo)

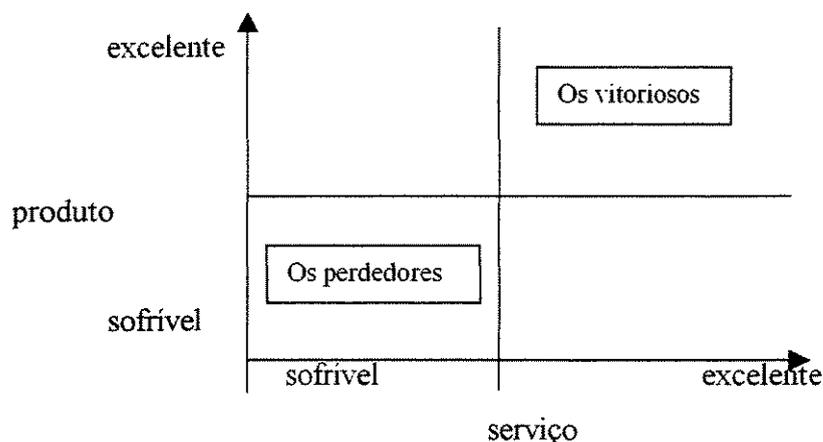


Figura 4.1 qualidade do serviço e qualidade do produto

Importante notar que enquanto qualidade do produto se refere à parte tangível, a qualidade do serviço pode se referir às demais dimensões competitivas, tais como, entregar o produto na data prometida, velocidade e flexibilidade em responder à mudanças de variedade dos produtos solicitados, de datas de entrega ou ainda do nível agregado de volume.

Falconi (1992) alarga o conceito de qualidade para o conceito de TQC (Controle da qualidade total):

TQC = Controle total + Qualidade total = controle exercido por todas as pessoas para a satisfação das necessidades de todas as pessoas, onde:

Controle total = controle exercido por todas as pessoas da empresa, de forma harmônica e metódica (baseado no ciclo *PDCA: Plan Do Check Act*);

Qualidade total = verdadeiro objetivo de qualquer empresa humana: satisfação das necessidades de todas as pessoas

Juran teve o mérito de estender a aplicação da qualidade para um sentido mais amplo, o da empresa no seu todo, daí a expressão Qualidade Total TQM. A partir dele, outros autores deram sua contribuição para o fortalecimento da qualidade total. Phil Crosby (1992) lista quatro princípios absolutos:

1º A definição da qualidade é o cumprimento dos requisitos.

A figura do cliente-fornecedor interno da empresa torna se relevante a partir deste princípio. “Eu vou fazer o que você me solicita, porém para que eu possa executar com êxito, você precisa me definir todos os requisitos que necessita neste trabalho.” Caso contrário, implica em retrabalho e vai contra os princípios da qualidade.

2º O sistema que gera qualidade é a prevenção.

O foco central deste princípio é estabelecer em bases confiáveis um sistema de garantia de qualidade total, onde o controle seja exercido nos processos e não nos resultados, atacar as causas e garantir que as causas sejam controladas e previsíveis.

3º O padrão de desempenho é defeito zero.

Este princípio é decorrente do primeiro. Estabelecer requisitos é um requisito necessário, de fácil compreensão. Porém, a necessidade de cumprir tais requisitos o tempo todo exige uma mudança de postura. Trata se de um padrão gerencial, um padrão de desempenho contra o pensamento tradicional de que o erro é inevitável.

4º *A medida da qualidade é o preço do não cumprimento*

O preço do não cumprimento são todas as despesas decorrentes de se fazer fora do padrão, enquanto o preço do cumprimento é aquilo que se precisa gastar para fazer com que tudo saia de acordo.

Por fim, Slack (1993) define qualidade em 2 dimensões:

- conformidade com as especificações de aspectos técnicos: a preocupação é com o desempenho dos processos e das operações da empresa e se está de conformidade com todos os aspectos dos serviços das operações.
- adequação ao propósito: ênfase é na estratégia do produto e de processo (visão de longo prazo) e com a estratégia de operações

A dimensão qualidade já não é mais uma vantagem competitiva singular, é hoje um bilhete de entrada para iniciar a corrida da concorrência. Sem ela, a empresa está em posição de desigualdade, nem ao menos compete; com ela, a empresa precisa lançar mão de outras dimensões para alcançar sucesso. Ela é indispensável para conquista e manutenção de mercado, prova disso é a disseminação e evolução dos conceitos como TQC, TQM, ISO, QS, Seis Sigma.

Podemos resumir dizendo que a dimensão qualidade trata de estabelecer um sistema de garantia confiável, onde o controle da qualidade seja exercido nos processos e não nos resultados e garantir que as causas sejam controladas e previsíveis e os problemas sejam ínfimos.

A diferença entre a manufatura tradicional e a manufatura enxuta não está no entendimento do que seja qualidade e a sua importância; ambas entendem da mesma maneira. A diferença está na maneira como elas trabalham a dimensão qualidade e os resultados alcançados. Conforme dito na seção 3.2 do capítulo 3, na manufatura tradicional os gerentes tentam evitar o risco de terem suas instalações ociosas e comprometerem suas cotas de produção. Assim, mantêm quantidades largas de material em processo para trabalharem, acumulam estoque ao final de cada estágio e confiam em um processo formal de inspeção para detectar defeitos depois que ocorrem. Esses estoques existem, em parte, como proteção contra variabilidade da qualidade.

Na manufatura enxuta, produzir em pequenos lotes faz com que problemas de qualidade apareçam com mais facilidade e rapidamente. Além disso, os trabalhadores são instruídos a parar a linha de produção, defeitos são corrigidos no ato e buscada sua causa raiz. Conforme dito na

seção 3.4 do capítulo 3, os gerentes constroem a qualidade enquanto na manufatura tradicional o enfoque é de inspecionar qualidade.

Liker e Wu (2000) apresentam alguns dados interessantes. Os fornecedores entregam basicamente a mesma qualidade aos seus clientes - japonesas ou americanas - mas a um custo maior em inspeção, retrabalhos e resíduos para as montadoras americanas. Os produtos com defeito entregues aos clientes foram de 292 ppm (partes por milhão) às montadoras americanas contra 222 ppm às japonesas. No entanto, os produtos que exigiram retrabalho ou refugo foram de 23,634 ppm nas fábricas dos fornecedores das montadoras americanas contra 13,591 ppm das japonesas.

Do estudo conduzido entre 1992 e 1993, em conjunto entre Andersen Consulting (agora Accenture), Universidade de Cambridge e Cardiff Business School para examinar as características de 71 plantas de componentes automotivos (freios, assentos e sistema de exaustão) em nove países, resultou em um relatório publicado pela Andersen Consulting (1994) denominado de *The Worldwide Manufacturing Competitiveness Study - The second lean enterprise report*. Os seguintes indicadores são apresentados comparando empresas classe mundial (CM) e não classe mundial (NCM):

Defeitos recebidos dos fornecedores (% partes defeituosas):

	assentos	exaustão	freios
CM	0,41%	0,39%	0,2%
NCM	0,45%	0,66%	0,42%

Taxa de defeitos internos (% de produtos que não passam na primeira inspeção):

	assentos	exaustão	freios
CM	1,8%	0,7%	0,6%
NCM	2,4%	1,3%	1,4%

Reclamação de clientes (ppm):

	assentos	exaustão	freios
CM	237	8	9
NCM	2071	1355	144

As empresas classe mundial se beneficiam de maior qualidade provinda dos fornecedores, tem melhor controle interno de processos e fornecem menos defeitos aos seus clientes. Pobre qualidade dos materiais recebida provoca um efeito direto tanto na qualidade interna devido ao aumento das taxas de refugo como na produtividade devido a retrabalhos e reparos. De fato o indicador produtividade mostra se muito melhor nas empresas classe mundial (CM) do que nas não classe mundial (NCM) conforme abaixo observado (unidade produzida/hora homem):

	assentos	exaustão	freios
CM	1.4	9.7	12.5
NCM	0.7	4.4	8.5

(nota: Os operadores, líderes, supervisores e outros diretamente associados em fazer o produto foram incluídos no cálculo das horas homem. Horas homem cobrem tempo realmente trabalhado incluso hora extra, mas não consideram tempo de férias, de parada de máquina e absenteísmo).

4.2.2. Dimensão confiabilidade

De acordo com Ching (2001), confiabilidade mede a capacidade de um processo produzir consistentemente conforme requerido pelo cliente, na quantidade, qualidade e no tempo previsto. Para ele a confiabilidade é importante pelas seguintes razões:

- mede a capacidade do processo em produzir com consistência conforme a demanda;
- identifica as perdas, isto é, a capacidade perdida e as ineficiências operacionais, categorizando os diversos tipos de perdas;
- tem impacto significativo no serviço ao cliente;
- é um componente vital na produção para a demanda

Confiabilidade, para Slack (1993), significa cumprir as promessas de entrega (data real) e medir contra a data prometida. Isto passa por ter confiabilidade de processo, onde todas os prazos de processamento entre estágios são respeitados. A confiabilidade interna é um meio e dá estabilidade à operação, derivando dois outros benefícios:

- menos estoques de segurança/proteção contra variações de operações anteriores, quebra de máquinas etc;
- fluxo rápido dos produtos entre estágios/operações

Fica evidente que para a empresa poder cumprir suas entregas aos clientes nas datas prometidas, ela precisa ter confiabilidade nos seus processos. Para Ching a confiabilidade pode ser medida como sendo igual a:

tempo de utilização (%) x eficiência da máquina (%) x rendimento 1ª passagem (%), em que :

tempo de utilização (%) = (tempo real de produção / tempo programado) x 100

eficiência da máquina (%) = (velocidade real un./hora / velocidade nominal un./h) x 100

rendimento 1ª passagem (%) = (*output* total sem retrabalho e refugo / *input* total) x 100

Analisando a maneira como a confiabilidade é calculada, podemos notar alguns fatores chaves que a influenciam:

a) *Paradas não programadas* no tempo de utilização: é a diferença entre horas de produção e horas programadas. Por paradas não programadas entende-se paradas de máquinas. Exemplo de tempo de utilização:

horas programadas: 168 (horas disponíveis) - 48 (horas de paradas programadas) = 120;

horas de utilização real: 120 (horas programadas) - 16 (horas de paradas não programadas) = 104;

tempo de utilização: $104 / 120 = 86,7\%$

b) *Problemas de qualidade do material recebido* afetando a eficiência da máquina: diminui a velocidade real da máquina em relação a sua velocidade nominal. Exemplo de eficiência de máquina:

velocidade nominal da máquina = 950 unidades/hora;

velocidade real: 81.500 unidades produzidas / 104 horas utilizadas;

eficiência: $((81.500/104) / 950) = 82,5\%$

c) *Retrabalhos e refugos/perdas*: fazem diminuir o rendimento da 1ª passagem. Exemplo de rendimento 1ª passagem:

inputs em kg: 84.000;

output em kg: 84.000 - 2.500 (perdas) - 2.000 (retrabalho) = 79.500;

rendimento 1ª passagem: $79.500 / 84.000 = 94,6\%$

As fábricas tradicionais mantêm níveis elevados de estoque para não correr o risco de perder entregas aos clientes e parar temporariamente sua linha de produção, além de ter

problemas de qualidade em retrabalhos e refugos. Além disso, essas fábricas sofrem alta variabilidade de programação dos seus clientes, o que compromete sua confiabilidade de entrega.

As fábricas enxutas, por outro lado, mantêm baixos níveis de estoque, apresentam menores problemas de qualidade e sofrem menos variabilidade de demanda dos clientes e passam programas mais estáveis aos seus fornecedores. Dessa forma, suas confiabilidades de entrega e de recebimento apresentam melhor desempenho.

No estudo de Liker e Wu os fornecedores das montadoras japoneses têm um nível baixo de entregas atrasadas - 1,38% contra 2,96% das montadoras americanas. No relatório da Andersen Consulting (1994), as empresas pesquisadas no Japão aparecem como tendo a mais alta confiabilidade nos recebimentos e nas entregas. Apenas 2,68% de recebimentos atrasados (contra 13,4% nos Estados Unidos, o pior colocado) e 0,2% de entregas atrasadas (contra 2,8% da Alemanha, a pior colocada). Este ótimo desempenho do Japão pode ser explicado tanto pela estabilidade da programação quanto pelo nível de qualidade. A variação da programação representa 5,1% no lado do fornecedor e 3,0% no lado do cliente. Sua taxa de defeito interno é de apenas 0,7% contra o pior colocado, a Alemanha com 3,3%.

Por fim, com o baixo nível de estoque das fábricas enxutas e para manter o alto nível de confiabilidade, podia se esperar que elas tenham emergências e compensem o risco de perder entregas aos clientes com despachos mais caros. O resultado é o oposto, os fornecedores das montadoras japonesas pagam US\$371 por US\$ milhão de vendas contra US\$714 das montadoras americanas. (dados do estudo de Liker e Lu).

Confiabilidade sempre precede a velocidade. Somente após as entregas ocorrerem no prazo prometido, deve se acelerar os tempos de entrega (velocidade).

4.2.3. Dimensão velocidade

Enquanto empresas tradicionais se preocupam em custos e economia de escala (tamanho), os novos concorrentes fazem da maneira como gerenciam o tempo o seu diferencial competitivo - na produção, no desenvolvimento e introdução de produto, nas vendas e distribuição - e deixando seus rivais para trás. Stalk (1988) argumenta que tempo é equivalente a dinheiro, produtividade, qualidade e mesmo inovação. Administrando tempo possibilitou as empresas líderes japonesas a

reduzirem não somente seus custos, mas também a oferecerem amplas linhas de produto, cobrirem mais segmentos de mercado e aprimorarem a tecnologia dos seus produtos.

A competição através da dimensão tempo requer mudanças tanto de caráter técnico quanto organizacional. Salles (1998) diz que é o caso de redução do tempo de *set up* onde entram mudanças de caráter mais técnico nas máquinas e equipamentos e de caráter mais organizacional, na formação de times interfuncionais aproximando projeto e fabricação.

Para Slack (1993) tempo poupa custos para a operação como dá benefícios para o consumidor. A operação torna se mais enxuta e produtiva e menos complexa, além de responder mais rapidamente ao cliente. Ele considera dois tempos: o período de tempo de demanda, D, entre o pedido e a entrega. É o fluxo de informações. Outro é o tempo total do fluxo de materiais, P, entre comprar, produzir e entregar (D).

O que se pode fazer para agilizar a operação? A maneira como as empresas respondem a esta pergunta irá determinar como elas tratam esta questão tão crucial. Slack (1993) lista algumas idéias:

- concentrar-se na eliminação de desperdícios onde nenhum valor é agregado ao produto. É a eliminação de desperdícios (“muda”) de esforços, materiais, pessoal, movimentos, esperas, transportes desnecessários, produzir além do necessário, etc (Ferro, 1990) preconizada na manufatura enxuta.
- colocar a tomada de decisões no menor nível hierárquico possível, decisões essas referente a assuntos de qualidade, manutenção, manufatura, É a melhoria contínua onde programas de *Kaisen*, círculos de controle de qualidade, times de melhoria e planos de sugestões florescem. Neste aspecto não existe nítida diferença entre as empresas classe mundial e as demais. O relatório da Andersen Consulting (1994) mostra que todas as empresas pesquisadas adotam esses programas. A diferença está apenas na forma. As fábricas japonesas de classe mundial apresentam 25 vezes mais sugestão por empregado que as não classe mundial e seus grupos de solução de problemas cobrem uma maior proporção de pessoas - 95,4% - enquanto nas demais empresas a cobertura é muito menor.
- colocar estágios de processo ou fornecedores próximas ou juntas. Aqui estamos falando do layout por célula para facilitar o manuseio do produto na passagem pelas máquinas. Quanto a proximidade de fornecedores, Taiichi Ohno estabeleceu na Toyota o enfoque de fornecedores

em níveis funcionais, ou tiers, participando no desenvolvimento dos produtos. A evolução disto foi o estabelecimento dos fornecedores ao redor da fábrica, modelo adotado pela Fiat Brasil na década de 70 quando se estabeleceu em Betim, Minas Gerais. Isto chega aos dias de hoje para no modelo dos fornecedores trabalhando dentro da fábrica da montadora. O exemplo precursor foi da fábrica de caminhões da Volkswagen em Rezende, Rio de Janeiro até chegar nos dias de hoje na fábrica da Ford em Camaçari, Bahia.

- evitar lotes grandes nas operações. Lotes grandes são consequência de longos tempos de troca, mal planejamento da demanda e dimensionamento incorreto das máquinas; típicos da produção em massa. Na manufatura enxuta fala-se do fluxo de manufatura, em que a peça é fabricada uma por vez (*one piece flow*) em um fluxo contínuo sem interrupções, com máquinas dedicadas e operando em menor velocidade.
- acentuar a confiabilidade interna, eliminando atrasos internos provocados por quebras de máquinas e melhorar o desempenho da qualidade. Já coberto nos dois itens anteriores.

É óbvio que esta lista não pretende cobrir todas as alternativas, mesmo porque elas se sobrepõem com as demais alternativas em outras dimensões competitivas. O que importa são seus resultados. O estudo da Andersen Consulting (1994) mostra que os recebimentos dos fornecedores e as entregas aos clientes são realizados mais frequentemente e as áreas de produção trabalham para encurtar o horizonte de tempo nas plantas classe mundial. Isto significa que essas plantas atendem os requisitos dos seus clientes produzindo contra pedido ao invés de suprir dos estoques. Isto é particularmente verdade nas plantas de assentos em que eles recebem instrução de produção menos de meia hora antes de iniciar montagem do assento.

Tabela 4.1 – comparativo de velocidade das empresas classe mundial e não classe mundial

Item	Tipo de planta	Assentos	Exaustão	Freios
Frequência de recebimento (recebimento a cada X horas)	CM	8,8	18,1	23,2
	NCM	16,6	45,5	67,4
Frequência de entrega (entrega cada X horas)	CM	0,9	11,9	14,7
	NCM	1,6	41,6	49,3
Tempo de instrução p/ montagem (horas antes iniciar produção)	CM	0,3	12,3	13,4
	NCM	3,5	20,7	15,8

Seguramente uma outra idéia que pode ser aplicada na agilização da operação está na eficiência dos recursos utilizados na distribuição. Métodos como *milk runs* e *cross docking* maximizam a eficiência dos recursos de distribuição. O *milk runs* é um sistema de distribuição que envolve paradas em diversos fornecedores (ou clientes) para apanhar (ou entregar) as suas cargas. No *cross docking* os produtos são recebidos, selecionados e encaminhados para outro veículo, tudo ocorrendo no mesmo local físico, onde a sincronização é obtida com a otimização dos recursos do armazém (Ching, 2001). As cargas cheias são reconfiguradas em cargas mistas e menores.

O estudo do Liker e Wu (2000) mostra que a Toyota, para compensar a distancia geográfica nos Estados Unidos (em média de 600 kms entre pontos), adotou massivamente o uso do *cross docking* e de *milk runs* fazendo a carga chegar 1.5 horas antes da necessidade na fábrica. Estes métodos são preferíveis em relação a tradicional entrega ponto-a-ponto. Este funciona melhor na situação em que uma única planta do fornecedor entrega carga suficiente de produtos para uma montadora para encher um caminhão várias vezes ao dia.

Por fim, são diversas as vantagens obtidas com a dimensão competitivas velocidade de resposta. Slack (1993) enumera algumas delas:

- permite melhores previsões: é mais fácil prever o iminente do que eventos muito futuros;
- reduz despesas indiretas: um processo mais rápido requer menos cuidado, menos empresa e esforços internos do que um processo demorado;
- reduz material em processo e menos capital de giro: menor tempo de *throughput* (termo utilizado por Rother e Shook, 1998, para designar tempo gasto para converter a matéria prima em produto acabado e o seu despacho);
- velocidade expõe problemas: gargalos e elos fracos na cadeia são expostos ao passo que estoques elevados isolam partes da operação e escondem seus problemas;

Além dessas podemos citar talvez a mais importante de todas que é o aumento do potencial de ganho de novas vendas, tirando dos concorrentes, por oferecer lhes um melhor nível de serviço.

4.2.4. Dimensão flexibilidade

As empresas japonesas classificaram flexibilidade para introduzir novos produtos e para ajustar o volume de produção como sendo a segunda e quarta prioridades competitivas (na pesquisa já mencionada na seção 4.2 deste capítulo). É certo que flexibilidade é um diferencial competitivo crítico, porém sua conceituação gera diferentes interpretações dos autores.

Slack (1993) sugere que quatro tipos e duas dimensões de flexibilidade dos sistemas de produção podem ser identificados. Os quatro tipos são:

- flexibilidade de novos produtos: relacionada à habilidade do sistema introduzir diferentes produtos ou modificar produtos já existentes;
- flexibilidade de mix: relacionada à habilidade de manufaturar uma larga variedade de produtos diferentes dentro de um determinado período;
- flexibilidade de volume: relacionada à habilidade de alterar o nível agregado de produção de um sistema produtivo;
- flexibilidade de entrega: relacionada à habilidade do sistema alterar eficazmente datas prometidas de entrega

As dimensões de flexibilidade são as seguintes:

- flexibilidade de faixa: o conjunto de habilidades ou de diferentes estados que o sistema consegue assumir;
- flexibilidade de resposta: a facilidade, em termos de tempo, custo e esforço organizacional com a qual o sistema é capaz de mudar de estado ou de atividade, dentro do dado conjunto de habilidades.

Cruzando os quatro tipos e as duas dimensões, podemos encontrar a tabela abaixo:

Tabela 4.2 – tipos e dimensões de flexibilidade

Tipos de flexib. de sistema	Flexib. de faixa	Flexib. de resposta
Flexib. de produto - introduzir novos produtos ou modificar os existentes	A faixa de produtos que a empresa tem capacidade de produzir	Tempo para desenvolver ou modificar o produto e processo até produção iniciar
Flexib. de mix - mudar a variedade dos produtos dentro de um período	A faixa de produtos que a empresa pode produzir em um dado período.	Tempo para ajustar o mix de produtos que está sendo manufaturado
Flexib. de volume - habilidade de mudar o nível agregado de saídas da operação.	Nível absoluto de saída agregada que a empresa pode atingir para dado mix de produtos	Tempo que leva para mudar o nível de saída agregado
Flexib. entrega - mudar datas de entrega assumidas	Quanto podem ser antecipadas as datas de entrega	Tempo para reprogramar a manufatura de modo a replanejar para novas datas

A flexibilidade de uma operação, para Slack, depende da flexibilidade dos seus recursos individuais: os estruturais - tecnologia de processo e recursos humanos - e os infra estruturais - a rede de suprimentos, sendo os sistemas, relações e canais de comunicação. Vide figura 4.2 abaixo adaptada de Slack.

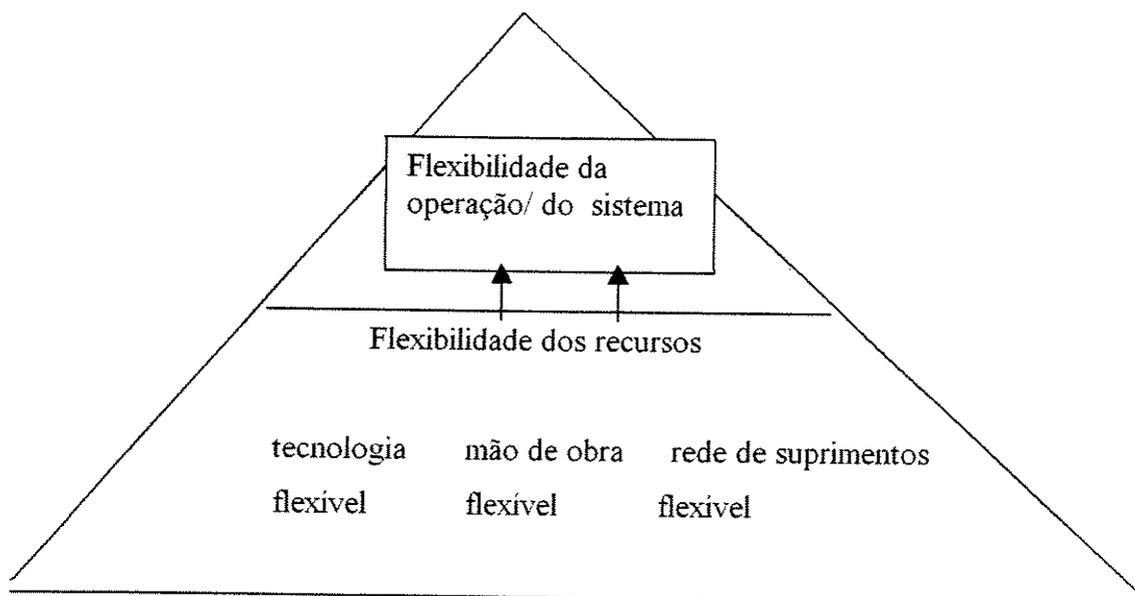


Figura 4.2: flexibilidade dos recursos individuais de uma operação

Dessa forma, a operação pode ser mudada rapidamente para se adaptar a um novo mix, a um novo volume ou uma nova data de entrega; recursos humanos podem ser transferidos, suas tarefas podem ser transferidas ou ter capacidade de realizar hora extra; redes de suprimento podem ser reprogramados rapidamente, mão de obra nova ou temporária pode ser recrutada, novos itens adquiridos.

A flexibilidade deve ser entendida não apenas como ser capaz de fazer, mas também de fazer no menor tempo possível. Portanto a dimensão tempo não pode ser dissociada e demonstra a relação de sinergia entre as diferentes dimensões (Salles, 1998). Salles trabalha com apenas dois tipos de flexibilidade:

- de mix de produtos: competência em promover modificações nos tipos de produtos produzidos;
- de volume: capacidade de se alterar o volume de produção para um dado mix de produtos

Flexibilidade é normalmente considerada como uma resposta às incertezas do meio ambiente (Gupta e Goyal, 1989). Através da identificação de alguns tipos de incertezas pode se determinar a resposta adequada de flexibilidade para cada tipo. A tabela abaixo adaptada de Gerwin (1993) mostra algumas dessas dimensões de flexibilidade:

Tabela 4.3 – dimensões de flexibilidade

Tipos de incerteza	dimensão de flexibilidade
aceitação pelo mercado dos tipos de produtos	planta com flexibilidade mista
extensão dos ciclos de vida do produto	substituição de produtos
específicas características de produto	modificação
parada de máquina	rearranjo de máquinas
característica dos materiais	material

Os primeiros três tipos de incerteza e dimensões são orientados ao mercado, uma vez que as incertezas existem na demanda por produtos. Os outros dois são orientados ao processo de manufatura porque suas incertezas existem ou na tecnologia ou nos seus inputs. Para lidar com as incertezas do ambiente, a empresa precisa ter uma estratégia clara de manufatura que possibilite uma manufatura flexível.

Corrêa (1993) foca seu interesse na análise da flexibilidade apenas dos recursos estruturais de produção, isto é, os humanos e tecnológicos, deixando de lado os recursos infra-estruturais. Quanto à flexibilidade dos recursos tecnológicos (instalações e equipamentos), os custos, o tempo e o esforço organizacional para a realização da troca de produtos nas máquinas parecem considerações relevantes na flexibilidade de resposta (termo usado pelo Slack). Duas formas de obter melhor desempenho nas trocas: automação flexível e o uso de equipamento convencional e modular, combinado com métodos adequados.

Ayres (1992) suporta a flexibilidade dos recursos tecnológicos e defende a importância de sistemas flexíveis de manufatura como uma possibilidade de redução do tempo de produção. Veja figura 4.3 abaixo adaptada do Ayres.

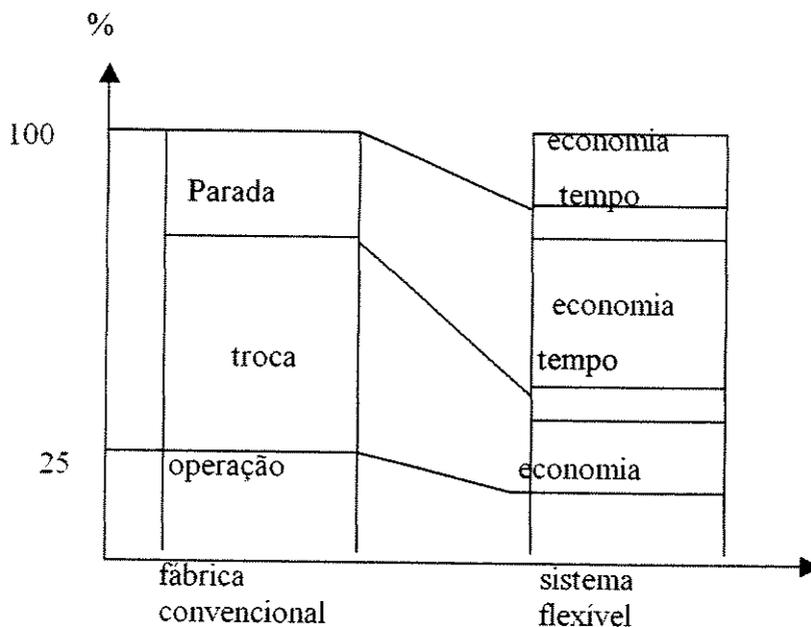


Figura 4.3: importância da flexibilidade da manufatura

Quanto à flexibilidade dos recursos humanos, Corrêa conclui dizendo que a nova realidade requer tomada de decisão descentralizada, certa habilidade de resolver problemas não repetitivos, alguma habilidade de planejamento e autocontrole por parte de quem executa o trabalho, ou seja, um certo nível de habilidades gerenciais além da excelência técnica. O estilo de supervisão deve mudar de diretivo para facilitador, ênfase no aprendizado contínuo e formas de compensação que devem ser baseadas também no desempenho grupal.

Como se pode perceber do tratamento dado pelo vários autores a respeito da dimensão flexibilidade, todos concordam da sua importância para a estratégia de manufatura. Alguns divergem quanto a forma, como obter o melhor, mas não quanto ao seu conceito. Um fato que todos concordam é quanto a redução do tempo de troca de máquina (*set up*) como ponto crítico para se conseguir flexibilidade. Quanto menos relevante os custos de preparação de máquinas, que são custos fixos, menos relevantes as economias de escala e a produção de pequenos lotes se torna tão econômica quanto a de lotes grandes. Este é um dos alicerces da manufatura enxuta que a permite produzir lotes menores e de grande variedade de produtos a custos similares aos de produzir lotes grandes e de baixa variedade, típicos de produção em massa.

Por fim, flexibilidade tem um profundo inter-relacionamento com as demais dimensões. Ela dá melhor confiabilidade ao processo através de trocas rápidas; reduz custos por manter menores estoques em processo e menos capital imobilizado, além de aumentar velocidade, com lotes pequenos e fluxos rápidos. Mas ela deve ter um tratamento particular, concentrando esforços para melhorar a flexibilidade dos seus recursos individuais - tecnologia, humanos e rede de suprimentos.

4.2.5. Dimensão custo

O desempenho de uma empresa nesta dimensão reveste-se de importância fundamental e se integra às demais dimensões competitivas. Neste ponto concordam Salles (1998) e Slack (1993). Salles esclarece que o tema custos não é mais suficiente para a sobrevivência da empresa, porquanto as demais dimensões competitivas são igualmente importantes neste clima de competição mais acirrada. Este clima reforça a necessidade de alta produtividade traduzida em menores custos, seja dos diretos como dos indiretos de fabricação.

Slack considera que a manufatura de baixo custo é um objetivo desejável para a empresa, mesmo quando o sucesso competitivo não é prioritariamente uma questão de vencer nos preços. Melhorar a qualidade do produto, o tempo de entrega, a pontualidade e a flexibilidade operacional terão por certo impactos nas receitas e nos resultados financeiros e no caixa da empresa. Não importa os objetivos da empresa serem ditados pelas prioridades competitivas, o fator custo continua importante. Para ele os determinantes de custo, ou os *cost drivers*, seriam os seguintes:

- os custos são modificados por **volume**. Ao analisarmos esta afirmação, precisamos entender como os custos se comportam, isto é, como os custos reagirão ou responderão a mudanças no nível de atividade. Como o nível de atividade sobe ou desce, determinado custo também poderá aumentar e diminuir ou permanecer constante. Assim, os custos têm comportamento variável ou fixo. Um custo é variável quando o custo total cresce e diminui à medida que o nível de atividade cresce ou diminui. No entanto alguns custos variáveis se comportam de modo escalonado. Segundo Garrison e Noreen (2001) um custo que se mantém constante em amplas faixas de atividade e que aumenta ou diminui apenas em resposta a variações razoavelmente grandes no nível de atividade é denominado de custo variável escalonado. Exemplo disso seria custo de mão de obra de manutenção.

Um custo é fixo quando permanece constante, independente das alterações no nível de atividade. No entanto, ele só é fixo dentro de um intervalo relevante. Este intervalo é a faixa de atividade dentro da qual são válidas as hipóteses sobre custo variável e fixo, de acordo com Garrison e Noreen (2001). Eles seguem dizendo que os custos fixos podem criar dificuldade, se for necessário exprimir os custos em base unitária, porque, nesse caso, eles reagem inversamente às variações da atividade. Isto pode ser melhor ilustrado no exemplo a seguir:

	Horas de operação			
	5.000	6.000	7.000	8.000
custo total: \$				
custos variáveis	20.000	24.000	28.000	32.000
custos fixos	168.000	168.000	168.000	168.000
custo total	188.000	192.000	196.000	200.000
custo por hora: \$				
custo variável	4,00	4,00	4,00	4,00
custo fixo	33,60	28,00	24,00	21,00
custo total	37,60	32,00	28,00	25,00

De fato, o custo total é modificado por volume. O custo variável total aumenta proporcionalmente ao número de horas de operação, mas permanece constante no seu unitário, \$4. No entanto, o custo fixo total permanece constante neste intervalo relevante enquanto o custo fixo por hora diminui à medida que as horas de operação aumentam (o custo fixo se distribui por uma base maior).

Esta é uma das falhas da contabilidade de custo tradicional. Os produtos são onerados com recursos que não utilizam. Quando os custos fixos da capacidade são distribuídos pela atividade superestimada, as unidades produzidas devem suportar os custos da capacidade ociosa e com isso o custo total sobe. A contabilidade tradicional tenta minimizar o custo dos produtos porque se pressupõe que quanto menor for o custo de um produto, maior será o lucro da empresa. Este raciocínio errôneo aparece em uma situação descrita no livro de Womack et al (1992) em que o gerente de programa de um novo produto na GM identificou um fornecedor externo com preço menor. O fornecedor interno da GM explica à direção da empresa que a perda do negócio redundará no aumento do custo de peças similares para outros produtos da GM porque ele ficará com capacidade ociosa e a economia de escala será perdida. Na cabeça deste fornecedor interno, o custo da sua área será diluído por um volume menor e, assim, todas as peças sofrerão aumento do custo.

Os críticos deste raciocínio são da opinião de que os produtos devem ser onerados em função somente da capacidade que utilizam. Os custos da capacidade ociosa não são levados aos produtos; devem ser mostrados separadamente na demonstração de resultado como despesa do período. Isso traz como resultado custos unitários mais estáveis e apropriam-se aos produtos apenas os custos por eles efetivamente provocados. Outros críticos, adeptos da teoria das restrições, crêem que a contabilidade de custos não consegue fornecer boas informações por pressupor que todos os recursos da empresa são igualmente importantes e, portanto, melhoria em qualquer dos recursos seria suficiente para melhorar o custo do produto. Para eles, o mundo do custo tenta minimizar custos unitários achando que isso melhora a lucratividade da empresa; porém o que importa é o custo total da empresa. A resistência de uma corrente é determinada pelo elo mais fraco (chamado de restrição), o que quer dizer que reforçando a sua resistência reforçaremos toda a corrente (Corbett, 1997).

- custos modificados pela **variedade**: implica nos custos de tecnologia (de sistema de controle, do manuseio de materiais, dos tempos de troca) e custos indiretos para gerenciar esta complexidade (significando mais esforço de compras, mais logística de processos, mais roteiros, mais espaços etc).

O relatório da Andersen Consulting (1994) mostra que complexidade é sinônimo de variedade de produto e é medido como sendo o número de partes por unidade. Assim, no sistema de exaustão e freios as empresas classe mundial produzem um portfolio de produtos mais variado e de contínua mudança do que as não classe mundial. O sistema de exaustão é o produto que apresenta maior variedade - quase 600 partes por unidade e 90% recente (dos últimos 12 meses), seguido de freios - 360 partes e 15% recente. Quando olhamos os indicadores de qualidade e produtividade, notamos que o alto desempenho dessas plantas (vide detalhes na dimensão qualidade) não é devido à linha de produtos mais estreita e estável. Muito pelo contrário, a complexidade não compromete o desempenho. O que nos leva a concluir que a variedade não deve afetar os custos das empresas enxutas porque elas se preocupam entre outros aspectos em aproveitar melhor a utilização do espaço, reduzir os tempos de troca etc.

A variedade pode ser uma arma na competitividade. A empresa não deveria reduzir a variedade, mas acomodá-la de maneira menos custosa. Como? Aumentando a sua flexibilidade - mudar rapidamente e de forma barata de um produto para outro (vide dimensão flexibilidade).

- custos modificados pela **variação** no volume de venda esperado da operação ao longo de um período. Uma forma que as empresas encontram para acomodar esta situação é manter altos níveis de estoques e conseqüentemente os custos são alterados - custos de estocagem, de espaço, de capital de giro, de manuseio das mercadorias etc. Clientes que freqüentemente alteram suas demandas criam distúrbios consideráveis ao longo da cadeia de suprimentos, necessitando de ajustes na mão de obra, necessidade de material e outros recursos.

Na manufatura enxuta a variação no volume e na programação ocorre com muito menor intensidade e conseqüentemente o custo não se modifica. Seu sucesso depende de uma programação nivelada e estável por parte dos clientes. Fornecer aos fornecedores pedidos estáveis e demanda regular sem picos é essencial neste sistema com baixos níveis de estoque.

No trabalho de Liker e Wu (2000), as montadoras japonesas alteram em 16% a programação dos pedidos aos fornecedores uma semana antes da necessidade do produto contra 25% das montadoras americanas.

No relatório da Andersen Consulting (1994), as fábricas classe mundial necessitam de menos tempo entre pedido e despacho, assim como seus fornecedores. Vide tabela abaixo.

Tabela 4.4 – comparativo de tempo entre pedido e despacho

Item	Tipo de planta	Assentos	Exaustão	Freios
Tempo entre pedido ao fornecedor e despacho (em horas)	CM	48	24	24
	NCM	96	96	204
Tempo entre pedido do cliente e despacho (em horas)	CM	1.4	21.6	16
	NCM	4.1	24.0	24
Variabilidade da programação para fornecedor principal	CM	4,5%	5,0%	4,8%
	NCM	7,3%	8,3%	9,2%
Variabilidade da programação do cliente principal	CM	2,5%	8,3%	4,4%
	NCM	7,0%	6,7%	8,4%

Clientes que não nivelam a programação impõe seu caótico sistema aos seus fornecedores e eles pagam o custo de manter níveis altos de inventário. As empresas enxutas resolvem o problema de variação na demanda e devotam mais tempo para atividades que agregam valor, como melhorias na qualidade, redução de custos e eliminação de desperdícios.

Por fim, como se pode economizar custos? Certamente não existe uma resposta padrão e universalmente aceita. Slack (1993) argumenta que a melhoria na parte de desempenho de custo depende dos outros objetivos de desempenho como qualidade, velocidade, confiabilidade e flexibilidade. Para ele, fábricas produtivas tendem a:

1. ter menos material em processo e a conseqüência disso ter fluxo mais rápido;
2. investir em programas de qualidade;
3. apresentar números de perdas e refugos menores;
4. fazer tentativas para balancear a capacidade, para evitar gargalos no fluxo de material
5. tentar reduzir a confusão e estabelecer a estabilidade na operação

4.3 Sumario

Podemos concluir afirmando que todas as dimensões competitivas discutidas são indispensáveis, tem sua importância relativa e se entrelaçam de tal maneira que acabam impactando na dimensão custo para a empresa. O diferencial está na maneira como a manufatura enxuta consegue lidar com as cinco dimensões competitivas simultaneamente, sem nenhum conflito entre elas. A manufatura tradicional tem que fazer opção entre ser de baixo custo ou alta qualidade ou rápido tempo de resposta ou ser flexível ou confiável. Ou então qualquer combinação entre essas alternativas, mas não todas elas ao mesmo tempo.

A manufatura enxuta, na correta utilização dessas dimensões, criará capacidades operacionais que os clientes valorizam. Assim:

Percurso rápido reduz custos (fluxo): material que se move rapidamente demanda menos estoques, atrai menos custos indiretos e encoraja a confiabilidade de entrega que o cliente valoriza;

Confiabilidade interna reduz custos: se tudo (partes, materiais e informações) é transferido dentro da operação como planejado; custos indiretos com *follow up* de entregas e com reprogramação são eliminados. Além disso, pequenos desvios na programação podem ser mais rapidamente acomodados. Permite que o fluxo seja acelerado, isto é, sem confiabilidade interna não existe valor em se acelerar o fluxo;

Qualidade maior reduz custos: redução de retrabalho, refugo e desperdícios. Menos erros significam mais confiabilidade interna e reduzem o tempo de fluxo (velocidade);

Maior flexibilidade reduz custos: aumento da flexibilidade de trocas reduz tempo de fluxo. Flexibilidade também aumenta a confiabilidade interna.

A redução de custo se apóia em fundações cumulativas de melhoria em outros objetivos de desempenho conforme ilustrado na figura 4.4 abaixo:

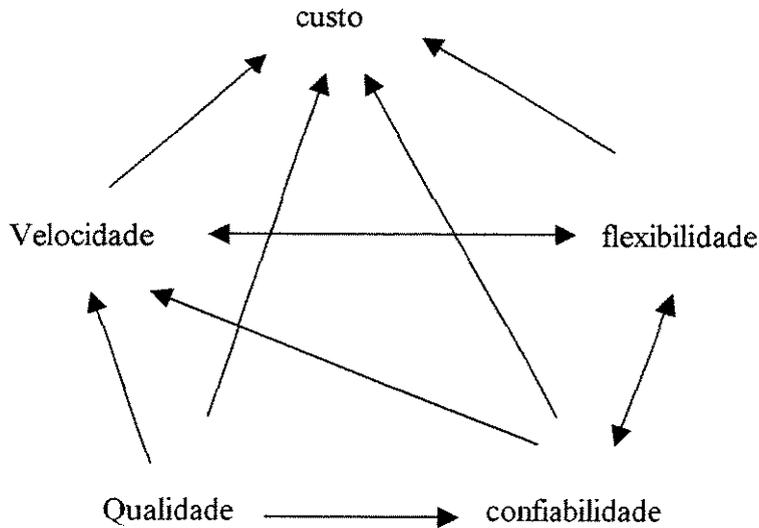


Figura 4.4 - ligação dos objetivos de desempenho (adaptada do livro de Slack)

O desafio está em desenhar um sistema de manufatura enxuta que enderece essas cinco dimensões competitivas e assim, criar vantagens competitivas. A habilidade da metodologia do projeto axiomático em identificar os requisitos funcionais para as diferentes facetas de um projeto de sistema torna-o uma metodologia adequada no desenho do sistema de manufatura (Houshmand e Jamshidnezhad, 2002). Isto será detalhado no capítulo cinco.

Capítulo 5

Uma proposta de um modelo de mensuração de desempenho

5.1 Introdução

Este é o capítulo em que as ações da manufatura são amarradas com os objetivos estratégicos do modelo de negócio da empresa, ações essas expressas através de requisitos funcionais e parâmetros de projeto na decomposição do projeto do sistema de manufatura enxuta. Este sistema de manufatura enxuta está focado nas cinco dimensões competitivas de modo que as ações decorrentes deste sistema atendam os objetivos estratégicos. A garantia de que isso ocorrerá se dará por meio do alinhamento das medidas de desempenho do sistema de manufatura enxuta aos objetivos da empresa, desenvolvendo assim uma proposta de um modelo de mensuração de desempenho.

Para auxiliar no desenvolvimento desta proposta, foram analisados seis modelos de mensuração, enquanto que no desenho do sistema de manufatura enxuta foi utilizada a abordagem do projeto axiomático.

5.2 A respeito de mensuração de desempenho e o modelo de negócio da empresa

Para Jonhston e Clark (2002) um propósito chave da mensuração de desempenho é fornecer *feedback*, isto é, que ação pode ser adotada para manter um processo sob controle. Isso exige um *loop* de controle completo, com medidas e indicadores de desempenho, meio de checagem de desvio, mecanismos de *feedback* e adoção de ações corretivas. As medidas podem fornecer um meio poderoso de impulsionar a melhoria, assumindo controle sobre o que está sendo mensurado.

No entanto, o que ocorre nas empresas são medidas de desempenho conflitantes e pressões em cima dos gerentes, sejam elas externas provocadas por perda de mercado, clientes insatisfeitos ou pressões internas provocadas pela necessidade de mudança da empresa. Jonhston e Clark (2002) identificam dois tipos de pressão: os determinantes e os resultados. É pouco útil impulsionar uma empresa apenas para saber quais são os resultados (dados financeiros e dados externos) se não há meios de saber o que os está determinando. Inversamente, impulsionar uma empresa apenas pelos determinantes (dados operacionais e de desenvolvimento) não leva ao entendimento dos resultados das ações tomadas. Ambos são necessários em todos os níveis de uma empresa para ajudar a entender os relacionamentos entre ação e resultados.

Se bem aplicado isto leva a um conjunto balanceado de medidas de desempenho, fazendo com que os colaboradores entendam os vínculos entre essas várias medidas que podem melhorar seu processo de tomada de decisão (Conaghan, 1999). Isto ajuda a criar uma estrutura de mensuração de desempenho que una os objetivos estratégicos da empresa com as operações. Os gerentes começam a perceber os efeitos da sua ação nos alvos escolhidos, alvos esses que devem apoiar os objetivos estratégicos da empresa. Por fim, as empresas que conseguem transformar a estratégia em sistema de mensuração serão mais hábeis para implementá-la e assim atingir seus objetivos estratégicos.

Estabelecer e concordar nos seus objetivos estratégicos e estratégias pode parecer obvio, mas um desafio que muitas empresas deparam é que a administração pode manter diversos modelos mentais de que negócio as empresas estão presentes e como elas criam valor. Uma maneira de superar este obstáculo é da administração concordar na lógica fundamental pela qual a empresa cria um valor econômico sustentável, a maneira como ela funciona e é gerenciada – um *modelo de negocio* para onde ela quer ir (KPMG, 2001).

Para efeitos do modelo de mensuração de desempenho deste trabalho, o modelo de negocio proposto pode ser visualizado na figura adiante:

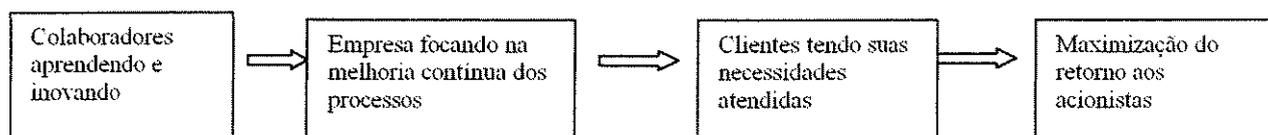


Figura 5.1 Modelo de negocio proposto

Este modelo de negocio é visto como um conjunto causal de relacionamentos, liga a satisfação dos colaboradores para a melhoria continua da empresa em que trabalham, passando pela satisfação dos clientes e derradeiramente para o desempenho financeiro. Fazendo isto, a administração pode enxergar como uma mudança na satisfação dos colaboradores irá afetar, ao longo da cadeia de causa-efeito, o desempenho financeiro da empresa.

Começando do lado direito, o objetivo final é maximizar o retorno do investimento dos acionistas. Acreditamos que isso venha de clientes satisfeitos nas suas necessidades e expectativas. Clientes satisfeitos vem de marketing efetivo, de produtos com qualidade, rapidez de resposta às suas necessidades, flexibilidade em alterar seus pedidos quando necessário, confiabilidade na entrega dos produtos e preço justo, entre outros aspectos. A empresa está dando aos clientes a informação que necessitam para tomar decisão sobre a compra dos produtos e comparar com as empresas concorrentes. Um sistema de manufatura deve ser desenhado para atingir simultaneamente todas essas possibilidades aos clientes ao menor custo possível. A empresa, enquanto entidade viva, necessita que seus processos estejam permanentemente racionalizados, enxutos e com desperdício mínimo refletindo, assim, um clima de melhoria continua. Por fim, o foco na melhoria continua vem como resultado das aptidões, competências e habilidades dos colaboradores que anseiam por um ambiente de trabalho que lhes dêem possibilidade de aprendizagem e crescimento.

5.3 Modelo de Mensuração de desempenho

Um efetivo modelo de mensuração deve estar apto para responder a três perguntas: *porque* a empresa está medindo? Aqui se trata dos objetivos estratégicos. A segunda pergunta é *o que* a empresa necessita medir? São os resultados que se espera alcançar. E a terceira pergunta é *como* a empresa irá fazer para atingir os resultados? São as ações a serem tomadas. As ações levam a resultados que, por sua vez, são derivados dos objetivos estratégicos. O objetivo final de um modelo de mensuração de desempenho é manter a empresa competitiva agregando valor aos produtos e aprimorando a satisfação dos clientes.

Conforme visto no modelo de negocio acima proposto, vários objetivos estratégicos, alem do financeiro, devem ter igual importância na criação de valor da empresa e, portanto medidas de desempenho devem refletir esses aspectos financeiros e não financeiros e estarem alinhadas com

os objetivos. Transformar a estratégia em sistema de mensuração e implementá-la é a chave para atingir os objetivos estratégicos. A figura 5.2 abaixo ilustra a lógica do modelo proposto de mensuração de desempenho.

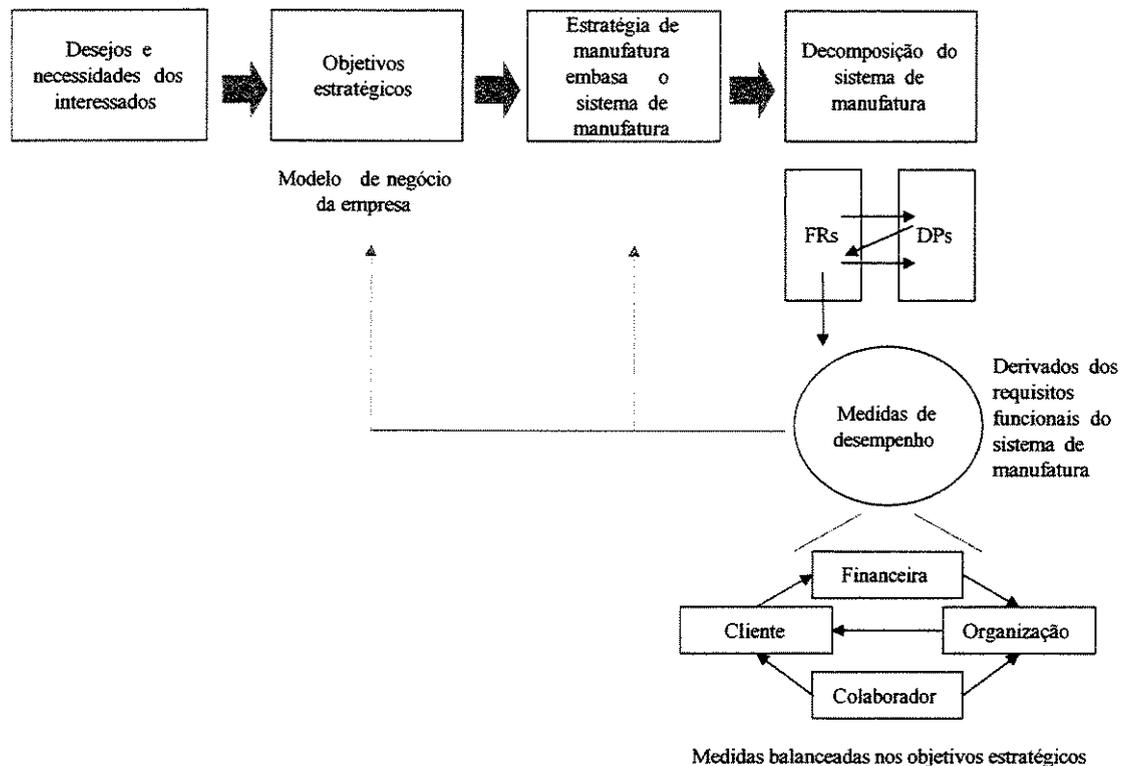


Figura 5.2 – lógica do modelo proposto de mensuração de desempenho

Os interessados da empresa manifestam os seus desejos e necessidades que se transformam nos objetivos estratégicos da empresa. Estes objetivos, em uma relação de causa e efeito, formam o modelo de negocio da empresa que é a maneira como ela irá criar um valor econômico sustentável no ambiente competitivo atual. Deste modelo deriva a estratégia de manufatura que embasa o projeto do sistema de manufatura enxuta. Este sistema de manufatura enxuta, por sua vez, permite realizar as cinco dimensões competitivas simultaneamente, sem conflito entre elas, criando vantagens diferenciais e assim, atendendo os objetivos estratégicos do modelo de negocio. A decomposição deste projeto de sistema de manufatura reflete a decomposição desses objetivos estratégicos em requisitos funcionais (objetivos, os *o que*) e parâmetros de projeto (soluções, os *como*) necessários para realizar esses objetivos. Medidas de desempenho são então associadas aos requisitos funcionais e alinhadas ao sistema de manufatura em uma relação de causa e efeito. Dessa forma asseguram que os objetivos estratégicos estão sendo atingidos

fechando assim, o *gap* existente nos modelos de mensuração de desempenho entre os objetivos e as medidas.

O alinhamento das medidas de desempenho ao sistema de manufatura assegura que elas mantenham o balanceamento nos quatro objetivos do modelo de negocio, fazendo com que os colaboradores entendam os vínculos entre essas várias medidas. Desse modo, um aumento na satisfação dos colaboradores irá afetar positivamente a satisfação dos clientes e o desempenho financeiro da empresa, melhorando o processo de tomada de decisão deles.

O que este modelo de desempenho proposto tem de novo ou diferente em relação aos seis modelos pesquisados?

- A exemplo do ValueReporting, este modelo fornece maior transparência a respeito dos objetivos da empresa, como ela irá criar valor, bem como seu desempenho financeiro; no entanto se diferencia dela alinhando as medidas com os objetivos e estratégias da empresa.
- Diferentemente do modelo da KPMG, as medidas tradicionais se integram em uma relação de causa-efeito com as necessidades das áreas ditas emergentes. O modelo de negocio é derivado dos objetivos estratégicos da empresa que, por sua vez, refletem os desejos e necessidades dos nossos interessados (*stakeholders*). Além disso, as medidas de mensuração facilitam a implementação da estratégia da empresa.
- O modelo proposto, além de contemplar vários aspectos dos componentes do capital intelectual do modelo focado em intangíveis, não privilegiou apenas um único fator ou objetivo estratégico que contribua significativamente para a criação do valor da empresa. Ao contrario, ele contempla um conjunto de objetivos em uma relação de causa e efeito, todos de igual importância.
- Propõe-se a troca do objetivo financeiro proposto nos modelos de VBM/EVA – maximização da riqueza do acionista – por outro mais fácil de ser mensurado neste modelo proposto – maximização do retorno do investimento do acionista. É custoso e difícil acompanhar o valor da empresa, especialmente quando ela não tem ações transacionadas em Bolsa de Valores; em contrapartida o calculo do retorno do investimento é de maior simplicidade. O modelo proposto não se preocupa apenas com os direcionadores de valor (que representam os requisitos funcionais), mas também em como atender esses direcionadores, que são os parâmetros de projeto.

- A possibilidade de se trabalhar com vários interessados, prerrogativa do *Perfromance Prism*, é considerado no domínio dos interessados (na abordagem do projeto axiomático, base estrutural do modelo sugerido) onde eles colocam suas necessidades e se transformam nos objetivos estratégicos da empresa. No modelo proposto apenas os interessados acionistas, clientes e colaboradores foram considerados.
- Por fim, a preocupação do modelo proposto está em traduzir e alinhar os objetivos estratégicos às medidas de mensuração operacionais, no caso aos níveis hierárquicos inferiores da empresa. À medida que se decompõe o projeto de sistema de manufatura, mais níveis hierárquicos estão sendo envolvidos no modelo. O enfoque do *Balanced Scorecard* está mais voltado ao nível sênior da empresa.

Percebe-se claramente que este modelo de mensuração de desempenho proposto responde às três perguntas anteriormente formuladas: *Porque* a empresa está medindo? Para se assegurar que os objetivos estratégicos formulados no seu modelo de negocio estão sendo cumpridos; *O Que* a empresa necessita medir? Os resultados que ela espera alcançar, isto é, a decomposição desses objetivos em requisitos funcionais do sistema de manufatura; *Como* a empresa irá fazer para atingir os resultados? Através dos parâmetros de projeto necessários para realizar esses objetivos. São as relações de causa e efeito entre determinantes (ações) e resultados (vide seção 5.7 adiante).

5.4 Escolha das medidas de desempenho

De acordo com Neely e Adams (2002), são quatro as finalidades das medidas: a) elas são necessárias para os gerentes se assegurarem que as estratégias escolhidas estão sendo de fato implementadas; b) elas podem ser usadas para comunicar aquelas estratégias dentro da empresa; c) medidas podem ser aplicadas para encorajar e incentivar implementação da estratégia; d) uma vez disponível, os dados podem ser analisados e usados para questionar se as estratégias estão funcionando como planejado.

Na pratica, pouco disso acontece nas empresas. Encontramos com alguma freqüência enfoques tradicionais de mensuração de desempenho que se caracterizam em utilizar medidas de desempenho quase sempre dissociadas dos objetivos estratégicos da empresa. Segundo Loren Gary (2002) somente após os objetivos estratégicos terem sido determinados é que a empresa

identifica medidas para monitorar seu progresso. Estes objetivos devem compreender eficiência operacional (resultados de curto prazo), gestão do cliente (resultados de médio prazo) e inovação de produto (de longo prazo).

Em outras ocasiões, são medidas baseadas em características setoriais ou departamentais ou ainda nas expectativas ou necessidades de cada gerente, tornando-se assim quase que pessoais. Um outro viés forte dos enfoques tradicionais é o fato das medidas serem na sua maioria financeiras focando os resultados e não os seus direcionadores. Hayes et al (1988) argumentam que medidas financeiras são estreitas em foco e estáticas em perspectiva. Para esses autores, para ser útil no suporte das vantagens competitivas na manufatura, as medidas tem que ser amplas e integradas para serem usadas nos diferentes níveis da empresa para diferentes propósitos.

Calarge, na sua tese de doutorado (2000), escolhe suas medidas de desempenho com base no caráter determinístico ou não determinístico do requisito funcional. Assim, um requisito funcional de caráter determinístico seria aquele representado por um verbo que indica uma ação de caráter conclusivo, a qual independe de interpretações pessoais e subjetivas sobre seu entendimento. Como exemplo no modelo proposto de mensuração de desempenho, pode-se citar: FR31 (entregar produtos conforme qualidade compromissada), ou ainda FR412 (aumentar volume de venda). Um requisito funcional de caráter não determinístico seria aquele representado por um verbo que indica uma ação de caráter não conclusivo, a qual depende de interpretações pessoais e subjetivas sobre seu entendimento e do contexto em que se insere. Alguns exemplos seriam FR1 (propiciar aprendizado e crescimento dos colaboradores) e o FR2 (melhorar continuamente os processos organizacionais).

As medidas devem estar associadas nos requisitos funcionais e em tese uma medida distinta para cada requisito funcional. Na prática, não há razão para se ter essa rigidez, uma vez que a contínua verificação do alcance ou não alcance da meta estipulada para as medidas associadas aos requisitos de níveis hierárquicos inferiores serão suficientes para indicar se o requisito funcional de nível superior está sendo atingido ou não. Se for considerado ainda o caráter determinístico ou não do requisito funcional, verifica-se que geralmente os requisitos de nível hierárquico superior tem esse caráter não determinístico, o que dificulta associar uma medida de desempenho objetiva.

Uma última observação a respeito das medidas de desempenho é que as medidas da alta gerencia são derivadas dos requisitos funcionais de nível mais alto da decomposição do projeto do sistema de manufatura. As medidas do nível intermediário da empresa são derivadas dos requisitos do nível médio da decomposição e elas podem variar dependendo da responsabilidade dos indivíduos, uma vez que eles são responsáveis por um pedaço da empresa. Mais medidas de desempenho específicas aparecem à medida que o nível da decomposição vai descendo porque mais requisitos funcionais são desenvolvidos e são necessários para suportar os requisitos de nível superior. Esses requisitos e suas respectivas medidas são pertinentes ao nível operacional da empresa.

Uma lista completa das medidas de desempenho do modelo proposto de mensuração pode ser vista na seção 5.8. As medidas da alta gerencia da empresa são as do 1º nível da estrutura hierárquica do projeto do sistema de manufatura. As medidas do nível intermediário são as do 2º nível hierárquico e as medidas do nível operacional da empresa são as do 3º nível hierárquico.

5.5 O projeto do sistema de manufatura enxuta e o alinhamento da mensuração de desempenho

Foi mencionado na seção 1.4 do capítulo um a utilização da abordagem do projeto axiomático como a ferramenta para desenvolver o projeto de um sistema de manufatura. A aplicação desta abordagem para projetos de sistema de manufatura enquanto modelo genérico de projeto tem encontrado respaldo na literatura – vide Suh et al (1998) e Cochran et al (2000). Houshmand e Jamshidnezhad (2002) utilizaram o projeto axiomático como um roteiro para a produção enxuta, porém específico para uma linha de montagem de carroceria de um automóvel.

De acordo com Suh et al (1998) a combinação específica dos elementos do sistema de manufatura é ditada pelos requisitos funcionais escolhidos no sistema. Em outras palavras, o desenho ou projeto de um sistema de manufatura depende da escolha dos requisitos funcionais que o sistema deve satisfazer para atender os objetivos da empresa. O que será desenvolvido daqui em diante é a aplicação da abordagem do projeto axiomático para um projeto de sistema de manufatura enxuta capaz de atender os objetivos estratégicos do modelo de negócio.

A novidade é utilizar esta abordagem para desenvolver medidas de desempenho que estejam alinhadas com os objetivos estratégicos. Projeto axiomático revela as relações de causa e

efeito dos requisitos funcionais do sistema de manufatura e os correspondentes parâmetros de projeto e claramente apresenta essas relações através dos procedimentos de decomposição do projeto de sistema (Cochran et al 2000). (nota: estes autores utilizaram o projeto axiomático para alinhar as medidas de desempenho com o sistema de manufatura, mas em um estudo comparativo entre a manufatura em massa e a manufatura enxuta).

As matrizes de projeto nada mais são que cadeias de causa e efeito entre seus determinantes (causa) e o resultado das ações tomadas (efeito). Johnston e Clark (2002) dizem que os determinantes, ou as ações estão preocupados *como* os resultados são obtidos, e os resultados envolvem *o que* a empresa tem realizado. Os determinantes são os parâmetros de projeto (*como* queremos atingir) enquanto que os resultados são os requisitos funcionais (*o que* queremos atingir). Vide lista completa dos determinantes e resultados dos quatro objetivos do modelo de negocio na seção 5.7 adiante.

Os requisitos funcionais foram caracterizados por verbos, enquanto os parâmetros de projeto foram caracterizados por substantivos. Assim, os FRs caracterizam-se fundamentalmente por uma ação, ao passo que os DPs indicam os objetos pela qual tal ação se consolida. Calarge (2000) lembra que esta situação de causa e efeito permite ao modelo de mensuração de desempenho a possibilidade de captar as transformações ocorridas, mantendo um dinamismo no estabelecimento de medidas que realmente pudessem refletir as necessidades e desejos dos interessados.

5.5.1 Decomposição do projeto de sistema de manufatura enxuta

Para melhor entendimento da decomposição do projeto de sistema de manufatura enxuta e da terminologia usada, sugere-se a leitura da seção 5.8 deste capítulo, onde contém uma explicação sumária sobre a metodologia do projeto axiomático.

A decomposição do projeto de sistema de manufatura reflete a decomposição desses objetivos estratégicos em requisitos funcionais (objetivos, os *o que*) e parâmetros de projeto (soluções, os *como*) necessários para realizar esses objetivos. A metodologia do projeto axiomático inicia-se com o domínio dos clientes ou interessados, pelo entendimento das suas

necessidades e desejos. Essas necessidades transformaram-se em quatro objetivos estratégicos contidos no modelo de negócio da empresa. Relembrando, esses objetivos são os seguintes:

- objetivo de satisfazer os colaboradores da empresa nos seus anseios de aprendizagem e crescimento;
- objetivo voltado à empresa interna refletindo um clima de melhoria contínua dos seus processos;
- objetivo de satisfação ao cliente refletindo as suas necessidades;
- objetivo financeiro refletindo as necessidades dos acionistas da empresa e a administração da empresa (maximização do retorno do investimento).

O passo seguinte é passar para o domínio funcional onde estes objetivos são especificados em termos de requisitos funcionais. Isto significa determinar os requisitos funcionais de mais alto nível da estrutura hierárquica no domínio funcional. Para o modelo proposto foram definidos os seguintes FRs de mais alto nível.

FR1: propiciar aprendizado e crescimento dos colaboradores

FR2: melhorar continuamente os processos organizacionais

FR3: satisfazer os clientes externos nos compromissos assumidos, gerando fidelização

FR4: incrementar o ROI

5.5.2 Mapeamento dos requisitos funcionais para o domínio físico

Após a definição dos requisitos funcionais de mais alto nível, deve-se agora proceder ao mapeamento no domínio físico dos parâmetros de projeto que satisfaçam os quatro FRs a este nível hierárquico. Os DPs são os seguintes:

DP1: desenvolvimento de habilidades e satisfação dos colaboradores

DP2: foco nos processos organizacionais que satisfaçam os clientes e atinjam o retorno financeiro

DP3: produtos e serviços que maximizam satisfação dos clientes

DP4: foco no aumento da lucratividade e minimização dos investimentos

O desenvolvimento de habilidades, aptidões e conhecimento nos colaboradores são condição essencial para deixá-los motivados e com ganas para realizar as mudanças devidas na empresa. Assim, o DP1 propicia o aprendizado e crescimento dos colaboradores (FR1). Essas

aptidões e conhecimentos possibilitam aos colaboradores escrutinarem os processos organizacionais em busca de desperdícios melhorando-os continuamente (FR2). Funcionários satisfeitos e motivados atendem melhor os clientes externos (FR3) e buscam contribuir na geração de mais lucro para a empresa (FR4).

Com inúmeros processos correndo dentro de uma empresa, é vital focar prioritariamente naqueles que satisfaçam os clientes e atinjam o retorno financeiro. Dessa maneira, esse foco (DP2) influencia diretamente o FR2, possibilitará satisfazer os clientes (FR3) e incrementar o ROI (FR4).

Oferecer produtos e serviços que satisfaçam os clientes (DP3) gera sua fidelização (FR3) e aumenta o retorno aos acionistas (FR4). A decomposição do FR3 é feita levando em consideração as cinco dimensões competitivas descritas no capítulo 3. São essas dimensões que trarão diferenciais competitivos - qualidade, confiabilidade, velocidade, flexibilidade e custo - para satisfazer os clientes. Por fim, foco no aumento da lucratividade e minimização dos investimentos (DP4) possibilitará incrementar o ROI (FR4). Para não comprometer o FR4, a empresa terá de manter essas dimensões competitivas em um nível de custo adequado. Isto será verificado na decomposição do 3º nível.

Tendo sido determinado o conjunto de FRs e DPs para este nível, deve-se escrever a equação de projeto e a matriz de projeto e verificar se as mesmas atendem o axioma de independência. A equação seria a seguinte:

$$\begin{Bmatrix} FR1 \\ FR2 \\ FR3 \\ FR4 \end{Bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} A11 & 0 & 0 & 0 \\ A21 & A22 & 0 & 0 \\ A31 & A32 & A33 & 0 \\ A41 & A42 & A43 & A44 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP1 \\ DP2 \\ DP3 \\ DP4 \end{Bmatrix} \quad (5.1)$$

A matriz do projeto que reflete a equação (5.1) acima será apresentada, deste ponto em diante do trabalho, de forma gráfica, para efeito de melhor visualização e entendimento:

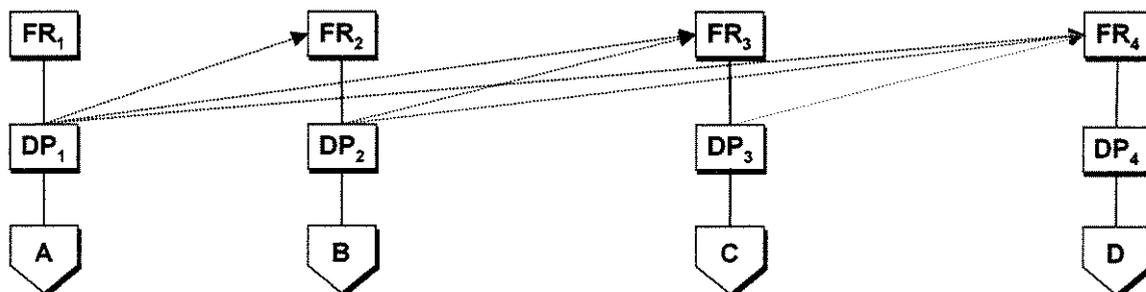


Figura 5.3 – matriz de projeto do primeiro nível hierárquico

Uma linha firme de um DP para um FR indica a solução específica para o respectivo requisito ou objetivo enquanto uma flecha de um DP para um FR indica um forte impacto ou influencia de uma solução em um outro requisito posterior. Cada elemento A_{ij} da matriz refere-se a um componente do vetor FR para um dado componente do vetor DP. A matriz acima é triangular, tratando-se de um projeto *decoupled*, onde a seqüência de alteração de DPs é determinante para se garantir a independência dos FRs, Caso a seqüência dos FRs e respectivos DPs fosse outra, por exemplo, DP3 satisfazer FRs anteriores (FR1 e FR2), a matriz do projeto neste nível seria completamente diferente e o projeto seria *coupled* e portanto feriria o axioma da independência.

As medidas de desempenho associadas aos FRs deste nível hierárquico estão abaixo listadas:

Tabela 5.1 – medidas de desempenho do primeiro nível hierárquico

Requisitos funcionais	Medidas de desempenho
FR1: propiciar aprendizado e crescimento dos colaboradores	Não foi associada uma medida a este FR por ser de caráter não determinístico
FR2: melhorar continuamente os processos organizacionais	Idem acima
FR3: satisfazer os clientes externos nos compromissos assumidos	Pesquisa periódica de satisfação dos clientes
FR4: incrementar o ROI	% ROI retorno sobre investimento

5.5.3 Estabelecimento do 2º nível da estrutura hierárquica: decomposição de FRs pelo processo de *zig zag* indo do domínio físico para o funcional novamente e determinação dos respectivos DPs

O mais alto nível hierárquico fornece suficiente informação, ao nível conceitual, do projeto para sabermos que ele seja bem sucedido quando totalmente implementado. Para completarmos o projeto, mais detalhes precisam ser desenvolvidos através da decomposição dos FRs e DPs. Isto é o processo de *zig zag* (mencionado na última seção deste capítulo), ou seja, retornar do domínio físico para o domínio funcional caso o parâmetro de projeto (DP) não possa ser implementado sem maiores detalhamentos do projeto. À medida que decomponemos o nível mais alto, as decisões de projeto de nível inferior devem ser consistentes com a intenção do projeto de nível superior. Formamos assim hierarquias de FRs e DPs que são uma representação da arquitetura do projeto.

Neste segundo nível da estrutura pode-se visualizar a formação de quatro ramos originados respectivamente por FR1, FR2, FR3 e FR4. Cada ramo exercerá influências distintas neste modelo, sendo, portanto analisados de forma separada.

a) **Decomposição do FR1: propiciar aprendizado e crescimento dos colaboradores**

A decomposição do FR1 para o 2º nível do domínio funcional foi definida como:

FR11: manter colaboradores satisfeitos

FR12: aumentar a produtividade dos colaboradores

FR13: reter os talentos

Procede-se agora a definição dos correspondentes parâmetros de projeto, os quais representam uma decomposição de DP1, sendo definidos como:

DP11: clima organizacional propício a mudanças, via programa de sugestões, trabalho em equipe e *empowerment*

DP12: tecnologia de informação aprimorada fornecendo informações úteis e precisas

DP13: incentivos aos colaboradores alinhados com os objetivos da empresa

Para manter os colaboradores satisfeitos (FR11), eles esperam um clima organizacional propício a mudanças (DP11) que ocorrerá via programas de sugestões, trabalho em equipe e *empowerment*. Este clima organizacional acarreta positivamente na produtividade dos colaboradores (FR12) e também motivará os talentos da empresa a continuarem empregando seus esforços para muda-la (FR13).

Não há dúvida quanto ao auxílio que a tecnologia de informação traz para a empresa, coletando e fornecendo informações on line e em tempo real para as pessoas tomarem decisões e gerenciarem melhor suas atividades. Assim, a tecnologia de informação aprimorada propicia aumento de produtividade dos colaboradores (FR12) e ajuda a reter os talentos (FR13) uma vez que eles têm em mãos todos os dados necessários para mudar a empresa.

Por fim, incentivos alinhados com os objetivos da empresa estão pautados na premissa de que os melhores colaboradores darão o melhor dos seus esforços para obter um maior retorno financeiro pessoal e, portanto, este parâmetro (DP13) possibilita reter os talentos (FR13). A equação do projeto fica dessa maneira:

$$\begin{Bmatrix} FR_{11} \\ FR_{12} \\ FR_{13} \end{Bmatrix} \equiv \begin{pmatrix} A_{11} & 0 & 0 \\ A_{21} & A_{22} & 0 \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} \end{pmatrix} \begin{Bmatrix} DP_{11} \\ DP_{12} \\ DP_{13} \end{Bmatrix} \quad (5.2)$$

A matriz do projeto [A] que reflete a equação (5.2) acima teria a seguinte representação, caracterizando um projeto *decoupled*:

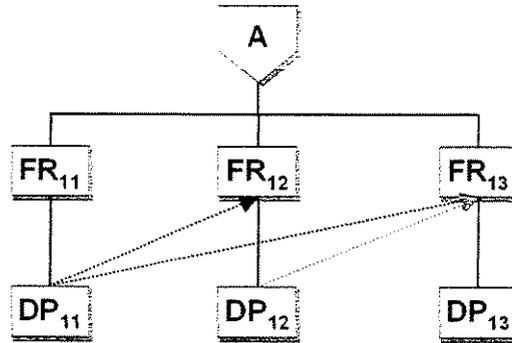


Figura 5.4 - matriz de projeto da decomposição do FR1

As medidas de desempenho associadas aos FRs deste nível hierárquico ficam assim:

Tabela 5.2 – medidas de desempenho da decomposição do FR1

Requisitos funcionais	Medidas de desempenho
FR11: manter colaboradores satisfeitos	Pesquisa periódica de satisfação dos colaboradores
FR12: aumentar a produtividade dos colaboradores	Vendas por colaborador
FR13: reter os talentos	% turnover dos colaboradores

b) Decomposição do FR2: melhorar continuamente os processos organizacionais

A decomposição do FR2 para o 2º nível do domínio funcional foi definida como:

FR21: garantir produtos sem defeitos

FR22: reduzir tempo de resposta aos clientes

FR23: manter sob controle os custos dos processos organizacionais

Os correspondentes parâmetros de projeto, os quais representam uma decomposição de DP2, são os seguintes:

DP21: controle estreito dos processos internos

DP22: processos de produção eficientes, confiáveis, sem defeito e flexíveis que possam responder aos pedidos dos clientes

DP23: uso da metodologia do custeio baseado em atividades (ABC) para medir custo dos processos

Controle estreito dos processos significa manter uma disciplina rigorosa sobre tudo que ocorre nos processos além de integrá-los internamente bem como externamente com fornecedores e clientes. Esta disciplina abrange também qualidade, inventários, horizontes de planejamento e programação. Um dos pré-requisitos indispensáveis para as empresas classe mundial é ter controle e disciplina sobre seus processos. Dessa forma, manter controle estreito dos processos (DP21) possibilita garantir produtos sem defeitos (FR21), ao mesmo tempo em que reduz tempo de resposta (FR22) e mantém sob controle os custos dos processos (FR23).

Ter processos de produção eficientes, confiáveis, sem defeito e flexíveis (DP22) irão garantir, sem dúvida nenhuma, resposta mais pronta às solicitações dos clientes (FR22), além de ajudarem a reduzir os custos dos processos (FR23), que de outra maneira trariam muitos

desperdícios para a empresa. E como podemos manter os custos dos processos sob controle (FR23) se não conseguimos mensurar corretamente? A metodologia do Custeio Baseado em Atividades apresenta se como a resposta a esta pergunta (DP23). A equação do projeto fica assim representada:

$$\begin{Bmatrix} FR21 \\ FR22 \\ FR23 \end{Bmatrix} \equiv \begin{pmatrix} A11 & 0 & 0 \\ A21 & A22 & 0 \\ A31 & A32 & A33 \end{pmatrix} \begin{Bmatrix} DP21 \\ DP22 \\ DP23 \end{Bmatrix} \quad (5.3)$$

A matriz do projeto [B] que reflete a equação (5.3) acima é apresentada pelo gráfico abaixo, caracterizando um projeto *decoupled*:

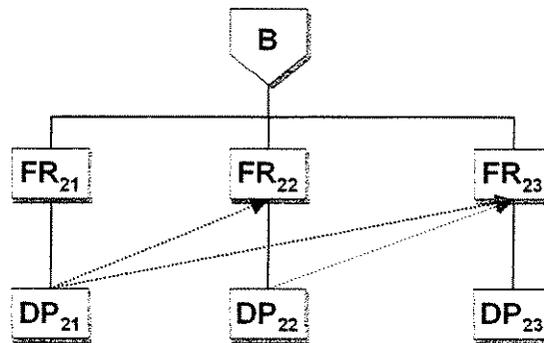


Figura 5.5 - matriz de projeto da decomposição do FR2

As medidas de desempenho deste ramo de decomposição seguem abaixo:

Tabela 5.3 – medidas de desempenho da decomposição do FR2

Requisitos funcionais	Medidas de desempenho
FR21: garantir produtos sem defeitos	Rendimento de primeira passagem
FR22: reduzir tempo de resposta aos clientes	Eficiência do throughput
FR23: manter sob controle os custos dos processos organizacionais	% custo dos processo internos / valor das vendas liquidas

c) Decomposição do FR3: satisfazer os clientes externos nos compromissos assumidos

Uma empresa, para se diferenciar das outras concorrentes, tem de lançar mão de vantagens competitivas para satisfazer o cliente e garantir sua fidelização. As cinco dimensões competitivas

descritas no capítulo 4 deste trabalho são as que trarão esses diferenciais competitivos. A decomposição do FR3 (satisfazer os clientes externos nos compromissos assumidos, gerando fidelização) é feita levando em consideração as dimensões competitivas. Essas dimensões se entrelaçam de tal maneira que se torna difícil determinar qual dimensão precede qual; no entanto, para efeito deste projeto, uma seqüência de dimensão competitiva que parece lógica é mostrada abaixo na decomposição do FR3:

FR31: entregar produtos conforme **qualidade** compromissada

FR32: assegurar **confiabilidade** para permitir entrega no prazo estipulado

FR33: assegurar **velocidade** para atender clientes quanto a frequência de entregas

FR34: assegurar **flexibilidade** para acomodar troca de mix/entrega/quantidade dos produtos existentes

FR35: reduzir **custo** de material

Os correspondentes parâmetros, os quais representam uma decomposição do DP3, são os seguintes:

DP31: *built-in quality*

DP32: disponibilidade do equipamento a todo o momento

DP33: lotes pequenos de transferência na compra e na produção

DP34: células de manufatura aliadas a máquinas móveis e reconfiguráveis

DP35: preço meta necessário e concordado com fornecedores

No *built-in quality* DP31 os gerentes constroem a qualidade, isto é, os defeitos são corrigidos no ato e suas causas buscadas e solucionadas, permitindo entregar produtos com qualidade (FR31). O aumento da qualidade diminui retrabalho, refugo e perdas no processo, além de aumentar a eficiência da máquina, assegurando assim a confiabilidade do processo (FR32). O *built-in-quality* reduz o tempo entre geração e a identificação dos defeitos em operações posteriores, aumentando assim a velocidade (FR33) e permitindo a flexibilidade (FR34). Por fim, por corrigir os defeitos no ato e não esperar para inspecionar todo o lote quando produzido, este parâmetro possibilita reduzir o custo do material (FR35).

Ter disponibilidade de equipamento (DP32) a todo o momento parece ser a solução mais apropriada para assegurar a confiabilidade de entrega ao cliente no prazo estipulado (FR32). Se aceitamos que a confiabilidade precede a velocidade e permite que o fluxo seja acelerado (FR33),

ela acaba ajudando também na flexibilidade (flexibilidade entendida como sendo a capacidade de acomodar as trocas de mix de produtos existentes, prazo de entrega e/ou de quantidade no menor tempo possível). Então DP32 possibilita FR33 e FR34.

Lotes pequenos de transferência na compra e na produção (DP33), ao contrário de lotes grandes de produção e/ou de transferência que só atrasam a velocidade do fluxo, asseguram a velocidade necessária para atender os clientes nas frequências de entregas solicitadas (FR33) e também possibilitam a flexibilidade (FR34).

Células de manufatura (DP34), conforme discutido anteriormente neste trabalho, permitem que a empresa tenha flexibilidade suficiente para acomodar troca de mix de produtos e prazos de entrega dos produtos existentes (FR34). Quanto à flexibilidade para alterar quantidades, a empresa lança mão de máquinas móveis e reconfiguráveis.

O estabelecimento de um preço meta concordado com fornecedor (DP35) está sujeito ao preço final que o mercado/cliente estará disposto a pagar pelo produto. E este preço final está por sua vez condicionado ao custo que o material terá na composição deste preço. Quanto menor esse custo, maior poderá ser a vantagem competitiva da empresa, pois ela poderá repassar parte desse ganho baixando o preço final ao cliente (FR35). A equação do projeto fica assim representada:

$$\begin{Bmatrix} FR31 \\ FR32 \\ FR33 \\ FR34 \\ FR35 \end{Bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} A11 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ A21 & A22 & 0 & 0 & 0 \\ A31 & A32 & A33 & 0 & 0 \\ A41 & A42 & A43 & A44 & 0 \\ A51 & 0 & 0 & 0 & A55 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP31 \\ DP32 \\ DP33 \\ DP34 \\ DP35 \end{Bmatrix} \quad (5.4)$$

A matriz deste projeto [C] que reflete a equação (5.4) seria dada pelo gráfico abaixo, caracterizando uma matriz triangular de um projeto *decoupled*:

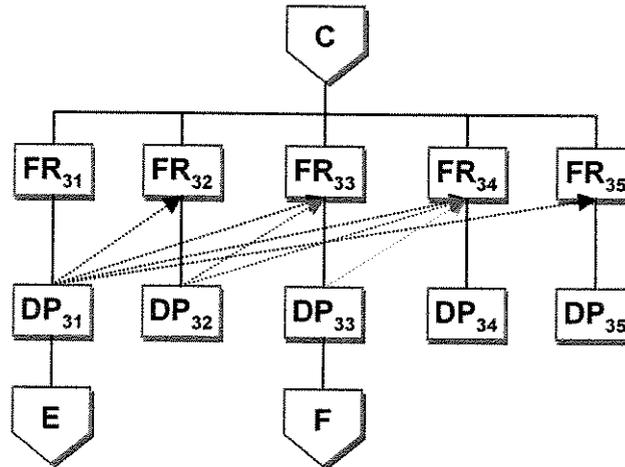


Figura 5.6 - matriz de projeto da decomposição do FR3

As medidas de desempenho deste ramo de decomposição seguem abaixo:

Tabela 5.4 - medidas de desempenho da decomposição do FR3

Requisitos funcionais	Medidas de desempenho
FR31: entregar produtos conforme qualidade com	% reclamação de clientes
FR32: assegurar confiabilidade para permitir entrega no prazo	% OTIF <i>on time in full</i>
FR33: assegurar velocidade para atender clientes quanto a frequência de entregas	Frequência de entrega
FR34: assegurar flexibilidade para acomodar troca de mix/entrega/quantidade	% troca de mix/entrega/quantidade
FR35: reduzir custo de material	Evolução do custo de materiais

D) Decomposição do requisito funcional FR4: incrementar o ROI

A decomposição do requisito funcional FR4 (incrementar o ROI) leva em consideração a fórmula para seu cálculo que é $= (\text{receita de vendas} - \text{custos de manufatura}) / \text{investimento}$

Os requisitos funcionais determinados no 2º nível do domínio funcional foram assim definidos:

FR41: aumentar as vendas

FR42: minimizar custo de manufatura

FR43: minimizar nível de investimento

Os parâmetros de projeto correspondentes representam uma decomposição do DP4 (foco no aumento da lucratividade e minimização dos investimentos) no domínio físico, sendo definidos por:

DP41: valor percebido pelo cliente

DP42: custo meta da manufatura

DP43: utilização mais adequada dos ativos

Os dois primeiros parâmetros de projeto lidam com o aumento da lucratividade enquanto que o terceiro lida com o tema investimento. O valor percebido pelo cliente (DP41) ocorrerá por meio de produtos e serviços que maximizam a satisfação do cliente. Isto cria fidelização e aumenta as vendas (FR41). Em raciocínio análogo desenvolvido por Calarge e Lima (2001), a partir do ponto em que se maximiza a satisfação do cliente, tem se menores alterações de produtos e melhor direcionamento dos recursos produtivos focados para o cliente. Esta situação também possibilita uma otimização na utilização da capacidade produtiva, propiciando uma adequação dos investimentos que serão feitos para atender o cliente no que ele deseja e quando necessita. Dessa forma, segundo eles, produtos que maximizam a satisfação do cliente (DP41) afetam também o custo da manufatura (FR42) e o nível de investimento (FR43).

O estabelecimento de um custo meta de manufatura DP42 definido pelas condições do mercado possibilita minimizar o custo da manufatura (FR42) e o nível de investimento (FR43) já que os produtos só serão produzidos quando este custo for igual ou menor ao custo meta. Por fim, a utilização mais adequada dos ativos (DP43) afeta diretamente o nível de investimento (FR43). A equação do projeto fica dessa maneira:

$$\begin{Bmatrix} FR41 \\ FR42 \\ FR43 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} A11 & 0 & 0 \\ A21 & A22 & 0 \\ A31 & A32 & A33 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP41 \\ DP42 \\ DP43 \end{Bmatrix} \quad (5.5)$$

A matriz do projeto [D] que reflete a equação (5.5) apresenta-se de forma triangular, isto é, *decoupled*, conforme visto abaixo:

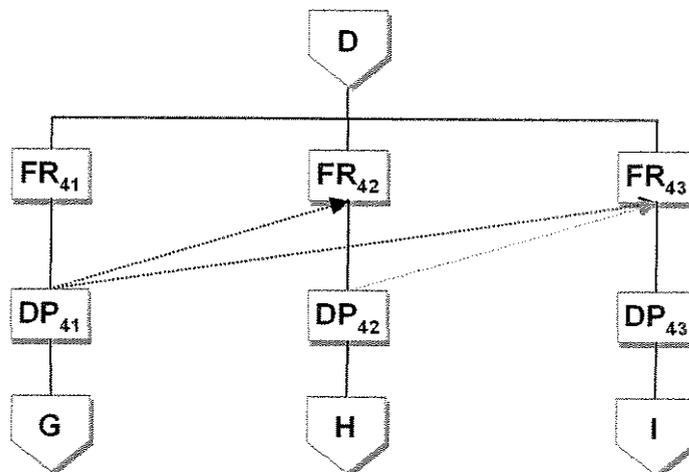


Figura 5.7 - matriz de projeto da decomposição do FR4

As medidas de desempenho deste ramo de decomposição seguem abaixo:

Tabela 5.5 - medidas de desempenho da decomposição do FR4

Requisitos funcionais	Medidas de desempenho
FR41: aumentar as vendas	Evolução do valor das vendas
FR42: minimizar custo de manufatura	% custo de manufatura / valor das vendas
FR43: minimizar nível de investimento	% valor do investimento / valor das vendas

5.5.4 Estabelecimento do 3º nível da estrutura hierárquica: decomposição de FR31, FR33, FR41, FR42 e FR43 pelo processo de *zig zag* indo do domínio físico para o funcional novamente e determinação dos respectivos DPs

Notem que os FRs e DPs do 2º nível que não forem mencionados abaixo não necessitam de decomposição uma vez que eles podem ser implementados da maneira em que se encontram.

Ramo do objetivo estratégico de satisfazer os clientes

a) Decomposição do FR31: entregar produtos conforme qualidade compromissada

Este requisito funcional pode ser decomposto no domínio funcional, levando em consideração o correspondente parâmetro de projeto DP31 (*built-in quality*), definindo-se os seguintes requisitos funcionais de 3º nível:

FR311: reduzir os defeitos dos produtos recebidos

FR312: eliminar os defeitos de produção

Um dos preceitos da manufatura enxuta é trabalhar com poucos fornecedores de confiança (DP311). Isto permite tê-los lado a lado com a empresa, saber dos nossos requisitos e necessidades, ser a extensão da empresa e assim reduzir os defeitos dos produtos recebidos (FR311). Trabalhar com poucos fornecedores confiáveis contribui também para a eliminação dos defeitos de produção (FR312), defeitos esses que podem ser resultantes dos defeitos dos fornecedores.

A adoção do sistema *andon* permite corrigir o problema no ato da sua geração (DP312) resultando diretamente na eliminação dos defeitos de produção (FR312). (nota do autor: *andon* é uma palavra japonesa para lanterna e serve para descrever a situação das linhas de produção por meio de uma placa luminosa. Esta placa alerta os supervisores para qualquer problema. Quando o trabalhador puxa a corda, acende-se uma luz na placa indicando qual a estação de trabalho com problema e o tipo de problema. O supervisor toma as ações corretivas imediatamente evitando que o problema continue adiante na linha de produção bem como ataca a causa raiz para evitar a recorrência do problema. Este sistema permite aos trabalhadores manterem os padrões de qualidade).

Os correspondentes parâmetros de projeto, os quais representam uma decomposição de DP31 (*built-in-quality*), são os seguintes:

DP311: parceira com fornecedores de confiança

DP312: adoção do sistema *andon*

A equação do projeto fica dessa maneira:

$$\begin{Bmatrix} FR311 \\ FR312 \end{Bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} A11 & 0 \\ A21 & A22 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP311 \\ DP312 \end{Bmatrix} \quad (5.6)$$

A matriz do projeto [E] que reflete a equação (5.6) fica representada graficamente dessa forma:

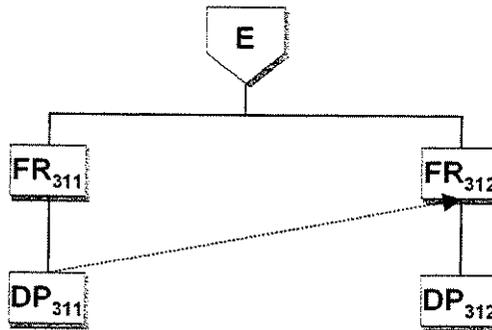


Figura 5.8 - matriz de projeto da decomposição do FR31

As medidas de desempenho deste ramo de decomposição seguem abaixo:

Tabela 5.6 - medidas de desempenho da decomposição do FR31

Requisitos funcionais	Medidas de desempenho
FR311: reduzir os defeitos dos produtos recebidos	% defeitos externos
FR312: eliminar os defeitos de produção	% defeitos gerados internamente

b) Decomposição do FR33: assegurar velocidade para atender clientes quanto a frequência de entregas

Este requisito funcional pode ser decomposto no domínio funcional no 3° nível como sendo:

FR331: nivelar a demanda para a produção

FR332: receber material dos fornecedores com maior frequência

Uma programação de produção nivelada para a fábrica (FR331) se faz com a adoção de uma técnica denominada de *heijunka* (DP331) em que o volume e diferentes especificações são distribuídos de forma uniforme e o mais constante possível ao longo de um período de produção como um dia ou uma semana. Isto ajuda a minimizar o efeito “chicote”, isto é, a incerteza de demanda para os fornecedores dos níveis abaixo na cadeia de suprimento. Com a redução desta incerteza os fornecedores conseguem programar melhor sua produção fazendo entregas mais frequentes (FR332).

Trabalhar estreitamente com os fornecedores estendendo-lhes a prática do JIT *just in time* e os cartões *kanban* (DP332) possibilitam a eles entregarem material às empresas na frequência solicitada (FR332).

Os correspondentes parâmetros de projeto, os quais representam uma decomposição de DP33 (lotes pequenos de transferência na compra e na produção), são os seguintes:

DP331: adoção da técnica de *heijunka*

DP332: extensão da prática do JIT e do *kanban* aos fornecedores

A equação do projeto fica dessa maneira:

$$\begin{Bmatrix} FR_{331} \\ FR_{332} \end{Bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} A_{11} & 0 \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_{331} \\ DP_{332} \end{Bmatrix} \quad (5.7)$$

A representação gráfica desta matriz [F] que reflete a equação (5.7) fica dessa forma:

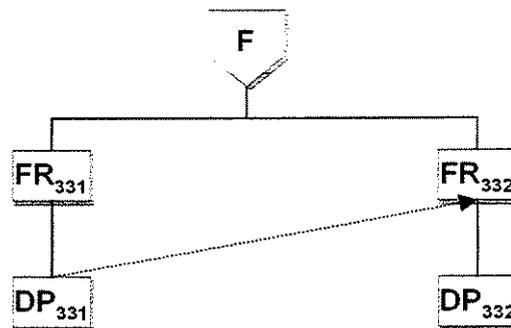


Figura 5.9 - matriz de projeto da decomposição do FR33

As medidas de desempenho deste ramo de decomposição seguem abaixo:

Tabela 5.7 - medidas de desempenho da decomposição do FR33

Requisitos funcionais	Medidas de desempenho
FR331: nivelar a demanda para a produção	Variabilidade de demanda dos clientes
FR332: receber material dos fornecedores com maior frequência	Frequência de recebimentos

Ramo do objetivo de maximizar o ROI

c) Decomposição do FR41: aumentar as vendas

A receita de vendas é obtida através da simples multiplicação de preço de venda X volume dos produtos vendidos. Seguindo esta lógica, a decomposição do FR41 é feita considerando o parâmetro de projeto definido DP41 (valor percebido pelo cliente):

FR411: vender produtos com o mais alto preço aceitável pelo cliente

FR412: aumentar volume de venda

Seus correspondentes DPs são:

DP411: diferenciação dos produtos

DP412: espectro mais amplo de uso dos produtos

Suh et al no seu CIRP Key notepaper (1998) acreditam que para aumentar a receita de venda, o objetivo é vender produtos ao mais alto preço aceitável (FR411). Esta é a razão que justifica diferenciar os produtos, diferenças que contemplem as propostas de valor do cliente na busca das suas necessidades (DP411). A diferenciação do produto também aumenta o volume de vendas (FR412) porque clientes satisfeitos repetirão suas compras.

Tanto Suh et al (1998) quanto Calarge & Lima (2001) acreditam que para aumentar o volume de vendas (FR412) a empresa deve buscar ações (como modificações no desenho e/ou funcionalidade) que façam com que os produtos tenham um espectro mais amplo de uso ou aplicação, enfim, tenham uma maior aceitação pelos clientes (DP412). A equação do projeto é representada dessa maneira:

$$\begin{Bmatrix} FR411 \\ FR412 \end{Bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} A11 & 0 \\ A21 & A22 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP411 \\ DP412 \end{Bmatrix} \quad (5.8)$$

A matriz desta matriz [G] que reflete a equação (5.8) ficaria assim:

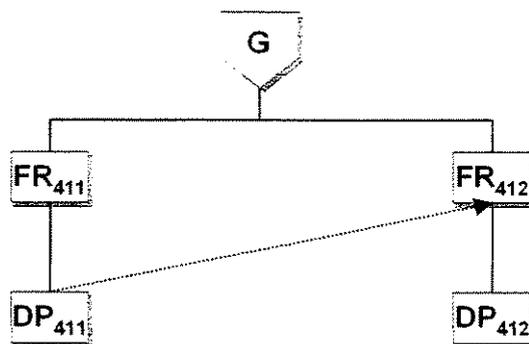


Figura 5.10 - matriz de projeto da decomposição do FR41

As medidas de desempenho deste ramo de decomposição seguem abaixo:

Tabela 5.8 - medidas de desempenho da decomposição do FR41

Requisitos funcionais	Medidas de desempenho
FR411: vender produtos com o mais alto preço aceitável pelo cliente	Evolução do preço médio de vendas
FR412: aumentar volume de venda	% aumento do volume de vendas

d) Decomposição do FR42: minimizar custo de manufatura

Excetuando os custos de mão de obra direta e de material adquirido (este já tratado no requisito funcional FR35 e o respectivo parâmetro de projeto DP35), os demais custos de manufatura provem de custos indiretos como supervisão, manutenção e custos administrativos da fábrica. A proposta na decomposição do FR42 é encontrar quais custos indiretos podem ser reduzidos considerando o parâmetro de projeto definido DP42 (custo meta da manufatura).

Para obter as vantagens competitivas e assim satisfazer os clientes, a empresa utiliza as cinco dimensões competitivas descritas no 2º nível da estrutura hierárquica no ramo de satisfação do cliente (FR 31 a 35). Para ser consistente, a empresa precisa manter a um nível adequado os custos associados a essas cinco dimensões competitivas. Isto se traduz nos seguintes requisitos funcionais:

FR421: minimizar os custos de não conformidade e/ou desperdício (relacionada à dimensão qualidade)

FR422: minimizar custos de manutenção (relacionada à dimensão confiabilidade)

FR423: minimizar custos de movimentação e manuseio (relacionada à dimensão velocidade)

FR424: minimizar custo de *set up* (relacionada à dimensão flexibilidade)

FR425: minimizar custo administrativo da manufatura (relacionado à dimensão custo)

Seus correspondentes parâmetros de projeto os quais representam uma decomposição do DP42 são:

DP421: adoção de técnicas de eliminação de desperdícios como 5Ws (os cinco porquês) ou PDCA (do inglês *plan do check act*)

DP422: adoção de TPM (do inglês *total productive maintenance*)

DP423: melhor arranjo físico das máquinas em células ou linhas de montagem

DP424: uso de técnicas de redução do tempo de *set up*

DP425: adoção da abordagem de *rethinking*

Técnicas como 5Ws ou PDCA (DP421) permitem descobrir as causas raiz das não conformidades ou dos desperdícios e assim minimizar os custos relativos à qualidade (FR421). O aumento da qualidade melhora a eficiência da máquina, contribuindo para reduzir os custos de manutenção (FR422) e aumentar a velocidade. Este aumento de velocidade reduz os custos de movimentação e manuseio (FR423) e permite maior flexibilidade (FR424). Por fim, essas técnicas ajudam também a combater os desperdícios e não conformidade das áreas administrativas da fábrica (FR425).

A adoção do TPM permite que o próprio operador tenha suficiente capacidade para realizar a manutenção da sua própria máquina ou equipamento de uma forma preventiva sem necessidade de parar a linha. Isto minimiza sensivelmente o custo de manutenção (FR 422). A confiabilidade faz com que o fluxo seja mais acelerado, ajuda também na flexibilidade e a reduzir a burocracia administrativa. Isso ocorrendo, a redução dos seus respectivos custos será decorrência, atendendo dessa forma FR423, FR424 e FR425.

O melhor arranjo físico das máquinas (DP423) satisfaz a redução dos custos de movimentação e manuseio (FR423), afeta o custo do *set up* (FR424), pois assim as máquinas estarão mais próximas e minimiza o custo indireto (FR425). Técnicas de redução do tempo de *set up* (DP424) afetam diretamente seu custo (FR424), pois ao fazer em menor tempo, o custo de *set up* será minimizado e isto demandará menor custo administrativo (FR425).

Custo administrativo é entendido como sendo as áreas de suporte da manufatura como pessoal da engenharia, controle de qualidade, almoxarifado, contabilidade, gerência etc. Para minimizar este custo administrativo (FR425), o parâmetro de projeto é adoção da abordagem de *rethinking* (DP425) proporcionando mudanças duradouras da estrutura básica do custo administrativo da fábrica. De acordo com Tomasko (1994), *rethinking* mostra como fazer mudanças essenciais à estrutura organizacional, caso tenhamos interesse em que os programas de melhoria possam vir a ter um impacto duradouro. Consiste de três passos: *reisizing* - redimensionando as coisas certas; *reshaping* - constituição do tipo de estrutura organizacional e *rethinking* - repensar as práticas gerenciais de modo que resulte em um novo aprendizado.

A equação do projeto fica assim representada:

$$\begin{Bmatrix} FR_{421} \\ FR_{422} \\ FR_{423} \\ FR_{424} \\ FR_{425} \end{Bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} A_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ A_{21} & A_{22} & 0 & 0 & 0 \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} & 0 & 0 \\ A_{41} & A_{42} & A_{43} & A_{44} & 0 \\ A_{51} & A_{52} & A_{53} & A_{54} & A_{55} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_{421} \\ DP_{422} \\ DP_{423} \\ DP_{424} \\ DP_{425} \end{Bmatrix} \quad (5.9)$$

A matriz deste ramo [H] que reflete a equação (5.9) caracterizaria uma matriz triangular de um projeto *decoupled*:

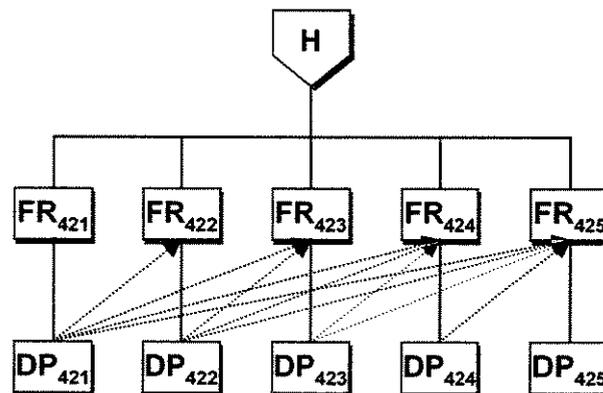


Figura 5.11 - matriz de projeto da decomposição do FR42

As medidas de desempenho deste ramo de decomposição seguem abaixo:

Tabela 5.9 - medidas de desempenho da decomposição do FR42

Requisitos funcionais	Medidas de desempenho
FR421: <i>minimizar os custos de não conformidade e/ou desperdício</i>	Valor de muda economizado
FR422: <i>minimizar custos de manutenção</i>	% horas de parada de maquina / total de horas trabalhadas
FR423: <i>minimizar custos de movimentação e manuseio</i>	Evolução do custo por unidade da atividade de manuseio e movimentação
FR424: <i>minimizar custo de set up</i>	Tempo de redução de troca de maquina
FR425: <i>minimizar custo administrativo da manufatura</i>	% custo administrativo de manufatura

e) Decomposição do FR43: minimizar nível de investimento

Por fim, para incrementar o ROI, a empresa deve minimizar o valor do investimento (o denominador da fórmula do ROI) uma vez que os dois componentes do numerador (aumentar a receita de vendas e diminuir o custo de manufatura) já foram abordados e decompostos acima. A decomposição do FR43 é feita considerando o parâmetro de projeto definido DP43 (utilização mais adequada dos ativos):

FR431: *aumentar giro de estoque*

FR432: *otimizar uso do espaço físico*

Indo do domínio funcional para o domínio físico via *zig zag*, decompomos os correspondentes parâmetros de projeto que satisfaçam os dois requisitos funcionais acima:

DP431: *operação com baixos níveis de inventário*

DP432: *maquinas melhor dimensionadas*

Ênfase na operação com baixos níveis de inventário (de matéria prima a processo e acabados), um dos preceitos da manufatura enxuta, permite aumentar o giro dos estoques (FR431) além de demandar menor espaço físico para estocagem (FR432). Ênfase em máquinas dimensionadas adequadamente para a demanda e que ainda possam ser adaptáveis às alterações da demanda otimiza sem dúvida nenhuma o uso do espaço físico (FR432). A equação do projeto está representada dessa forma:

$$\begin{Bmatrix} FR_{431} \\ FR_{432} \end{Bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} A_{11} & 0 \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_{431} \\ DP_{432} \end{Bmatrix} \quad (5.10)$$

A matriz do projeto [I] que reflete a equação (5.10) seria dada por:

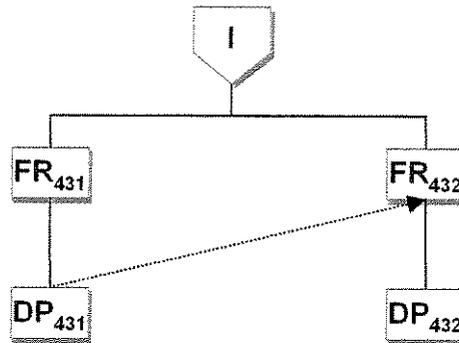


Figura 5.12 - matriz de projeto da decomposição do FR43

As medidas de desempenho deste ramo de decomposição seguem abaixo:

Tabela 5.10 - medidas de desempenho da decomposição do FR43

Requisitos funcionais	Medidas de desempenho
FR431: aumentar giro de estoque	Giro de estoque
FR432: otimizar uso do espaço físico	Utilização de espaço na fábrica

5.5.5 Estrutura hierárquica geral do projeto do sistema de manufatura enxuta e a Matriz consolidada do projeto

Procedendo-se sistematicamente aos procedimentos de decomposição dos domínios funcional e físico em várias matrizes de projeto e em vários ramos, é possível agora visualizar a estrutura hierárquica geral de todo o projeto do sistema de manufatura enxuta. Ele é composto de 31 requisitos funcionais e igual número de parâmetros de projeto, desdobrados em 3 níveis hierárquicos e relacionados em 10 matrizes de projeto.

Uma finalidade desta estrutura hierárquica geral está na simplificação e compreensão do projeto como um todo, mostrando as relações entre FRs e DPs e como os DPs influenciam os FRs em cada matriz individual do projeto a cada nível hierárquico. A figura 5.13 mostra a decomposição do projeto do sistema de manufatura que reflete os necessários FRs e DPs em um ambiente de manufatura enxuta. Para cada requisito foi associada uma medida de desempenho

(com exceção de dois requisitos do primeiro nível), e elas estão inter relacionadas e balanceadas de tal forma que o sistema de manufatura enxuta esteja alinhado aos objetivos da empresa.

Conforme observado por Calarge e Lima (2001), os relacionamentos estabelecidos entre parâmetros de projeto e requisitos funcionais, caracterizados pelas diversas matrizes de projeto, indicam de maneira clara quais seriam as melhores escolhas de DPs para atender os FRs. A análise das matrizes de projeto a cada nível hierárquico permite esta confirmação, a da escolha do DP mais adequado no atendimento de cada FR.

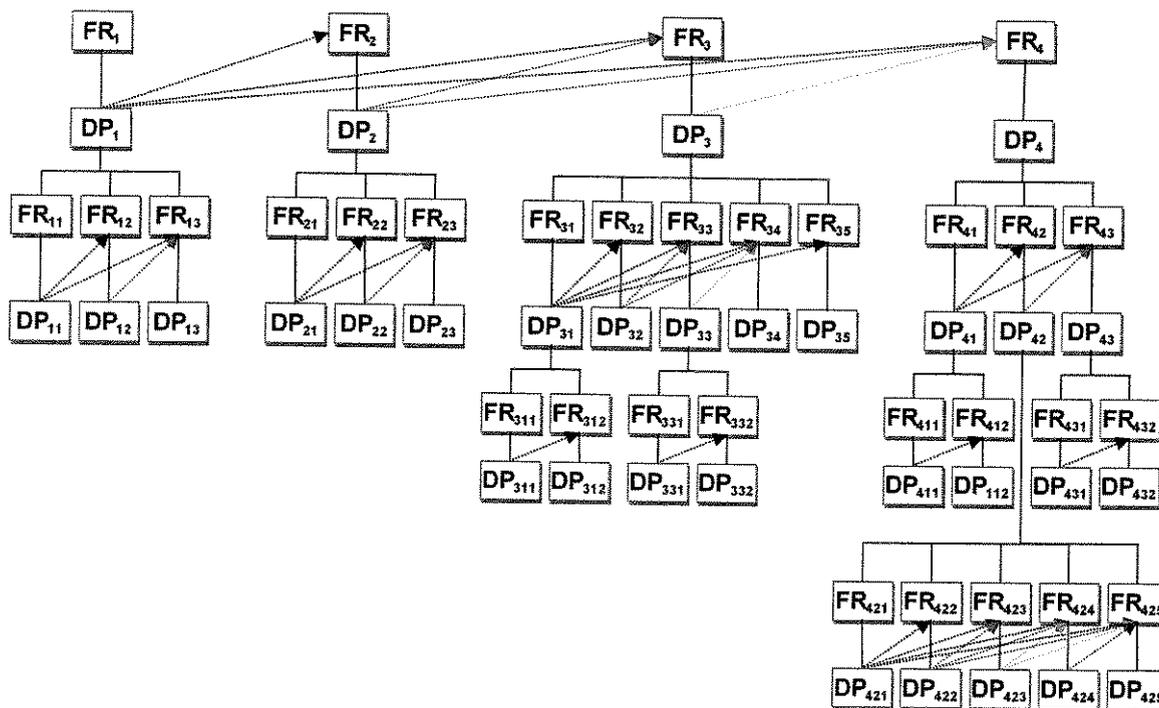


Figura 5.13– Estrutura hierárquica geral do projeto

Por fim será demonstrada a matriz consolidada de projeto, que tem duplo objetivo:

- a) Verificar a consistência do projeto no que se refere a caracterizar-se como projeto *coupled*, *decoupled* ou *uncoupled*.

Para satisfazer o axioma da independência, todas as matrizes individuais se caracterizaram de forma triangular como sendo *uncoupled* ou *decoupled*. Dessa maneira a matriz consolidada, para manter a coerência das matrizes individuais que a formam, também se caracteriza como triangular e é uma matriz *decoupled*. O que não pode ocorrer em nenhuma circunstância é ter DPs influenciando FRs acima da linha diagonal, o que caracterizaria uma matriz *coupled*, violando

assim o axioma de independência. Nessa matriz de projeto triangular pode-se contemplar de maneira conjunta as matrizes individuais estabelecidas a cada nível hierárquico, analisando influências diagonais e transversais. Vide figura 5.14 representativa da matriz consolidada.

b) Confirmar as relações de causa e efeito dos requisitos funcionais do projeto e os correspondentes parâmetros de projeto.

A matriz contempla de maneira conjunta as matrizes individuais no seu mais baixo nível hierárquico, permitindo analisar dessa forma como os requisitos funcionais de um determinado objetivo estratégico satisfazem os requisitos do nível superior do mesmo objetivo e/ou os requisitos dos outros objetivos.

Assim, os parâmetros de projeto podem exercer influencia nos seus respectivos requisitos funcionais (isto é, da suas matrizes individuais) bem como dos requisitos de outras matrizes de projeto e/ou de outros objetivos estratégicos, mesmo que estes requisitos estejam em nível hierárquico inferior. Isto é evidenciado pelas relações dos DPs com FRs marcadas por “X”. Fazendo uma analogia, é como se isto fosse um sistema de “torneiras”, onde o projetista tem uma seqüência de ações (ou parâmetros de projeto) para tomar (ou torneiras para fechar) em uma ordem de prioridade e importância para resolver uma dada situação (ou atender um requisito funcional).

Exemplificando: o requisito funcional FR23 – manter sob controle os custos dos processos organizacionais – é satisfeito prioritariamente pelo parâmetro de projeto DP23 – uso da metodologia do custeio baseado em atividades para medir custo dos processos. Outros parâmetros desta matriz individual do objetivo estratégico da empresa, DPs 21 e 22, também ajudam a manter sob controle os custos dos processos. Olhando a matriz consolidada, observamos que outros parâmetros de projeto do objetivo estratégico dos colaboradores como os DPs 11, 12 e 13 também exercem influencia no requisito FR 23, porem em menor escala de importância e ordem em relação ao DPs 21 e 22.

Pelo fato das medidas estarem associadas aos requisitos, isto leva naturalmente a um balanceamento e integração das medidas nos quatro objetivos e por fim ao alinhamento da mensuração de desempenho ao sistema de manufatura e aos objetivos estratégicos do modelo de negocio da empresa. Vide figura 5.15 adiante.

Um comentário final deve ser feito a respeito da não utilização do axioma da informação. O projeto proposto de sistema de manufatura enxuta e apresentado aqui se preocupou fundamentalmente em satisfazer o axioma da independência verificando a sua consistência. A cada nível de decomposição do projeto a matriz dos projetos deveria ser diagonal ou triangular caracterizando assim uma matriz de projeto *uncoupled* ou *decoupled*.

Quanto ao axioma da informação não é possível sua utilização porque não se consegue calcular de antemão o volume de informação necessário para satisfazer o projeto. A escolha do melhor projeto com o menor nível de informação é feita comparando a faixa do projeto com a faixa do sistema. Não se procurou definir a faixa de projeto para satisfazer cada um dos FRs porque isso irá depender das expectativas de cada projetista quando aplicar este modelo. E a faixa do sistema só é possível de se verificar quando ocorrerem os resultados na prática do sistema de manufatura.

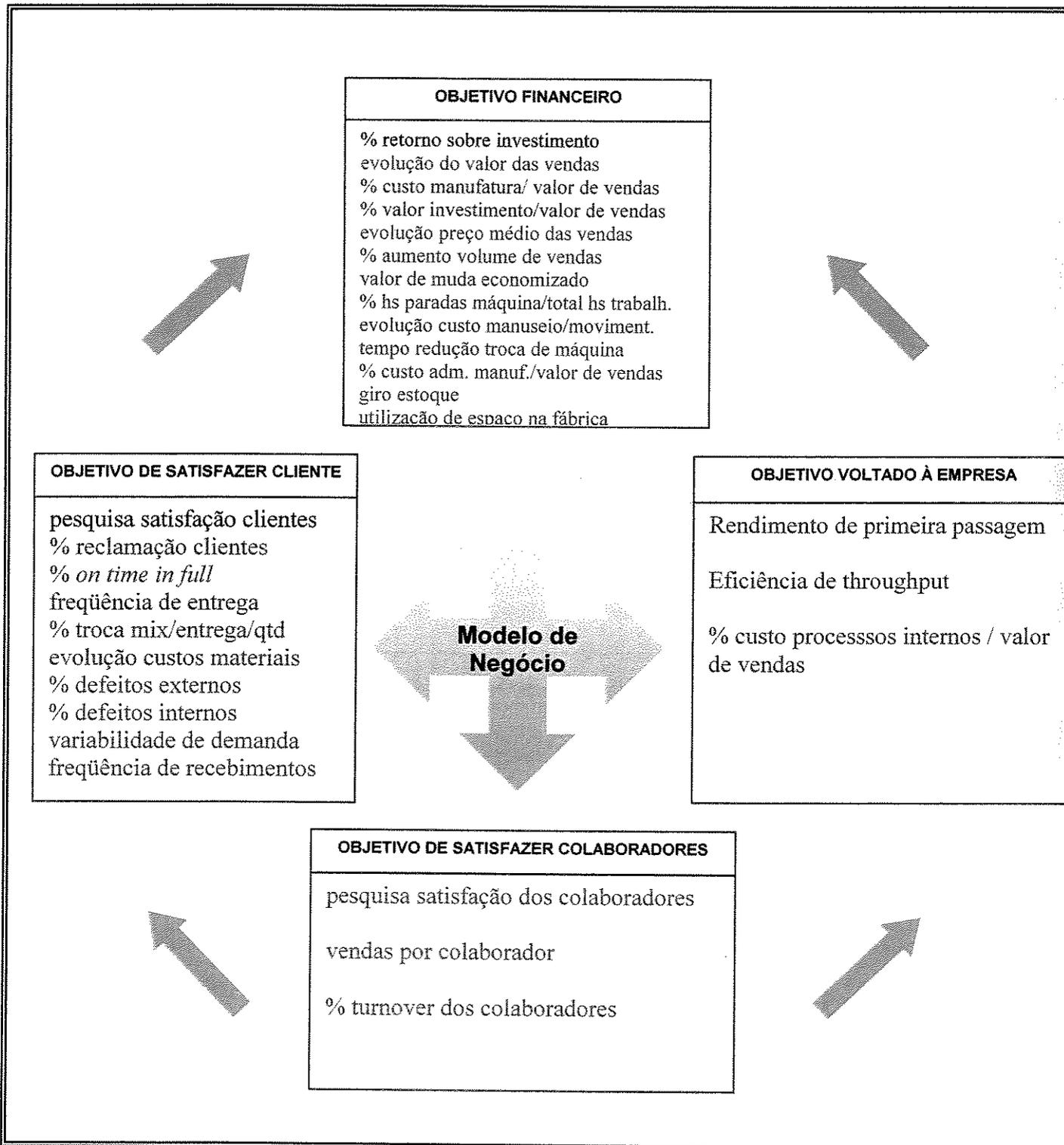
Parâmetros de projeto

		11	12	13	21	22	23	311	312	32	331	332	34	35	411	412	421	422	423	424	425	431	432	
R	11	X																						
E	12	X	X																					
Q	13	X	X	X																				
U	21	X	X	X	X																			
I	22	X	X	X	X	X																		
S	23	X	X	X	X	X	X																	
I	311				X	X		X																
T	312				X	X		X	X															
O	32				X	X		X	X	X														
S	331				X	X					X													
	332				X			X			X	X												
F	34				X	X					X		X											
U	35							X	X	X				X										
N	411														X									
C	412							X		X	X	X	X	X	X	X								
I	421								X				X		X	X	X							
O	422							X	X				X		X	X	X	X						
N	423										X				X	X	X	X	X					
A	424												X		X	X	X	X	X	X				
I	425														X	X	X	X	X	X	X			
S	431					X				X	X	X	X										X	
	432					X				X		X	X										X	X

Figura 5.14 – Matriz consolidada do projeto

5.6 Balanceamento das medidas de desempenho nos quatro objetivos estratégicos do modelo de negocio

A figura 5.15 abaixo ilustra este balanceamento podendo-se observar as inter relações entre as medidas de desempenho nos quatro objetivos estratégicos e compreender como as ações tomadas no âmbito da manufatura enxuta influenciam no desempenho da empresa.



Nesta figura, as medidas relativas ao 1º nível da empresa estão representadas pela cor preta, as relativas do nível intermediário pela cor vermelha e as do nível operacional pela cor azul.

5.7 Relacionamento dos determinantes (parâmetros de projeto) e os resultados (requisitos funcionais)

Vale lembrar que no modelo de negocio da empresa quatro objetivos estratégicos foram definidos, objetivos esses que refletem as necessidades dos interessados. Esses objetivos refletem necessidades de quatro grupos de interessados: dos acionistas, do cliente, da empresa interna e dos seus colaboradores.

O relacionamento dos determinantes e os resultados dentro de cada objetivo podem ser sumarizados da seguinte forma:

Tabela 5.11 - relacionamento entre determinantes e resultados

Determinantes	Resultados
Objetivo de satisfazer os colaboradores	
<ul style="list-style-type: none"> • desenvolvimento dos colaboradores (DP1) • clima organizacional propício a mudanças (DP11) • tecnologia de informação aprimorada (DP12) • incentivos aos colaboradores (DP13) 	<ul style="list-style-type: none"> • propiciar aprendizado e crescimento aos colaboradores (FR1) • manter colaboradores satisfeitos (FR11) • aumentar a produtividade dos colaboradores (FR12) • reter os talentos (FR13)
Objetivo voltado à empresa interna	
<ul style="list-style-type: none"> • foco nos processos organizacionais (DP2) • controle estreito dos processos internos (DP21) • processos de produção eficientes e confiáveis (DP22) • uso da metodologia do ABC (DP23) 	<ul style="list-style-type: none"> • melhorar continuamente os processos organizacionais (FR2) • garantir produtos sem defeitos (FR21) • reduzir tempo de resposta aos clientes (FR22) • manter sob controle os custos dos processos (FR23)
Objetivo de satisfazer o cliente	
<ul style="list-style-type: none"> • produtos e serviços que maximizam satisfação (DP3) • <i>built-in quality</i> (DP31) • disponibilidade do equipamento (DP32) • lotes pequenos de transferência (DP33) • células de manufatura (DP34) • preço meta concordado com fornecedores (DP35) • parceira com fornecedores de confiança (DP311) • adoção do sistema andon (DP312) • adoção da técnica de heijunka (DP331) • extensão da prática do JIT e do kanban (DP332) 	<ul style="list-style-type: none"> • satisfazer os clientes nos compromissos (FR3) • entregar produtos conforme qualidade compromissada (FR31) • assegurar confiabilidade (FR32) • assegurar velocidade para atender clientes (FR33) • assegurar flexibilidade (FR34) • reduzir custo de material (FR35) • reduzir os defeitos dos produtos recebidos (FR311) • eliminar os defeitos de produção (FR312) • nivelar a demanda para a produção (FR331) • receber material com maior frequência (FR332)

Determinantes	Resultados
Objetivo financeiro	
<ul style="list-style-type: none"> • desenho do sistema de manufatura (DP4) • valor percebido pelo cliente (DP41) • custo meta da manufatura (DP42) • utilização mais adequada dos ativos (DP43) • diferenciação dos produtos (DP411) • espectro mais amplo de uso dos produtos (DP412) • técnicas de eliminação de desperdícios (DP421) • adoção de TPM (DP422) • melhor arranjo físico das máquinas (DP423) • técnicas de redução do tempo de <i>set up</i> (DP424) • adoção da abordagem de <i>rethinking</i> (DP425) • operação com baixos níveis de inventário (DP431) • máquinas melhor dimensionadas (DP432) 	<ul style="list-style-type: none"> • incrementar ROI (FR4) • aumentar as vendas (FR41) • minimizar custo de manufatura (FR42) • minimizar nível de investimento (FR43) • vender produtos com o mais alto preço (FR411) • aumentar volume de venda (FR412) • minimizar os custos de não conformidade (FR421) • minimizar custos de manutenção (FR422) • minimizar custos de movimentação e manuseio (FR423) • minimizar custo de <i>set up</i> (FR424) • minimizar custo administrativo da manufatura (FR425) • aumentar giro de estoque (FR431) • otimizar uso do espaço físico (FR432)

5.8 Relação de todas as medidas de desempenho identificadas no modelo de mensuração de desempenho

Todas as medidas de desempenho associadas aos requisitos funcionais nos quatro objetivos estratégicos são mostradas abaixo:

Tabela 5.12 – relação das medidas de desempenho

Objetivo de satisfazer os colaboradores
<ul style="list-style-type: none"> - pesquisa periódica de satisfação dos colaboradores (associada ao FR11) - vendas por colaborador (idem ao FR12) - % <i>turnover</i> dos colaboradores (associada ao FR13) <p>Não foi associada uma medida de desempenho ao FR1 (propiciar aprendizado e crescimento aos colaboradores)</p>

Objetivo voltado à organização interna
<ul style="list-style-type: none"> - rendimento de primeira passagem (associada ao FR21) - eficiência do <i>throughput</i> (associada ao FR22) - % custo dos processos internos / valor das vendas líquidas (idem ao FR23) <p>Não foi associada uma medida de desempenho ao FR2 (melhorar continuamente os processos organizacionais)</p>
Objetivo de satisfazer o cliente
<ul style="list-style-type: none"> - pesquisa periódica de satisfação (associada ao FR3) <p>Favor notar que opcionalmente não haveria necessidade de associar uma medida de desempenho a este requisito funcional de nível superior. Caso isto ocorra, pesquisa de satisfação representaria adequadamente o requisito de satisfazer os clientes nos compromissos assumidos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - % reclamação de clientes (associada ao FR 31) - % OTIF <i>on time in full</i> (associada ao FR32) - frequência de entrega (associada ao FR33) - % troca de mix/entrega/quantidade (idem ao FR34) - evolução dos custos dos materiais (idem ao FR35) - % defeitos externos (idem ao FR311) - % defeitos gerados internamente (idem ao FR312) - variabilidade de demanda dos clientes (idem ao FR331) - frequência de recebimentos (idem ao FR332)
Objetivo financeiro
<ul style="list-style-type: none"> - % ROI retorno sobre investimento (associada ao FR4) - evolução do valor das vendas (associada ao FR41) - % custo de manufatura / valor das vendas líquidas (idem ao FR42) - % valor de investimento / valor das vendas líquidas (idem ao FR43) - evolução do preço médio de vendas (idem ao FR411) - % aumento do volume de vendas (idem ao FR412) - valor de muda economizado (idem ao FR421) - % horas de parada de máquina / total de horas trabalhadas (idem ao FR422) - evolução do custo por unidade da atividade de manuseio e movimentação (idéia extraída do OMM <i>output measure methodology</i>) (associada ao FR423) - tempo de redução de troca de máquina (idem ao FR424) - % custo administrativo de manufatura / valor das vendas líquidas (idem ao FR425) - giro de estoque (idem ao FR431) - utilização de espaço na fábrica (idem ao FR432)

5.9 Abordagem do projeto axiomático

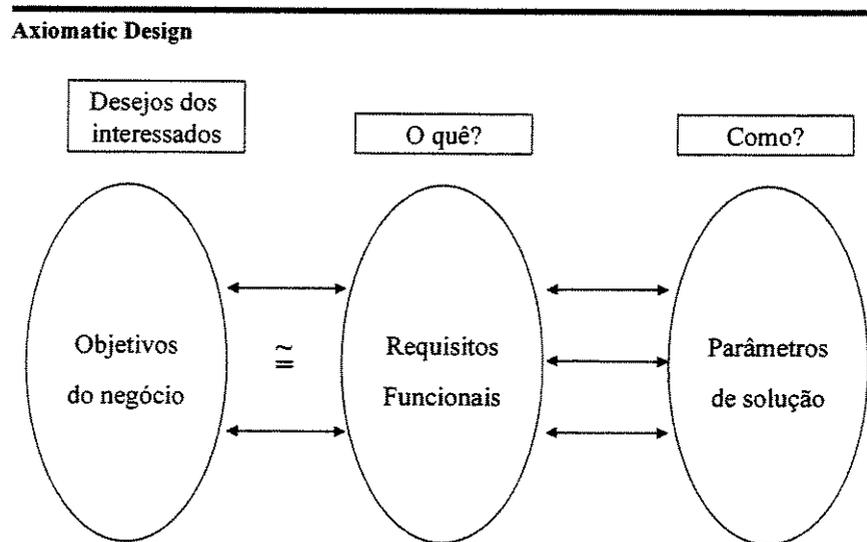


Figura 5.16 arquitetura do projeto axiomático

O projeto axiomático é feito de domínios: o domínio dos clientes ou interessados, o domínio funcional e o domínio físico conforme ilustrado na figura 5.6 acima. O que são domínios? Conforme Suh (2001) projeto ou desenho envolve uma influência recíproca entre “o que queremos atingir” e “como escolhemos para satisfazer as necessidades (os “que”)). O conceito de domínios cria linhas demarcatórias entre as diferentes atividades do projeto e serve como uma importante fundação do projeto

O domínio dos clientes ou interessados é caracterizado pelas necessidades ou atributos que os clientes procuram em um produto ou processo ou sistemas. No domínio funcional, as necessidades dos clientes são especificadas em termos de requisitos funcionais (neste trabalho os requisitos serão indicados pela sigla FR do inglês *functional requirements*). Os FRs são um conjunto de requisitos independentes que caracterizam as necessidades funcionais de um produto (ou sistema).

Para satisfazer os referidos FRs são especificados parâmetros de projeto (usaremos a sigla DP do inglês *design parameters*). Os DPs são as variáveis físicas que caracterizam o projeto e que satisfazem os FRs. Este é o domínio físico.

Esses dois domínios relacionam-se entre si em um processo contínuo de busca e proposição de soluções, fazendo com que ocorra a decomposição em níveis hierárquicos subseqüentes da estrutura. Do domínio funcional passa-se para o domínio físico, satisfazendo os requisitos funcionais e daí volta para o domínio funcional no nível inferior. A decomposição consiste em *zigzag* entre os domínios, ou seja, iniciar no domínio funcional (do *que*) criando os FRs. Em seguida ir para o domínio físico (do *como*) para conceitualizar um projeto e determinar seus correspondentes parâmetros de projeto (DPs) que satisfaçam os respectivos FRs de igual nível. Deve-se então retornar do domínio físico para o funcional do próximo nível inferior, criando os FRs deste nível que coletivamente satisfazem os FRs do nível superior. Retornamos ao domínio físico para encontrar os DPs que conceitualizem um projeto neste nível, que satisfaçam os respectivos FRs. Este processo de decomposição, ou de *zigzag*, é perseguido até que o FR possa ser satisfeito sem mais decomposição e o respectivo parâmetro de projeto possa ser implementado sem posteriores detalhamentos.

A figura 5.7 ilustra esse *zig zag* onde a partir do FR no domínio funcional passa-se para o domínio físico para determinar o DP correspondente. Retorna-se para o domínio funcional para criar FR1 e FR2 no nível abaixo que satisfaçam o FR. Voltamos ao domínio físico para encontrar o DP1 e DP2 que satisfaçam FR1 e FR2 respectivamente.

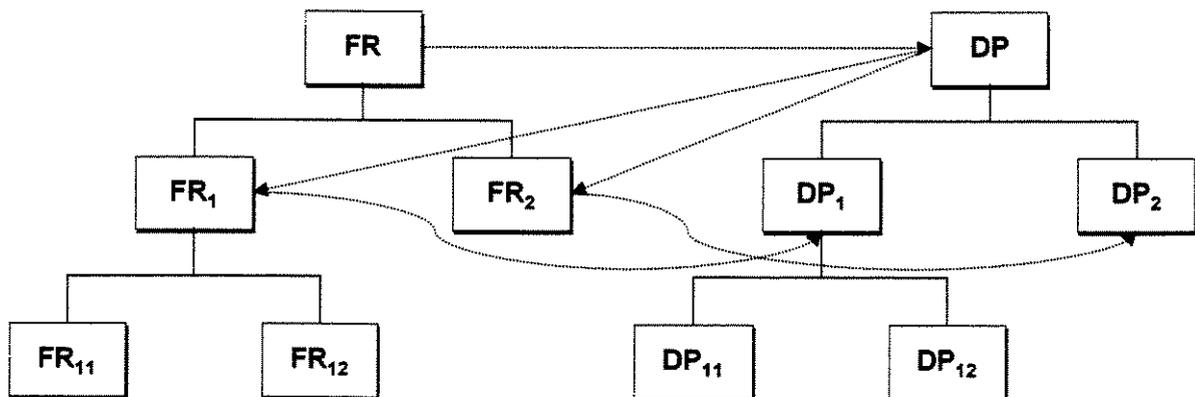


Figura 5.17 – Processo de decomposição em forma de *zig zag*

Para Suh (2001) no nível mais alto do projeto, o projetista desenvolve o conceito do projeto baseado no conhecimento disponível, neste momento ele desenvolve a intenção do projeto. Através do processo de decomposição, onde os vetores FR e DP são desdobrados ao nível mais baixo de FRs e DPs, o projetista está transformando sua intenção expressa na matriz de desenho do mais alto nível em detalhes de desenho realizáveis encontrados nas matrizes de desenho de nível mais baixo. Em cada nível de decomposição, as decisões de projeto devem ser consistentes com as decisões de projeto do nível superior que já foram feitas.

Para se ter certeza de que as decisões corretas de projeto foram tomadas, devemos escrever a equação do projeto abaixo em cada nível de decomposição. O processo de mapeamento entre os domínios pode ser expresso matematicamente em termos dos vetores característicos que definem os objetivos do projeto e as soluções do projeto. A qualquer nível da hierarquia do projeto, o conjunto de requisitos funcionais que define os objetivos específicos constitui o vetor FR no domínio funcional. De forma similar, o conjunto de parâmetros de desenho no domínio físico escolhido para satisfazer os FRs constitui o vetor DP. Os FRs e DPs são conectados por meio de matrizes de projeto onde um vetor de FRs pode ser relacionado com seu respectivo vetor de DPs. A relação entre esses dois vetores pode ser escrita na seguinte equação:

$$\{FR\} = [A] \{DP\}$$

Onde:

{FR} = vetor de requisitos funcionais

{DP} = vetor de parâmetros de projeto

[A] = matriz de projeto

A matriz de projeto [A] tem o seguinte formato para um projeto que tenha, por exemplo, três FRs e três DPs :

$$\begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} \\ \dots & \dots & \dots \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} \\ \dots & \dots & \dots \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} \\ \dots & \dots & \dots \end{bmatrix}$$

Cada elemento A_{ij} da matriz refere-se a um componente do vetor FR para um dado componente do vetor DP. Existem dois casos especiais de matriz de projeto: *uncoupled* (representado por uma matriz diagonal) ou *decoupled* (matriz de projeto triangular). Na matriz

diagonal, todo $A_{ij} = 0$ exceto aqueles onde $i = j$, logo a matriz de projeto [A] seria assim: (vide equação do projeto adiante)

$$\begin{bmatrix} A_{11} & 0 & 0 \\ 0 & A_{22} & 0 \\ 0 & 0 & A_{33} \end{bmatrix}$$

Na matriz triangular, a matriz de projeto [A] seria representada abaixo:

$$\begin{bmatrix} A_{11} & 0 & 0 \\ A_{21} & A_{22} & 0 \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} \end{bmatrix}$$

Uma outra maneira de representar a matriz acima é apresentada abaixo.

$$\begin{bmatrix} X & 0 & 0 \\ X & X & 0 \\ X & X & X \end{bmatrix}$$

Os elementos binários da matriz de projeto, expressos como Xs e 0s, indicam a presença ou ausência de uma relação entre um DP e seu respectivo FR. Xs devem estar sempre presentes ao longo da diagonal, significando que cada DP afeta seu respectivo FR (exemplo, $A_{11} = X$ indica que DP1 afeta FR1). O X no A_{21} indica que DP1 afeta também FR2. A informação da matriz de projeto pode ser também representada graficamente, conforme pode ser vista abaixo. Uma flecha de um DP para um FR indica a presença de um elemento X não diagonal na matriz de projeto como é o caso dos A_{21} , A_{31} e A_{32} . Uma linha firme de um DP para um FR indica a presença de um elemento X diagonal na matriz de projeto como é o caso dos A_{11} , A_{22} e A_{33} .

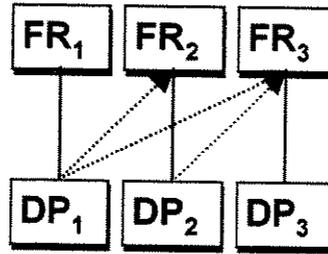


Figura 5.18 – influencia dos DPs nos FRs

O caso mais simples de um projeto ocorreria quando todos os elementos não diagonais são iguais a zero e, neste caso, a equação seria expressa por:

(no formato de um projeto com três FRs e três DPs)

$$\begin{Bmatrix} FR1 \\ FR2 \\ FR3 \end{Bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} A11 & 0 & 0 \\ 0 & A22 & 0 \\ 0 & 0 & A33 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP1 \\ DP2 \\ DP3 \end{Bmatrix}$$

Esta equação representa a matriz diagonal cujos elementos diagonais são os únicos diferentes de zero. Um projeto representado por esta matriz e por esta equação satisfaz o axioma de independência, pois a independência de FRs é assegurada quando DPs são alterados. Cada um dos FRs pode ser satisfeito independentemente por meio de um DP. Esta matriz é denominada por Suh de *uncoupled*.

A outra situação é a da matriz triangular, ou *decoupled*, sendo a equação de projeto definida por: (no formato de um projeto com três FRs e três DPs)

$$\begin{Bmatrix} FR1 \\ FR2 \\ FR3 \end{Bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} A11 & 0 & 0 \\ A21 & A22 & 0 \\ A31 & A32 & A33 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP1 \\ DP2 \\ DP3 \end{Bmatrix}$$

A independência dos FRs pode ser garantida se e somente se os DPs são determinados em uma seqüência apropriada, ou seja, a seqüência de alteração de DPs é determinante para se garantir a independência dos FRs. Por exemplo, se DP1 for alterado pode-se satisfazer FR1. Embora isso possa satisfazer ou afetar os FRs seguintes (FR2...FRk), os parâmetros de projeto DP2....DPk podem ser ajustados seqüencialmente sem que se altere o valor dos FRs anteriores. O que não pode ocorrer, de forma nenhuma, é um dado DP satisfazer FRs anteriores, assim, DP3

pode satisfazer FR3 e afetar FRs seguintes, mas não pode afetar FR2 ou FR1. Esta situação viola o axioma da independência.

A matriz nesta situação seria denominada de *coupled* ou matriz cheia, no qual a matriz constituiria-se de elementos diferentes de zero. A equação de projeto seria a seguinte:

$$\begin{Bmatrix} FR1 \\ FR2 \\ FR3 \end{Bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} A11 & A12 & A13 \\ A21 & A22 & A23 \\ A31 & A32 & A33 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP1 \\ DP2 \\ DP3 \end{Bmatrix}$$

Por fim, devemos definir o que é um axioma e os dois axiomas que norteiam a abordagem axiomática. Um axioma é uma premissa evidente que se admite como verdadeira sem exigência de demonstração ou ainda uma verdade auto evidente. Existem axiomas fundamentais que governam o processo de um projeto ou desenho. Dois axiomas foram identificados por Suh no exame dos elementos comuns que estão sempre presentes nos bons projetos e também examinando ações tomadas durante o estágio de projeto que resultaram em melhorias dramáticas.

O primeiro axioma é denominado de **axioma da independência**. Este axioma estabelece que a independência dos requisitos funcionais FRs deve ser sempre mantida, onde FRs são definidos como o conjunto mínimo de requisitos independentes que caracterizam os objetivos do projeto. Isto significa dizer que quando existem dois ou mais FRs, a solução do projeto deve ser de tal forma que cada um dos FRs deve ser satisfeito sem afetar os outros FRs. Um conjunto correto de DPs deve ser escolhido para satisfazer os FRs e manter sua independência. Este axioma exige que as *funções* do projeto sejam independentes um do outro e não as partes físicas; portanto a independência é funcional e não física.

O segundo axioma é o **axioma da informação** e estabelece que entre os projetos que satisfazem o axioma da independência, o projeto que tiver o menor conteúdo de informação é o melhor projeto. A máxima deste axioma é minimizar o conteúdo de informação para atingir os objetivos do projeto. Assim, quanto maiores as chances de satisfazer um requisito funcional, menor será o conteúdo de informação necessário. Este axioma pode ser representado como sendo:

$$I = \log_2 (1/p) = - \log_2 P$$

O conteúdo de informação I para um dado FR é definido em termos de probabilidade P de satisfazer FR. Quando todas as probabilidades são iguais a 1.0, o conteúdo de informação é zero e, ao contrário, a informação necessária é infinita quando uma ou mais probabilidades são iguais a zero. Assim, se a probabilidade de sucesso é pequena ou baixa, mais informações devem ser fornecidas para satisfazer os requisitos funcionais e o projeto é considerado complexo. Essa noção de complexidade está amarrada à faixa de projeto para os FRs: quanto mais estreita esta faixa, mais difícil será satisfazer os FRs.

Na realidade, a probabilidade de sucesso está governada pela intersecção da faixa de projeto definida pelo projetista para satisfazer os FRs e a faixa do sistema, isto é, a habilidade do proposto projeto em satisfazer ou atender esses FRs dentro da faixa especificada. Se houver uma perfeita intersecção, a probabilidade será de 100% ou igual a 1.0 e o conteúdo de informação é zero. Se o sistema atender apenas 25% da faixa especificada, a probabilidade é de 0.25 e o conteúdo de informação de 2.0 (cálculos obtidos usando a equação acima).

Assim, o melhor projeto escolhido pelo axioma da informação é aquele que tem a maior probabilidade de sucesso.

(nota: uma vez que não existe um consenso quanto a uma tradução adequada para estes termos e a terminologia definida por Suh ser conhecida e utilizada pelos seus adeptos, este trabalho manterá esses termos em inglês).

5.10 Definição e forma de cálculo das medidas de desempenho

Nesta seção, todas as medidas de desempenho são definidas e suas fórmulas de cálculo demonstradas. Começando pelas medidas do objetivo dos colaboradores.

Pesquisa periódica de satisfação dos colaboradores

Definição – a pesquisa tem o objetivo de medir a satisfação dos colaboradores quanto ao aprendizado e crescimento que a empresa tem lhes propiciado. Quanto maior o nível de satisfação, mais motivados e produtivos os colaboradores estarão para realizar as mudanças na organização de modo a torna-la cada vez mais competitiva.

Forma de cálculo – a ser definida na pesquisa.

% turnover dos colaboradores

Definição – mede a rotatividade dos colaboradores relativa às suas demissões. Quanto menor este percentual, mais satisfeitos os colaboradores que são considerados talento estarão com a empresa e menos motivos enxergarão para deixá-la.

Forma de cálculo – colaboradores demitidos dividido pelo número total de colaboradores. O cálculo pode ser feito de forma mensal e cumulativo.

Vendas por colaborador

Definição – mede a produtividade dos colaboradores como reflexo do aprimoramento e melhoria da tecnologia de informação para eles tomarem as decisões mais corretamente e melhor gerenciarem suas atividades.

Forma de cálculo – vendas líquidas (sem impostos sobre vendas) dividido pelo número total de colaboradores. O cálculo pode ser feito mensalmente monitorando uma tendência ao longo de um período maior (um ou dois anos) ou cumulativamente comparando o valor deste ano com os anos anteriores.

O próximo bloco é o das medidas de desempenho do objetivo da organização interna.

Rendimento de 1ª passagem

Definição - mede a porcentagem de total de itens que passam em todos os estágios de produção sem reparo, retrabalho ou defeito. Quanto melhor esse rendimento melhor será a confiabilidade do processo produtivo em fazer as entregas aos clientes no prazo e quantidade solicitadas.

Forma de cálculo - multiplicação do rendimento do 1º estágio X rendimento do 2º estágio X rendimento dos estágios 3, 4.... onde:

o rendimento da 1ª passagem em cada estágio produtivo = total de itens sem defeito dividido pelo total de itens processados.

Eficiência do throughput

Definição - conforme dito na seção 4.2.4 *throughput* significa o tempo gasto para converter a matéria prima em produto acabado com toda a ineficiência (tempo parado em estoque + tempo de espera por mercadoria etc) e o seu despacho a partir do momento que entra o pedido do cliente. Mede a velocidade em que a peça leva para mover-se ao longo de todo um processo ou um fluxo de valor.

Forma de cálculo - tempo de processamento da peça / tempo do *throughput*

% custo dos processos internos / valor das vendas líquidas

Definição - Mede a evolução relativa do custo dos processos de produção em relação a vendas líquidas (sem impostos sobre vendas). Quanto menor este percentual mais controle a manufatura terá sobre seus processos produtivos. Em épocas de venda crescente, o custo dos processos poderá subir, porém, se bem controlado, em proporção menor que o aumento da venda. Em épocas de recessão nas vendas, o custo dos processos deverá cair proporcionalmente mais que as vendas.

Forma de cálculo - total do custo dos processos de produção dividido pelo valor de vendas líquidas. O cálculo pode ser feito de forma mensal ou cumulativo. Conforme dito anteriormente, deve se utilizar a metodologia de custeio baseado em atividades para calcular os custos dos processos.

O bloco seguinte é o das medidas de desempenho do objetivo do cliente.

Pesquisa periódica de satisfação dos clientes

Definição - a pesquisa tem o objetivo de medir a satisfação dos clientes nos compromissos assumidos relativas às cinco dimensões competitivas. Quanto maior o nível de satisfação, mais fidelizados estarão e retribuirão com aumento das vendas.

Forma de cálculo - a ser definida na pesquisa.

% de reclamação de clientes

Definição - mede a satisfação dos clientes quanto a qualidade dos produtos recebidos por eles. Quanto menor o nível de reclamação, mais satisfeitos estarão e retribuirão com aumento das vendas.

Forma de cálculo - quantidades de itens defeituosos dividido por total de itens entregues ao cliente, medido em ppm (partes por milhão de itens). Este cálculo poderá ser feito por mês, trimestre e acumulado do ano.

% OTIF (*on time in full* ou pedidos entregues a tempo e total)

Definição - mede a eficácia do processo de produção em atender a programação do cliente, isto é, atender os pedidos entregues no tempo solicitado e na quantidade solicitada. Contrariamente à medida anterior, quanto maior este percentual melhor. A empresa torna-se cada vez mais confiável.

Forma de cálculo - quantidade de pedidos entregues fora do prazo combinado e/ou da quantidade solicitada dividido pelo total de pedidos despachados no mês, trimestre ou acumulado do ano.

Frequência de entrega

Definição - mede a frequência com que os produtos são despachados aos clientes. Quanto maior essa frequência, melhor o giro dos estoques da empresa. Para que isso seja possível, os materiais movem mais rapidamente dentro da empresa. Esta medida representa a quantidade média de entregas por dia aos diversos clientes

Forma de cálculo - dividindo a quantidade total de entregas efetuadas aos clientes pelo número de dias do período a que se referem as entregas. Assim, essa medida pode ser mensal ou trimestral. Este cálculo pode ser feito pelo total de clientes da empresa ou individualizado por cliente.

% troca de entrega/mix/quantidade

Definição - mede a rapidez que a empresa tem para mudar a variedade dos produtos existentes em um período (mix), mudar a quantidade e/ou de mudar as datas de entregas assumidas (entrega). Quanto mais flexibilidade a manufatura tiver, mais ela terá condições de atender os pedidos do cliente a tempo e no total (OTIF).

Forma de cálculo - dividindo a quantidade de variações ou alterações pela quantidade de itens programados originalmente. Este cálculo pode ser feito pelo total de clientes da empresa ou individualizado por cliente.

Evolução dos custos dos materiais em relação a evolução do preço de vendas

Definição - Trata de medir como os custos dos materiais crescem ao longo do tempo (como reflexo dos preços meta negociados com os fornecedores) em proporção a evolução do preço de vendas. Quanto menor este fator abaixo de 1 melhor para a empresa.

Forma de cálculo - o calculo deve ser feito para cada linha de produto cujo material participe, dividindo o percentual de evolução do custo do material pelo percentual de evolução do preço de vendas. Este ultimo percentual pode ser obtido da perspectiva financeira. Caso qualquer um dos percentuais de evolução for negativo, o calculo será prejudicado.

% defeitos externos

Definição - mede a qualidade dos produtos recebidos dos fornecedores. A manutenção de um estreito relacionamento com os fornecedores e a transferência de conhecimento a eles permitirão

receber material com alta qualidade. Isto acarreta um efeito incremental na qualidade interna e na produtividade devido a menos retrabalhos e reparos.

Forma de cálculo - quantidades de itens defeituosos dividido por total de itens recebidos dos fornecedores, medido em ppm (partes por milhão de itens).. Esta medida pode ser calculada em base mensal, trimestral ou anual.

% defeitos gerados internamente

Definição - mede a qualidade dos produtos fabricados pela empresa. Um bom controle do seu processo produtivo aliado a uma alta qualidade dos produtos recebidos fazem reduzir o nível de defeitos internos. Isto causa um efeito positivo na satisfação dos clientes no tocante a qualidade dos produtos. Um foco na construção da qualidade (*build in quality*) é um requisito para uma efetiva manufatura enxuta ao invés de confiar em um processo de inspeção formal.

Forma de cálculo - quantidade de produtos que falham na primeira inspeção dividido pela quantidade total de produtos fabricados. Esta medida pode ser calculada em base mensal, trimestral ou anual.

Variabilidade da demanda dos clientes

Definição - a estabilidade de demanda dos clientes possibilita maior confiabilidade e frequência de entrega aos mesmos. Clientes que mudam freqüentemente seus volumes de demanda criam distúrbios ao longo do fluxo de valor, necessitando de ajustes nos materiais, mão de obra e outros recursos piorando sua produtividade e qualidade.

Forma de cálculo - dividindo a quantidade de variações ou alterações pela quantidade de itens programados originalmente. Este cálculo pode ser feito pelo total de clientes da empresa ou individualizado por cliente.

Frequência de recebimentos

Definição - mede a frequência com que os produtos são recebidos dos fornecedores. Quanto maior essa frequência, mais rápido os materiais se movem dentro das plantas (eficiência de throuput). Esta medida representa a quantidade média de recebimentos por dia dos diversos fornecedores.

Forma de cálculo - dividindo a quantidade total de entregas recebidas dos fornecedores pelo número de dias do período a que se referem as entregas. Assim, essa medida pode ser mensal ou

trimestral. Este cálculo pode ser feito pelo total de fornecedores da empresa ou individualizado por fornecedor.

Finalmente, o ultimo bloco é o das medidas de desempenho do objetivo financeiro.

Evolução do valor das vendas

Definição - Mede a rapidez com que o negócio como um todo está crescendo em relação ao período anterior e ao longo de um período de vários anos.

Forma de cálculo - várias maneiras possíveis:

- Em valor absoluto. Valor desse período (mês, trimestre ou ano) deduzido de igual período do(s) ano(s) passado(s)

- Em percentagem. (Valor desse período - mês, trimestre ou ano dividido pelo valor de igual período do(s) ano(s) passado(s)) - 1

(nota: em alguns períodos, o cálculo poderá ser negativo ou o percentual negativo; o que conta é a evolução ao longo do tempo)

% Custo de manufatura / valor das vendas líquidas

Definição - Mede a evolução relativa do custo de manufatura em relação a vendas líquidas (sem impostos sobre vendas). Quanto menor este percentual mais controle a manufatura terá sobre seus custos. Em épocas de venda crescente, o custo de manufatura subirá porém em proporção menor que o aumento da venda. Em épocas de recessão nas vendas, o custo de manufatura deverá cair proporcionalmente mais que as vendas.

Forma de cálculo - total do custo de manufatura (entendido como a somatória dos custo de material + mão de obra direta + custos indiretos de manufatura) dividido pelo valor de vendas líquidas. O cálculo pode ser feito de forma mensal ou cumulativo.

% Valor de investimento / valor das vendas líquidas

Definição - Racionalização do valor dos investimentos decorrente de uma economia no uso do espaço físico da fábrica e melhor utilização dos estoques. Quanto menor este percentual maior o retorno sobre o investimento (ROI). Analogamente à medida anterior, em épocas de venda crescente, o valor do investimento deverá subir porém em proporção menor que o aumento da venda. Em épocas de recessão nas vendas, o valor do investimento deverá cair proporcionalmente mais que as vendas.

Forma de cálculo - total do valor do investimento (entendido como valor dos estoques e valor do espaço físico) dividido pelo valor de vendas líquidas. O cálculo pode ser feito de forma mensal ou cumulativo.

Evolução do preço médio de vendas

Definição – Trata de medir como o preço de vendas cresce ao longo do tempo como reflexo da diferenciação do produto para o cliente.

Forma de cálculo – o cálculo deve ser feito para cada linha de produto:

- Em valor absoluto. Valor desse período (mês, trimestre ou ano) deduzido de igual período do(s) ano(s) passado(s)

- Em percentagem. Valor desse período - mês, trimestre ou ano dividido pelo valor de igual período do(s) ano(s) passado(s) - 1

(nota: em alguns períodos, o cálculo poderá ser negativo ou o percentual negativo; o que conta é a evolução ao longo do tempo)

Evolução do volume de vendas

Definição – Trata de medir como o volume de vendas cresce ao longo do tempo como reflexo do espectro mais amplo do uso dos produtos.

Forma de cálculo - o cálculo deve ser feito para cada linha de produto:

- Em valor absoluto. Valor desse período (mês, trimestre ou ano) deduzido de igual período do(s) ano(s) passado(s)

- Em percentagem. Valor desse período - mês, trimestre ou ano dividido pelo valor de igual período do(s) ano(s) passado(s) - 1

(nota: em alguns períodos, o cálculo poderá ser negativo ou o percentual negativo; o que conta é a evolução ao longo do tempo).

Valor de muda economizado

Definição - é a materialização em bases financeiras dos projetos de melhoria implementados. Trata de mensurar e acumular o quanto de resultado ou benefício financeiro os projetos de melhoria trazem para a empresa.

Forma de cálculo - somatória dos valores de benefício financeiro de cada projeto independente do tempo que se levará para sua implementação. O cálculo pode ser feito de forma mensal ou cumulativo.

% de horas de parada de maquina / total de horas trabalhadas

Definição – mede o comportamento das horas paradas de maquina em proporção ao total de horas trabalhadas de maquina. Quanto menor este percentual menor será o custo de manutenção da fabrica.

Forma de cálculo – total de horas paradas de maquina dividido pelo total de horas trabalhadas de maquina. O cálculo pode ser feito de forma mensal ou cumulativo.

Comportamento do custo por unidade da atividade de manuseio e movimentação

Definição – Trata de medir como o custo da atividade de manuseio e movimentação por unidade de consumo se comporta ao longo do tempo como reflexo do melhor arranjo fisico das maquinas. O melhor arranjo fisico permitirá movimentar em tempo menor uma mesma quantidade de peças ou movimentar lotes menores de transferência de cada vez. Assim, quanto menor o custo por movimentação ao longo do tempo melhor para a fabrica.

Forma de cálculo – a unidade de consumo seria determinar quantas peças são possíveis de serem manuseadas e movimentadas em cada operação. Exemplificando, digamos 10.000 peças em media a cada manuseio e movimentação pela fabrica. Por fim o custo por unidade de movimentação é calculado dividindo o custo dessas atividades (determinado utilizando a metodologia do custeio baseado em atividades) pelo total de manuseio/movimentações.

O calculo pode ser feito mensalmente monitorando uma tendência ao longo de um período maior (um ou dois anos) ou cumulativamente comparando o valor deste ano com os anos anteriores.

Tempo de redução de trocas de máquinas (set up)

Definição - alguns dos projetos de melhoria podem estar relacionados com redução do tempo das trocas ou *setup* de máquinas. O resultado desses projetos está no tempo que foram reduzidas as trocas de máquinas para ganhar flexibilidade e velocidade.

Forma de cálculo - somatória da redução dos tempos nas trocas de máquinas antes e depois das alterações. Este tempo pode ser pontual e cumulativo.

% custo administrativo de manufatura / valor das vendas liquidas

Definição – mede a evolução do custo administrativo de manufatura em proporção as vendas liquidas. Quanto menor este percentual melhor o controle que a fabrica possui sobre seu custo administrativo.

Forma de cálculo – total do custo administrativo (entendido como sendo as áreas de suporte da manufatura) dividido pelo valor de vendas líquidas. O cálculo pode ser feito de forma mensal ou cumulativo.

Giro de estoque

Definição - mede a rapidez com que o estoque total (matéria prima, em processo e acabados) gira em relação as vendas. Quanto mais estável for o processo de produção, quanto menor for o *throughput time*, e o material fluir mais rapidamente, maior será o giro de estoque, menor capital de giro empregado e conseqüentemente maior será a geração de caixa para a empresa.

Forma de cálculo - dividindo o custo das vendas anualizado (sem incluir despesas administrativas e comerciais) pelo estoque total. O valor desse estoque pode ser o do momento, a média do ano ou do final do ano. Alternativamente poderá ser calculado o número de dias em estoque de mat. prima, em processo e acabados ao invés do giro nos casos em que for difícil obter o valor do custo de vendas. Assim basta dividir o estoque respectivo em unidades pelas sua respectiva saída em unidades: consumo de mat. prima; produção realizada ou venda efetivada. Seu impacto será no fluxo de caixa da empresa e a valorização será feita subtraindo o valor do estoque do período atual contra o período anterior (mês e acumulado). Se negativa essa diferença, a empresa está tendo sucesso em reduzir seu capital empregado no estoque e gerando mais caixa.

Utilização de espaço

Definição - economia na utilização de espaço decorrente das modificações provocadas pela manufatura enxuta em relação a situação anterior. A economia acontecerá no espaço físico da fábrica: menor espaço utilizado para as máquinas, equipamentos, almoxarifado e inventário de matéria prima, produtos acabados e em processo no meio da fábrica. Esta economia de espaço poderá acarretar uma redução de custo (caso a empresa pague aluguel pelo espaço); um ganho adicional (caso ela consiga alugar este espaço a terceiros) ou um incremento nos negócios no caso da empresa ter aumento das vendas e não precisar alugar espaço adicional.

Forma de cálculo - a diferença do espaço anterior e do espaço atualmente utilizado. O ideal é que se calcule esta diferença mês a mês, acumulado do trimestre e/ou do ano. A valorização desta medida será feita multiplicando a economia de espaço pelo valor do metro quadrado. Outra maneira é calcular o número de unidades (ou qualquer outra unidade) produzidas dividido por *metragem quadrada* do espaço de manufatura e estocagem. Sua valorização será feita

multiplicando a redução deste fator (da situação atual em relação a situação anterior) pelo valor de uma unidade produzida por metro quadrado.

5.11 Sumario

Uma proposta de um modelo de mensuração de desempenho foi apresentada neste capítulo, modelo esse que endereça o problema central desta Tese, qual seja, fechar o *gap* existente nos sistemas de mensuração de desempenho entre os objetivos da empresa e as medidas de desempenho. Esta proposta parte de um modelo de negocio da empresa; deste modelo deriva a estratégia de manufatura que irá embasar o projeto do sistema de manufatura enxuta. Este sistema de manufatura é decomposto em vários níveis para refletir a decomposição dos objetivos estratégicos em requisitos funcionais e parâmetros de projeto. Cada nível de decomposição refere-se a um nível hierárquico da empresa. Por fim, medidas de desempenho são alinhadas ao sistema de manufatura assegurando que elas mantenham o balanceamento nos quatro objetivos do modelo de negocio.

Capítulo 6

Aplicação prática na CBC Companhia Brasileira de Cartuchos

6.1 Introdução

A escolha por esta empresa industrial do setor de munição deve-se ao fato dela já ter iniciado a produção enxuta há aproximadamente três anos atrás e assim poderemos comparar seus resultados com a situação anterior. A opção por se realizar o estudo de caso em uma única empresa justifica-se pela dificuldade em encontrar empresas que estejam dispostas a abrir suas portas para este tipo de pesquisa; pela dificuldade em compatibilizar as diferentes estratégias de empresas que competem em mercados com características diversas, além das diversidades relativas aos produtos e aos processos que diferentes segmentos apresentariam.

Este capítulo divide-se em duas partes: a primeira discorre sobre a empresa, sobre o produto cartucho e a área de aplicação prática na CBC (seções 6.2 a 6.4). A segunda parte é a mais significativa do estudo de caso onde se procura validar o modelo proposto no capítulo anterior, isto é, se a estrutura do projeto de manufatura enxuta com a sua decomposição e a correlação das medidas de desempenho entre os diversos níveis se verifica na prática (seção 6.6).

Por fim, várias expressões em inglês serão utilizadas ao longo deste capítulo, por serem de uso e prática corrente.

6.2 Sobre a empresa

Fundada em 1926 por imigrantes italianos com o nome de Fábrica Nacional de Cartuchos e Munições, em 1936 passou o controle acionário para Remington Arms e ICI. Em 1979 mudou a

razão social para a atual onde 70% da empresa passou para as mãos dos diretores e 30% para a Imbel Indústria de Material Bélico do Brasil. Finalmente em 1989 as ações dos diretores passam para o Grupo Arbi (nacional) e até hoje essa composição acionária se mantém.

A CBC é hoje uma das mais importantes fábricas de armas e munições do mundo, ocupando uma extensa área de cerca de 1.800.000 m², localizada na Município de Ribeirão Pires, em S.Paulo, empregando 1000 funcionários que utilizam as mais modernas tecnologias disponíveis no setor. Outra fábrica menor se localiza em São Leopoldo, no Rio Grande do Sul. Ela conta com uma ampla gama de produtos para uso civil, policial e militar, incluindo cartuchos de fogo central e cartuchos de fogo circular para armas curtas e longas, cartuchos para armas não raiadas, munições de médio calibre, cartuchos de uso industrial, componentes de munições, pólvora, espingardas e rifles. Seus produtos atendem às normas internacionais e são homologados pelas Forças Armadas do Brasil e pelos principais bancos de prova europeus. Exporta 70% de toda sua produção para mais de 65 países e sua produtividade atual está abaixo de 2,8 horas/homem para cada 1000 cartuchos. É certificada desde janeiro 2000 pela ISO 9001 e neste mesmo ano ela se iniciou no sistema de manufatura enxuta.

Os objetivos da empresa estão expressos da seguinte maneira:

- a) Oferecer produtos e serviços de qualidade, competitivos internacionalmente e suportados por uma logística eficiente para atender as expectativas dos seus clientes;
- b) Assegurar a melhoria contínua dos processos da organização;
- c) Motivar os seus funcionários a participar ativamente através de treinamento e desenvolvimento profissional;
- d) Garantir o lucro ao acionista para assegurar o investimento a longo prazo

6.3 Sobre o produto cartucho

Um cartucho é composto normalmente de 4 partes: estojo; espoleta com mistura iniciadora; pólvora e projétil. Ao acionar o gatilho da arma, seu percussor esmaga violentamente a mistura iniciadora. Esta, ao ser detonada, produz chamas de alto poder calorífico que passam por orifícios existentes no fundo do alojamento da espoleta e dão início à combustão dos grãos de pólvora. Como o cartucho está confinado na câmara da arma e a única saída livre é o seu cano, a pressão

desenvolvida pelos gases acaba por impelir o projétil através desta saída: o cano da arma. A *bala* é impulsionada pela ação dos gases resultantes da queima da pólvora. Ao atravessar o cano da arma, em função do raiamento nele existente, adquire a rotação necessária para sua estabilização no deslocamento até o alvo.

Quando a percussão ocorre em uma espoleta que está colocada no centro da cabeça do estojo, o cartucho é denominado de fogo central. No entanto, quando a mistura iniciadora fica contida no bordo interno da cabeça do cartucho, constituindo um verdadeiro anel, o cartucho é de fogo circular. Neste caso, a mistura e a pólvora estão em contato direto e o esmagamento da mistura é feito pela pancada do percussor da arma que, assim, comprime o bordo da cabeça do estojo contra a câmara da arma.

A descrição do produto cartucho feita aqui tem a finalidade de facilitar o entendimento do processo de fabricação na próxima seção.

6.4 Área de aplicação prática na CBC

Por conveniência da empresa, o sistema de manufatura enxuta iniciou-se na **fábrica de cartuchos de fogo central** no segundo semestre de 2000 por iniciativa do Diretor Industrial com a ajuda de uma consultoria americana formada por ex profissionais da Toyota. Até o momento esta experiência está restrita ao fogo central e há planos de estendê-la à fábrica do sul do país. Com a manufatura enxuta, esta fábrica aumentou sua produção de 620.000 cartuchos/dia entre 1999/2000 para 740.000 cartuchos/dia no 2º semestre de 2002. Como esta fábrica produz cartuchos de diversos calibres, e portanto com complexidade distintas, poderia se comentar que este indicador não seria correto. No entanto, seu mix de produtos (calibres) tem se mantido relativamente padrão ao longo do tempo. A Diretoria Industrial decidiu então aplicar o modelo na fábrica como um todo e não em uma família específica do fogo central, até por uma questão de facilidade de obtenção dos dados porque todas suas estatísticas internas não tratam por família e sim todo o fogo central.

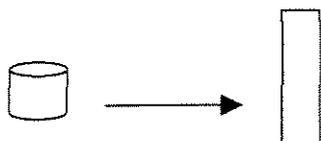
O processo de fabricação de um cartucho de fogo central é relativamente simples e consiste de três fases conforme figura 6.1:

Operação bordo (BMV) – Esta operação consiste em esticar o “copo” de latão fornecido pela fábrica de copos e deixá-lo no formato de “estojo”, com a gravação do calibre do estojo.

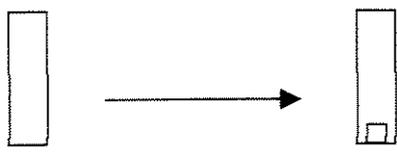
Operação torno/capsular – Esta operação consiste em inserir no estojo uma espoleta, além de fazer um friso no estojo. Esta junção espoleta/estojo é impermeabilizada com produtos especiais para perfeita estanqueidade.

Operação carregar – Consiste em adicionar ao estojo espoletado a pólvora e inserir o projétil de chumbo no estojo carregado com pólvora.

Operação bordo



Operação torno/capsular



Operação carregar



Figura 6.1 – processo de fabricação do cartucho de fogo central

Cabe mencionar que a CBC tem produção própria do copo de latão a partir de bobinas fornecidas pela Eluma, da espoleta, do projétil feito de chumbo e da pólvora. Todas essas “fábricas” são tratadas como fornecedores independentes do fogo central e não foram objeto de pesquisa para efeitos deste modelo. Conforme dito acima, não há qualquer intenção de aplicar a manufatura enxuta nessas fábricas.

6.5 Mapas dos fluxos de valor

O mapa do fluxo de valor do estado antes da manufatura enxuta da CBC pode ser vista na figura 6.2 abaixo e segue a mesma simbologia utilizada no livro *Aprendendo a enxergar* de Rother e Shook (1999). A operação antes da manufatura enxuta era típica de produção em massa com as características abaixo descritas:

- a) sistema de produção empurrada baseada em previsão mensal;
- b) o PCP recebe previsão do pessoal de vendas por produto, consolida, processa e envia um programa mensal para cada processo de manufatura do fogo central, as “fábricas” internas e Eluma sobre o que deve ser produzido e quando (os fluxos de informação são representados por uma linha estreita);
- c) o PCP também envia uma programação diária de entrega para a expedição;
- d) cada processo de fabricação operando como ilha isolada de montagem;
- e) manufatura em lote (*batch*) com longo tempo de troca (*change over*);
- f) lógica do processo ser difícil de enxergar na frente e atrás;
- g) níveis elevados de estoque de produtos acabados, em processo e matéria prima
- h) qualidade no final do processo com limitada ação para solução de problemas e alto nível de refugo;
- i) dificuldade em identificar áreas de melhoria

O ícone de mapeamento do movimento de material empurrado é uma seta listrada. Cada um dos processos de manufatura e as “fábricas” estão produzindo de acordo com a programação mensal, de modo que a transferência de material de um processo para o seguinte ocorre via empurrar. Na ponta esquerda do mapa, o fornecedor de latão (Eluma) recebe a programação, também mensal, e entrega as bobinas três vezes na semana.

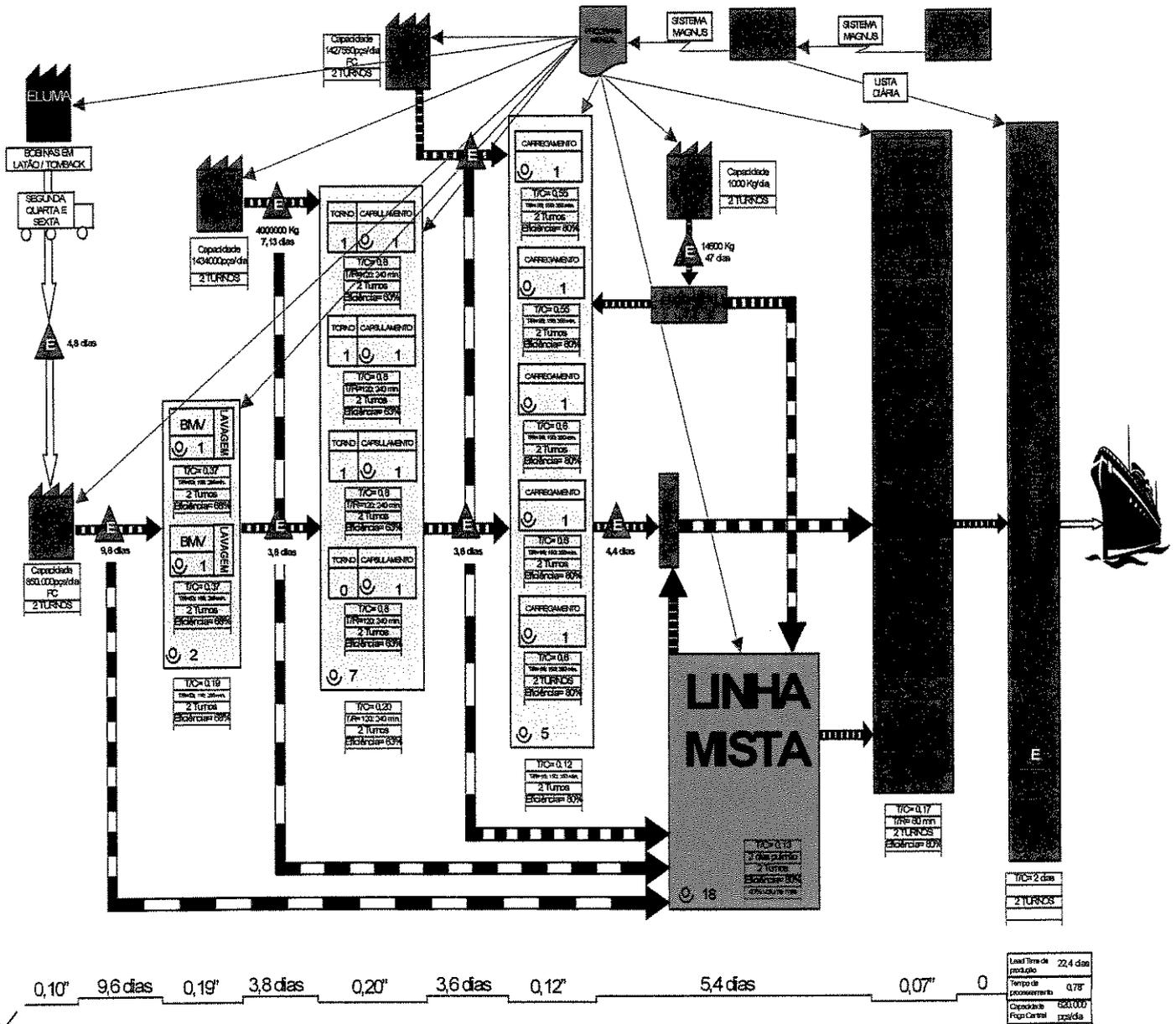


Figura 6.2 – mapa do fluxo de valor do estado antes da manufatura enxuta

O fluxo de material é desenhado da esquerda para a direita na seqüência das etapas dos processos e não de acordo com o *layout* físico da planta. No fogo central há quatro processos no fluxo de manufatura do cartucho, que ocorrem na seguinte ordem:

- Operação bordo (bmv)
- Operação torno/capsular
- Operação carregar
- Operação embalagem

Para indicar um processo é utilizada a simbologia de uma caixa de processo e, dentro dela está representada o número de funcionários para operar o processo. Uma caixa de dados é desenhada embaixo de cada caixa de processo para coletar dados importantes a respeito do processo. Temos os seguintes dados mais comuns: T/C (tempo de ciclo ou o tempo que leva entre um componente e o próximo saírem do mesmo processo, em segundos); o T/R (tempo de troca, o tempo que leva para mudar a produção de um tipo de produto para outro), a eficiência em que se está operando aquele processo e a quantidade de turnos por dia. Nas caixas de dados das operações de bordo, torno/capsular e carregar existem dois ou três registros de T/R. Estes dados significam os tempos médios das famílias de produto mais representativas.

Um outro símbolo importante é o ícone triângulo com a letra E dentro que significa o lugar onde o estoque se acumula. Este ícone mostra a localização e a quantidade de estoque em dias parado.

O que falta agora no mapa é determinar a linha do tempo embaixo das caixas de processo e dos triângulos de estoque para registrar o lead time total da produção, isto é, o tempo que leva uma peça para percorrer todo o caminho, começando com a sua chegada como matéria prima até a liberação para o cliente. Na CBC não foi considerada na linha do tempo o tempo que o material embalado fica parado aguardando a expedição sob dois argumentos: a) normalmente o pedido do cliente é composto de várias famílias de produtos e essas famílias não são produzidas simultaneamente; b) o prazo solicitado pelo cliente é relativamente elástico para que toda a produção atinja o prazo solicitado.

Ao adicionar o *lead time* em cada processo e em cada triângulo do estoque no fluxo de material, pode se chegar a uma boa estimativa do *lead time* total da produção na CBC. O tempo em cada processo é mostrado na parte baixa da linha do tempo enquanto o tempo de estoque em dias é mostrado na parte de cima da linha do tempo. Na CBC o *lead time* total é de 22.4 dias. Se somarmos o tempo que fica na expedição de 15 dias, o tempo total sobe para 37.4 dias.

Na CBC, o lead time de um processo é o mesmo que seu tempo de ciclo (T/C). Em outros casos, o tempo para uma peça se mover ao longo do processo é maior que o tempo de ciclo. A diferença é desperdício ou tempo que não agrega valor. O tempo de estoque também é considerado desperdício. Na CBC o tempo de processamento ou tempo total de agregação de valor é de somente 78 segundos, embora o cartucho leve 22.4 dias para percorrer toda a fábrica de fogo central ou 37.4 dias se considerarmos até o despacho. Obviamente quanto menor for o *lead time* total da produção, menor o tempo entre pagar pela matéria prima e receber pelo produto acabado (chamado também de ciclo financeiro) e maior será o número de giros do estoque.

Segundo Rother e Shook (1999) o mapa do fluxo de valor difere de uma tradicional ferramenta visual usada em análise de operações - o layout das instalações. O mapa do fluxo de valor torna a confusão e a multiplicidade de eventos mostrados no layout da planta compreensíveis a partir da perspectiva do fluxo de valor do produto e de seus clientes

Os objetivos perseguidos pela CBC quando da adoção do sistema de manufatura enxuta foram e continuam sendo os seguintes:

- a) Aumentar capacidade da planta para aumentar as vendas e a rentabilidade por meio de melhorias:
 - na capacidade das máquinas;
 - na produtividade da mão de obra;
 - no fluxo de informação e de material
- b) Reduzir as despesas operacionais através de:
 - redução dos estoques;
 - aumento da disponibilidade das máquinas;
 - economia no espaço da planta
- c) Crescer a participação de mercado respondendo mais rapidamente as necessidades dos clientes
- d) Prover condições e aptidões para continuamente reduzir custos e eliminar desperdícios

Movendo para o mapa do fluxo de valor após a introdução da manufatura enxuta (figura 6.3), iremos perceber que muitos acontecimentos mudaram e para melhor. Os processos de fabricação foram adaptados para maquinários progressivos de múltiplas operações, equipados de controladores lógicos programados, que asseguram a interferência mínima de mão de obra, altos

volumes de produção e consistência absoluta na qualidade. As características da nova operação estão apresentadas abaixo:

- a) sistema puxar produzindo o que é demandado;
- b) PCP recebe demanda dos clientes por produto, utiliza uma técnica de nivelamento da produção (*heijunka*) para programar a produção e envia uma programação diária para a embalagem e não mais para expedição;
- c) a embalagem inicia o processo de puxar demandando material do estágio anterior;
- d) manufatura em pequenos lotes (*batch*) com curto tempo de troca (*change over*);
- e) fácil de enxergar na frente e atrás por meio de controle visual;
- f) níveis baixos de estoque de produtos acabados, em processo e matéria prima
- g) qualidade construída no processo e não ao seu final permitindo solução imediata de problemas;
- h) o fluxo de material não segue adiante até que o problema esteja resolvido;
- i) sistema é flexível permitindo ajustar às mudanças do cliente;
- j) sistema permite melhoria contínua

As características da nova operação na CBC refletem em muito as características de um fluxo enxuto de valor preconizadas por Shook e Rother (1999). O propósito todo de um fluxo enxuto de valor, segundo esses autores, é ligar todos os processos - desde o consumidor final até a matéria prima - em um fluxo regular sem retorno que gere o menor lead time, a mais alta qualidade e o custo mais baixo. Algumas dessas características são as seguintes:

1. Produzir de acordo com o tempo *takt*. Este tempo é a frequência com que se deve produzir uma peça ou produto, baseado no ritmo das vendas e é calculado dividindo-se o tempo disponível de trabalho (em segundos) por turno pelo volume da demanda do cliente (em unidades) por turno;
2. Desenvolver um fluxo contínuo onde possível. Isto significa produzir uma peça de cada vez, com cada item sendo passado imediatamente de um estágio do processo para o seguinte;
3. Onde isto não for possível e fabricar em lotes é necessário, usar “supermercados”. Um processo posterior, denominado de “cliente” vai ao supermercado e retira o que precisa e quando precisa por meio de um *kanban* de “retirada”. Esta é a maneira de disparar a produção de peças ao processo anterior, denominado de “fornecedor” através de *kanban* de “produção”.

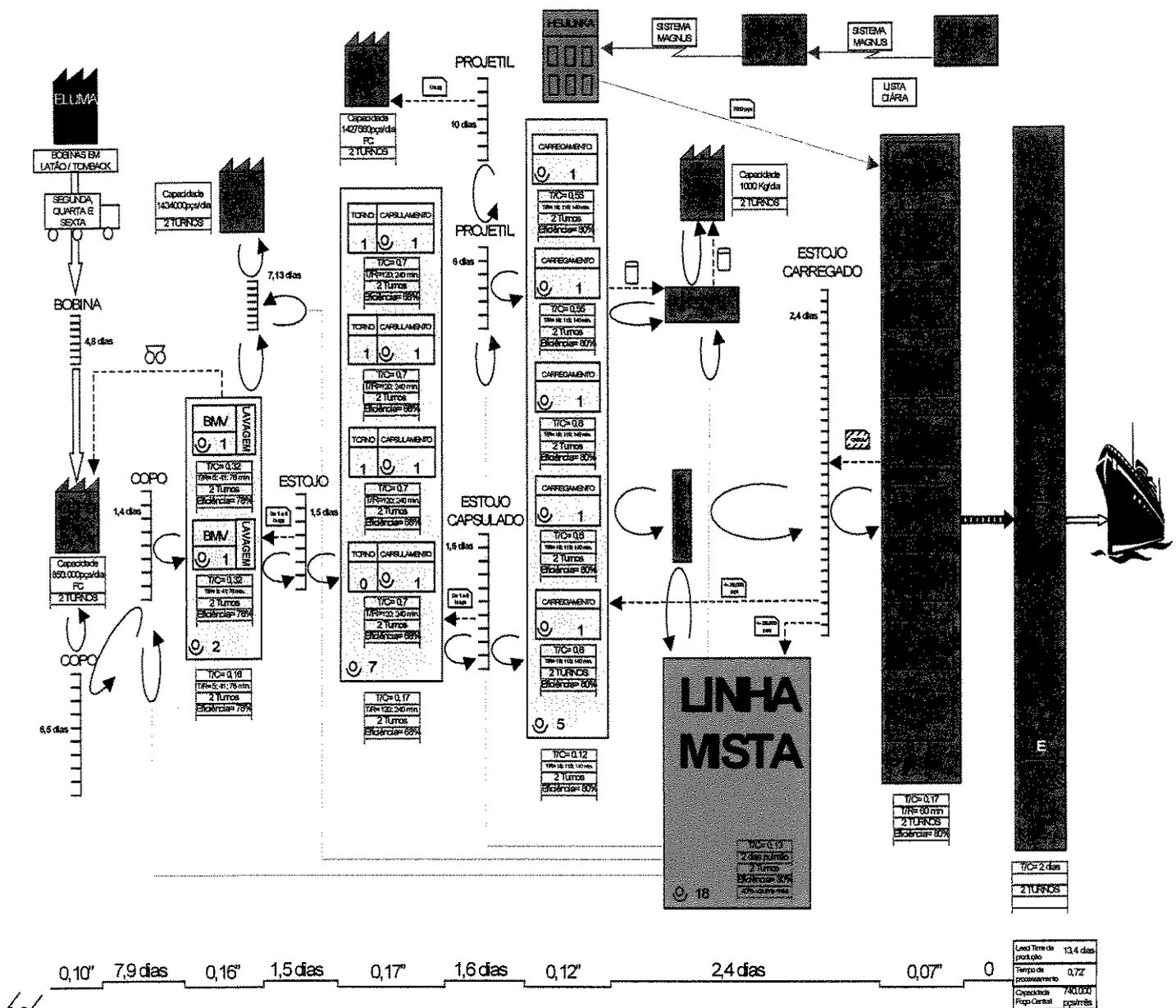


Figura 6.3 – mapa do fluxo de valor do estado depois da manufatura enxuta

O novo mapa de fluxo de valor da CBC ainda está longe de ser uma situação ideal de fluxo contínuo, pois contém supermercados em cada processo de fabricação e também com suas fábricas internas, porém mantém o método de puxar. No caso das fábricas internas, a distância do fogo central justifica o supermercado. Nos processos internos, eles não estão confiáveis ainda para ligarem-se diretamente em um fluxo contínuo.

Favor notar que para se chegar no novo *lead time* total da produção não foi computado o tempo de supermercado que as fábricas internas mantêm, a exemplo do que foi feito no fluxo anterior.

O ícone do supermercado é aberto no lado esquerdo, de frente para o processo fornecedor. Na fábrica eles estão localizados próximos ao processo de fornecimento. O ícone da puxada física representa o acionamento dos kanbans de retirada e de produção. Os dois ícones estão representados na figura 6.4 abaixo:



Figura 6.4 – ícones de supermercado e de puxada física

4. Programar o ponto do processo puxador quando é utilizado o sistema puxado com supermercado. Este ponto define o ritmo para todos os processos anteriores e as transferências de materiais do processo puxador até os produtos acabados devem ocorrer em um fluxo contínuo. Nenhum supermercado ou puxadas posteriores ao processo puxador devem existir.

Na CBC, o objetivo era produzir para a expedição. Preferiu assim montar diretamente para a expedição, fazendo o controle da produção (heijunka) programar a embalagem através de uma listagem diária, conforme figura 6.5. Caso a demanda dos clientes alterasse imprevisivelmente, ela poderia optar por um supermercado na embalagem.

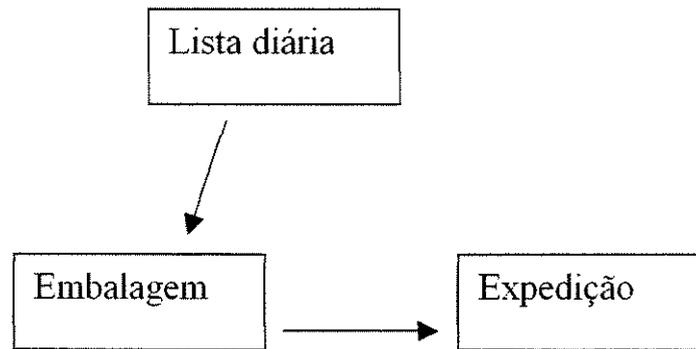


Figura 6.5 – processo puxador da CBC

5. Nivelar o mix de produção, distribuindo a produção dos diferentes produtos de forma uniforme no processo puxador ao longo do tempo. Quanto mais conseguirmos nivelar o mix de produto no processo puxador, mais apta a empresa estará para responder às diferentes solicitações dos clientes com pequeno lead time. Na CBC este trabalho é feito pelo pessoal de programação através do método de heijunka.

Quais as melhorias conseguidas até agora na CBC com o novo fluxo de valor?

A tabela 6.1 abaixo “antes e agora” do estado anterior e do estado atual mostra as melhorias obtidas.

Tabela 6.1 – comparativo do estado anterior e estado atual na CBC

	Bordo(BMV)	Torno	Carregar	Linha mista	Expedição	Tempo total
Antes	9,6 dias	3,8 dias	3,6 dias	5,4 dias	15 dias	37,4 dias
Agora	7,9 dias	1,5 dias	1,6 dias	2,4 dias	3 dias	16,4 dias

Os resultados obtidos até o momento são significativos. O prazo total foi reduzido em mais de 50%, de 37,4 dias para 16,4 dias, sendo que a expedição contribuiu com a maior parte. O tempo de 3 dias é o tempo médio para aguardar e carregar um container ou caminhão quando antes os cartuchos ficavam à espera do pedido dos clientes.

O tempo de processamento ou tempo de agregação de valor que era de 78 segundos foi reduzido para 72 segundos por cartucho. Esta redução foi obtida metade na operação bordo e metade na operação torno/capsular devido a melhora nas respectivas eficiências. Por fim, outra

significativa melhora foi no aumento da capacidade da fábrica de fogo central, pulando de 620.000 peças/dia para 740.000 peças/dia, um aumento de 20%.

6.6 Análise da implantação do *lean* na CBC sob ótica do projeto de manufatura enxuta

Esta seção destina-se a validar, através da aplicação prática na CBC, a coerência e robustez do modelo de mensuração de desempenho desenvolvido no capítulo 5, testando o alinhamento das medidas de desempenho propostas por meio de correlações dessas medidas entre os diversos níveis hierárquicos do projeto de sistema de manufatura enxuta.

As medidas de desempenho foram aplicadas na CBC para mensurar os resultados alcançados com a manufatura enxuta e comparar com o período anterior de produção em massa. A empresa não utiliza muita das medidas do modelo para monitorar seu desempenho e/ou não tem acompanhamento regular dos seus indicadores. Ela calculou apenas para efeito deste trabalho. Assim, das 29 medidas propostas neste modelo, a empresa tem registro ou conseguiu obter resultado de 22 medidas (faltando as medidas associadas aos FRs 3, 4, 11, 23, 43, 421 e 423). Dessas 22 medidas, a empresa tem acompanhamento mensal de doze delas, das restantes ela tem apenas dois registros estáticos: o antes do TPS e depois do TPS. Este último fato prejudica parcialmente o uso da correlação estatística (R^2) para verificar o grau de correlação entre os indicadores. Além da correlação entre os indicadores foi utilizada a regressão múltipla quando duas ou mais variáveis influenciam uma outra variável resultante. Algumas correlações entre indicadores não puderam ser feitas quando apenas um indicador tem registro mensal e outro registro estático.

Todas as medidas, que impliquem valor monetário ao longo do tempo, foram deflacionadas tendo o 1º trimestre de 2000 como base 100. Relembrando o que foi dito anteriormente, o início da manufatura enxuta ocorreu a partir do segundo semestre de 2000, evidenciando se ela de fato impactou nos indicadores da empresa.

Por fim, não se conseguiu aplicar o axioma da informação na CBC para confirmar se os projetos escolhidos no modelo proposto de mensuração de desempenho são de fato os melhores por minimizarem o conteúdo de informação. Duas são as razões: a primeira foi mencionada acima, a de que a empresa não utiliza uma grande parte das medidas apresentadas no modelo e,

portanto não há acompanhamento regular. A segunda razão é consequência da anterior. Pelo fato da CBC não se utilizar dessas medidas de desempenho, a empresa não estipulou faixas de projeto para satisfazer cada requisito funcional. Dessa forma, os resultados apresentados, isto é, as faixas do sistema, não podem ser confrontadas contra as faixas de projeto para se confirmar as probabilidades de sucesso de cada matriz de projeto.

As medidas de desempenho e seus respectivos indicadores são mostrados a seguir a partir do nível hierárquico mais alto para o nível inferior. (nota: A medida *evolução do custo dos materiais* foi substituída pela CBC por uma mais abrangente *evolução do custo dos produtos* por já possuir acompanhamento periódico).

Começando pelas medidas do *objetivo dos colaboradores*. Vide figura 6.6 representativa da matriz deste objetivo:

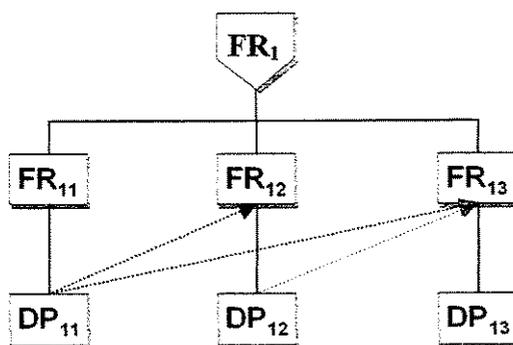


Figura 6.6 – matriz do FR1

A CBC não dispõe de pesquisa interna para avaliar a satisfação dos seus colaboradores (FR11), porém dispõe de outra medida alternativa que é a produtividade (tabela 6.2).

Tabela 6.2 - produtividade dos colaboradores da CBC

Produtividade – horas pagas/mil cartuchos											
2000				2001				2002			
1° trim	2° trim	3° trim	4° trim	1° trim	2° trim	3° trim	4° trim	1° trim	2° trim	3° trim	4° trim
2,6	2,0	2,0	2,1	2,3	2,1	2,1	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9

Nos demais requisitos (FRs 12 e 13), ela tem registro das medidas de desempenho sugeridas neste trabalho que são vendas por colaborador (figura 6.7) e o % *turnover* (tabela 6.3) respectivamente.

Tabela 6.3 - % *turnover* dos colaboradores da CBC

% <i>turnover</i> dos colaboradores											
2000				2001				2002			
1º trim	2º trim	3º trim	4º trim	1º trim	2º trim	3º trim	4º trim	1º trim	2º trim	3º trim	4º trim
0,0	0,8	1,6	0,0	0,0	0,6	0,6	1,1	0,8	0,5	1,2	0,0

Vendas por colaborador R\$mil

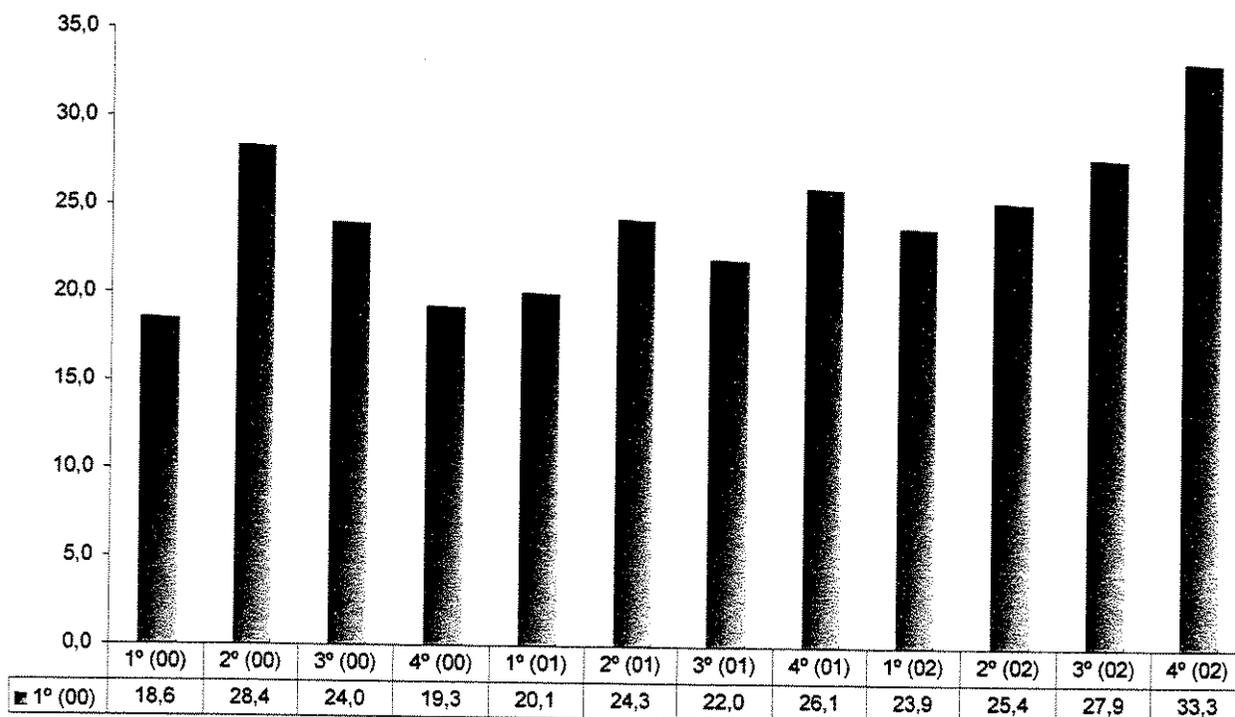


Figura 6.7 – indicador vendas por colaborador

Nas medidas acima, a empresa colheu bons resultados junto aos seus colaboradores. Sua produtividade evoluiu de 2.1 horas para 1.9 horas pagas por mil cartuchos. Uma evolução mais significativa ocorreu nas vendas por colaborador; no entanto o percentual de *turnover* dos colaboradores tem se mostrado muito errático ao longo do tempo.

A seguir, serão apresentadas as medidas de desempenho do *objetivo da organização*. Vide figura representativa da matriz deste objetivo.

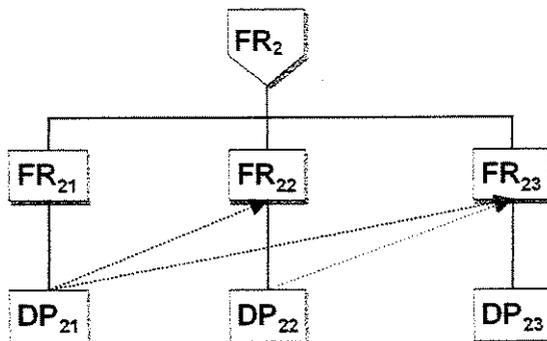


Figura 6.8 – matriz do FR2

Se bem conduzidas na empresa, essas medidas poderão possibilitar a realização de outros requisitos funcionais de ramos distintos da estrutura hierárquica. No modelo desenvolvido, três medidas de segundo nível permitiriam confirmar se o requisito funcional FR2 – melhorar continuamente os processos organizacionais – estaria sendo atendido. Isto não poderá ser verificado totalmente na CBC, pois ela não mantém registro da medida associada ao FR23 - % do custo dos processos - por não utilizar a metodologia de custeio baseado em atividades. No entanto, outras duas medidas sugeridas no modelo serão mostradas.

Rendimento de 1ª passagem (associado ao FR21) - Quanto melhor esse rendimento melhor será a qualidade do produto. A empresa melhorou em todas suas fases de produção este indicador. No entanto, deixa a desejar dado o nível de eficiência que está ainda baixo. Vide figura 6.9. O parâmetro de projeto controle estreito dos processos internos (DP21), além de atuar positivamente no FR21, pode influenciar também outros requisitos. Na CBC, os baixos níveis de eficiência irão prejudicar o indicador percentagem de reclamação de clientes (FR31), conforme comentado na página 158.

Eficiência
(Produção Real / Produção Possível)

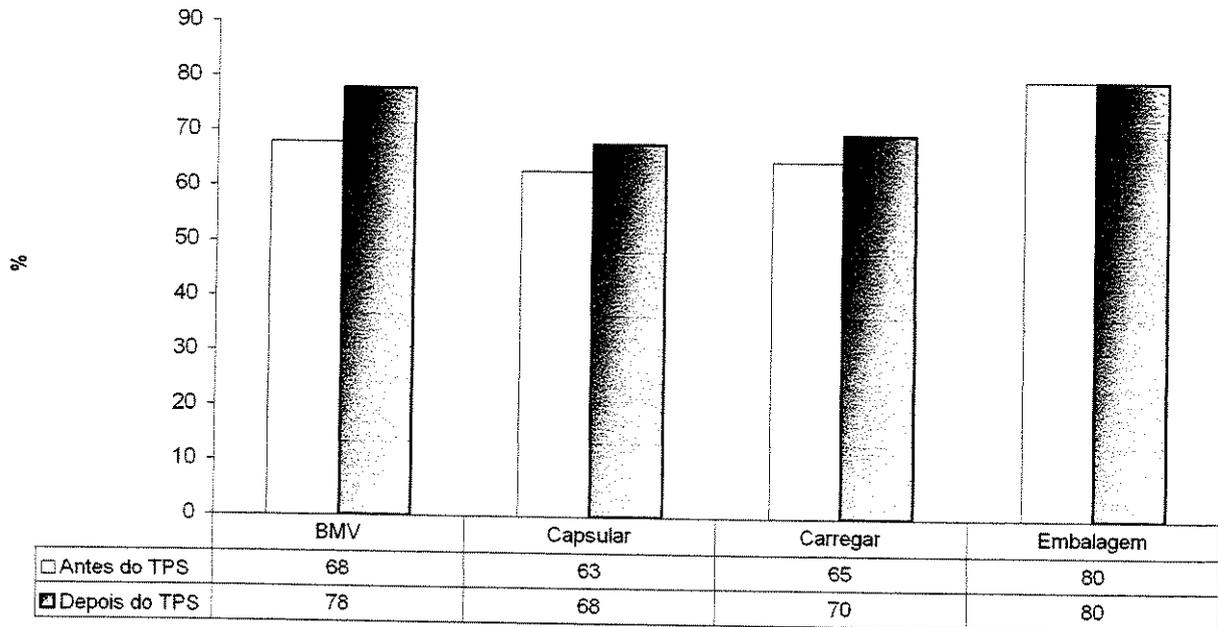


Figura 6.9 – indicador eficiência

Eficiência de *throughput* (associado ao FR22) – quanto melhor este indicador mais veloz a peça se moverá ao longo de todo um processo ou um fluxo de valor e melhor será seu processo produtivo. O parâmetro DP22, processos de produção eficientes, influencia diretamente o *throughput* reduzindo seu tempo de 37.4 dias para 16.4 dias, conforme mostra a figura 6.10. Este parâmetro possibilita a realização dos requisitos FRs 32, 431 e 432, atendendo os pedidos dos clientes nos prazos solicitados (FR32 – vide comentários na pagina 160), fazendo girar mais rapidamente os estoques (FR431) e ocupando menos espaço na fabrica (FR432 – vide comentários na pagina 172).

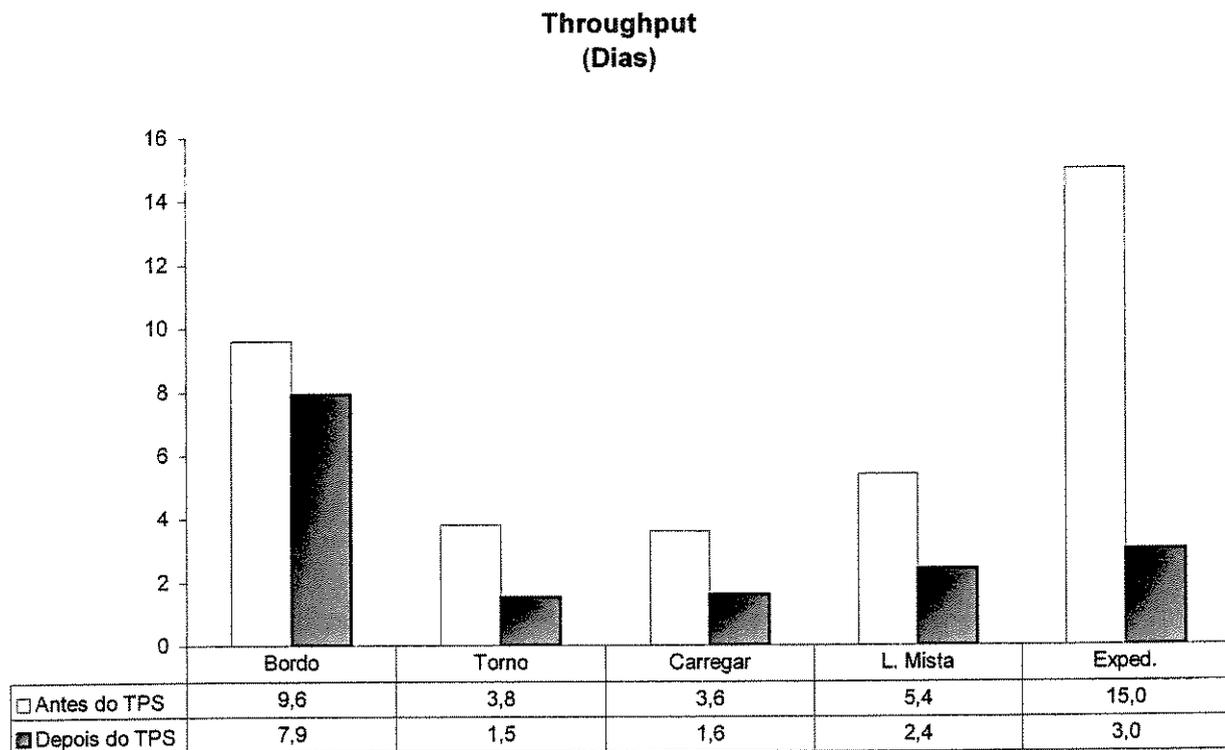


Figura 6.10 – indicador *throughput*

Indo para as medidas de desempenho do *objetivo satisfazer os clientes* (vide figura 6.11 da matriz deste objetivo), vamos analisar como os requisitos funcionais de nível inferior satisfazem os requisitos do nível superior do mesmo objetivo e/ou são influenciados pelos requisitos dos outros objetivos. Infelizmente não foi possível testar a influencia dos FRs 31 a 35 sobre o nível superior FR3 porque a CBC não dispõe de registro da sua medida (satisfação dos clientes).

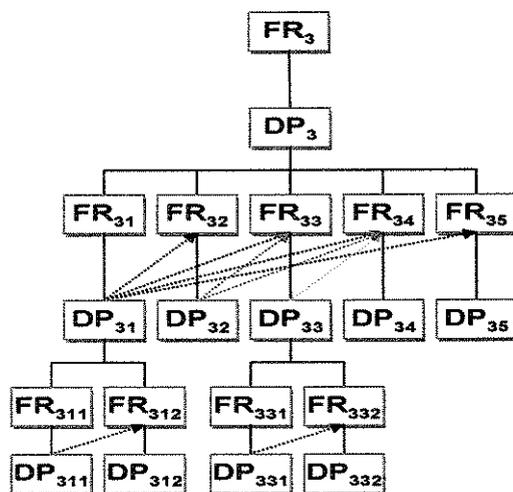


Figura 6.11 – matriz do FR3

Contudo, iremos analisar diversas correlações estatísticas entre as medidas do terceiro nível e as deste nível influenciando as do segundo nível. Começando pela influencia dos Fr's 311 e 312 no FR 31.

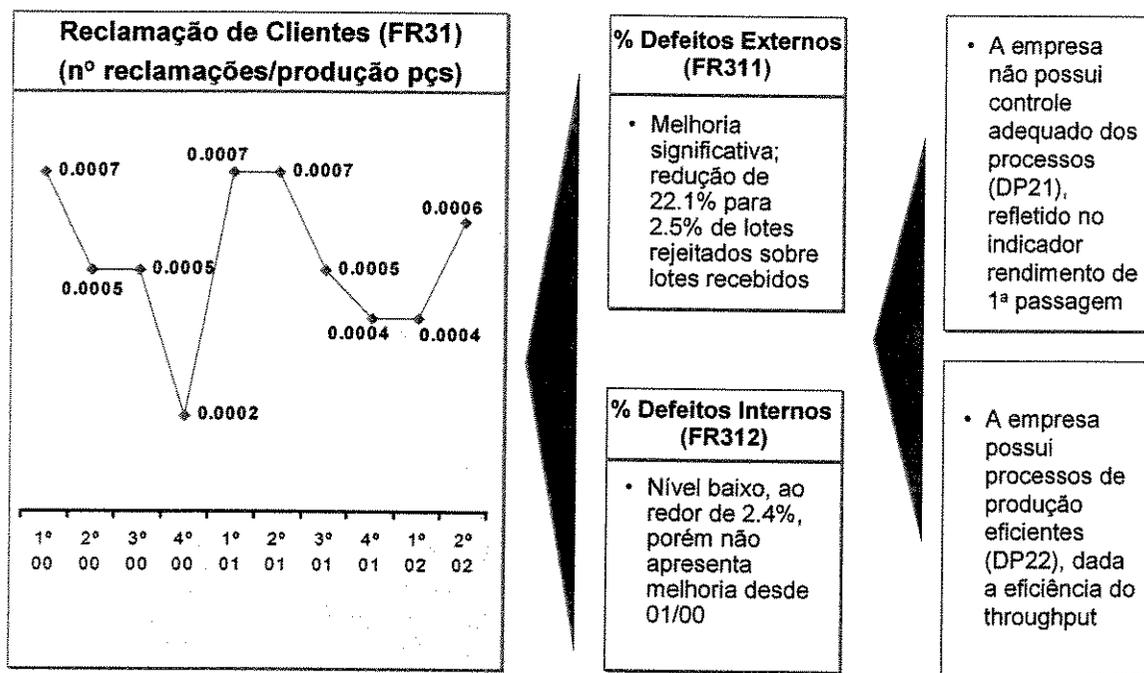


Figura 6.12 – influencia dos requisitos de nível inferior sobre FR31

% Reclamação de clientes (associado ao FR31) – embora o valor absoluto das reclamações seja baixo, não obstante o nível de reclamação refletiu alguma volatilidade. Vide figura 6.12 acima.

O nível de defeitos internos (associado ao FR312) não tem mostrado recuo do seu patamar baixo, enquanto o nível de defeitos externos apresenta significativa melhoria (FR311) (vide adiante). O indicador defeitos internos tem alguma influencia no indicador reclamação de clientes apresentando uma correlação estatística de R^2 igual a 0,17 enquanto o indicador defeitos externos não apresenta correlação (R^2 inferior a 0,01). A melhora deste indicador não influenciou o indicador reclamação de clientes. A análise de regressão múltipla mostra um R^2 de 0,18 e uma nula correlação da variável defeito externo com o eixo Y (reclamação de clientes). Uma possível explicação para isso é a forma como a CBC calcula o indicador reclamação que é numero reclamações dividido pelo volume de produção em peças. Este cálculo é diferente do apresentado pelo autor na seção 5.10 em que a quantidade de itens defeituosos é dividido pelo total de itens entregues ao cliente. Esta forma de cálculo diferente pode distorcer as correlações dos indicadores de defeitos com o indicador reclamação de clientes.

Uma pergunta que pode ser colocada aqui é se o sistema de corda andom (DP312) existe e é utilizado na CBC, porque então não consegue reduzir o nível de defeitos? A razão para isso é a influencia do DP21, controle estreito dos seus processos, que está comprometendo a reclamação de clientes. O indicador associado ao FR21 tem evoluído, mas ainda tem um longo caminho a percorrer. Do lado positivo, temos a influencia do DP22 porem em menor escala. Este é outro ponto a favor do modelo proposto, sua capacidade critica. O processo de validação do modelo nos permite fazer algumas criticas do que ocorre neste estudo de caso.

% Defeitos externos (associado ao FR311) – a empresa teve significativa melhora desde o 2º semestre de 2000, alcançando 0,9% de rejeição sobre cada lote recebido de fornecedores. Isto é influencia direta do seu parâmetro de projeto, parceria com fornecedores de confiança, e em menor grau dos DPs 21 e 22. Vide figura 6.13.

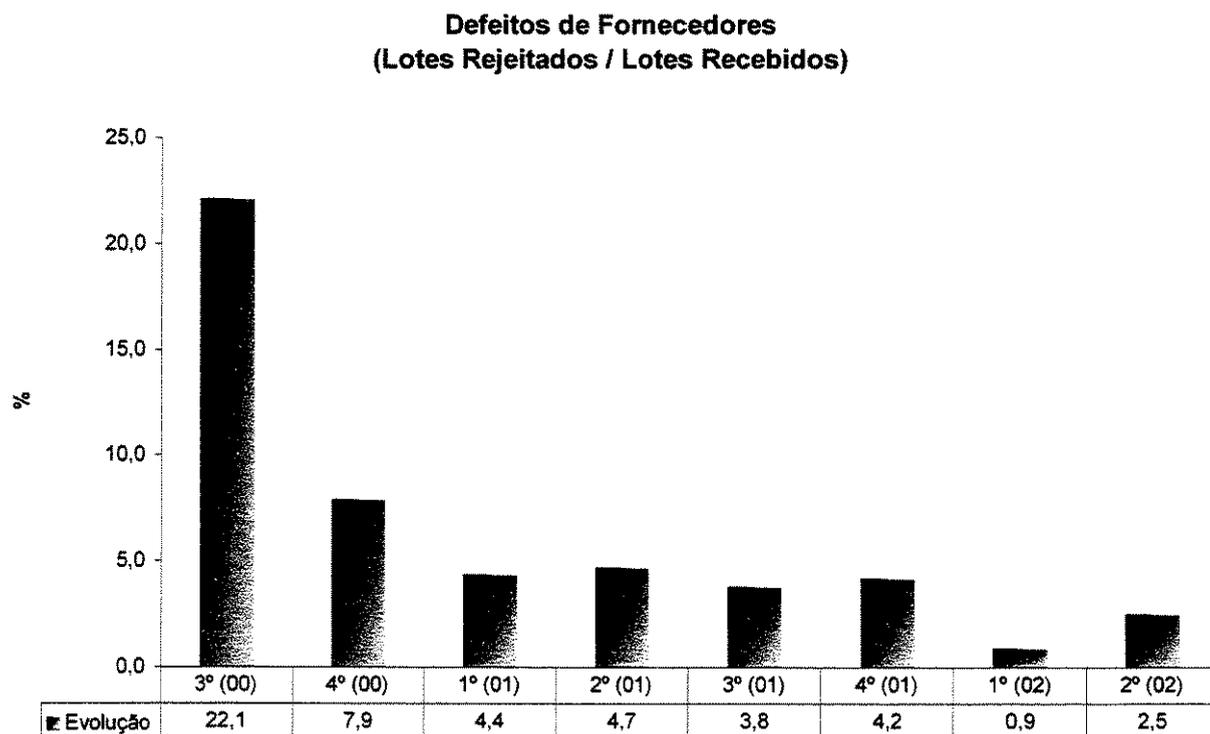


Figura 6.13 – indicador defeito externo

% defeitos gerados internamente (associado ao FR312) – é um indicador que não mostra nenhuma melhoria desde o inicio de 2000. Conforme foi dito anteriormente, o sistema de corda *andom* está em funcionamento, porem pode se especular que a empresa não está sendo capaz de

eliminar as causa raiz de forma definitiva. A CBC tem ainda um longo caminho a percorrer controlando mais estreitamente seus processos internos. Vide figura 6.14.

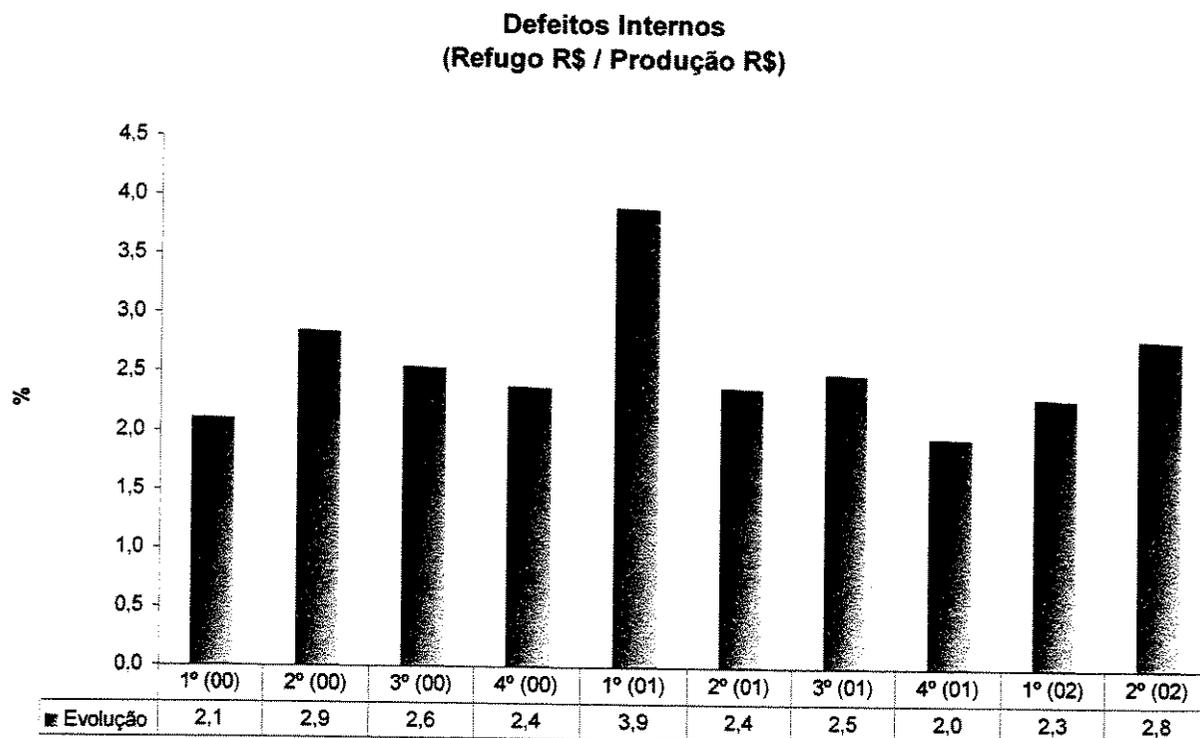


Figura 6.14 – indicador defeitos internos

Uma outra correlação calculada neste ramo da árvore é a influencia do indicador defeitos externos (FR311) no indicador defeitos internos (FR312). Esta correlação apresenta-se inexistente com R^2 inferior a 0,01. Era de se esperar que a melhoria dos defeitos externos fosse melhorar o nível dos defeitos internos, o que não ocorreu. A explicação está na influencia de um parâmetro de projeto de outro ramo da estrutura hierárquica, o DP 21. O nível de eficiência da produção está ainda baixo e inibe a influencia do FR 311 sobre o FR 312.

A próxima correlação a ser calculada é a influencia dos FRs 311 e 312 sobre o FR 32.

OTIF – on time in full (associado ao FR32), ela mede a percentagem de atendimento dos pedidos nos compromissos assumidos. Este indicador mostra uma evolução consistente desde o inicio de 2001, atingindo 87% dos pedidos atendidos no 2º trimestre/02. Esta melhora é explicada pelo seu parâmetro de projeto (DP32), disponibilidade de equipamentos, e também pela forte influencia dos indicadores defeitos internos e defeitos externos. Isto é confirmado na correlação estatística

onde o primeiro indicador apresenta R^2 de 0,75 enquanto o segundo tem R^2 de 0,23. Aplicada a regressão múltipla dos indicadores de defeitos contra o OTIF confirma se uma alta correlação R^2 de 0,79 mostrando a influencia sobre o indicador OTIF (vide figura 6.15) embora o indicador FR31 tem baixa correlação com FR32 (0,1) devido a maneira como ele é calculado na CBC. Por fim, este indicador também sofre influencia positiva do parâmetro anterior DP22.

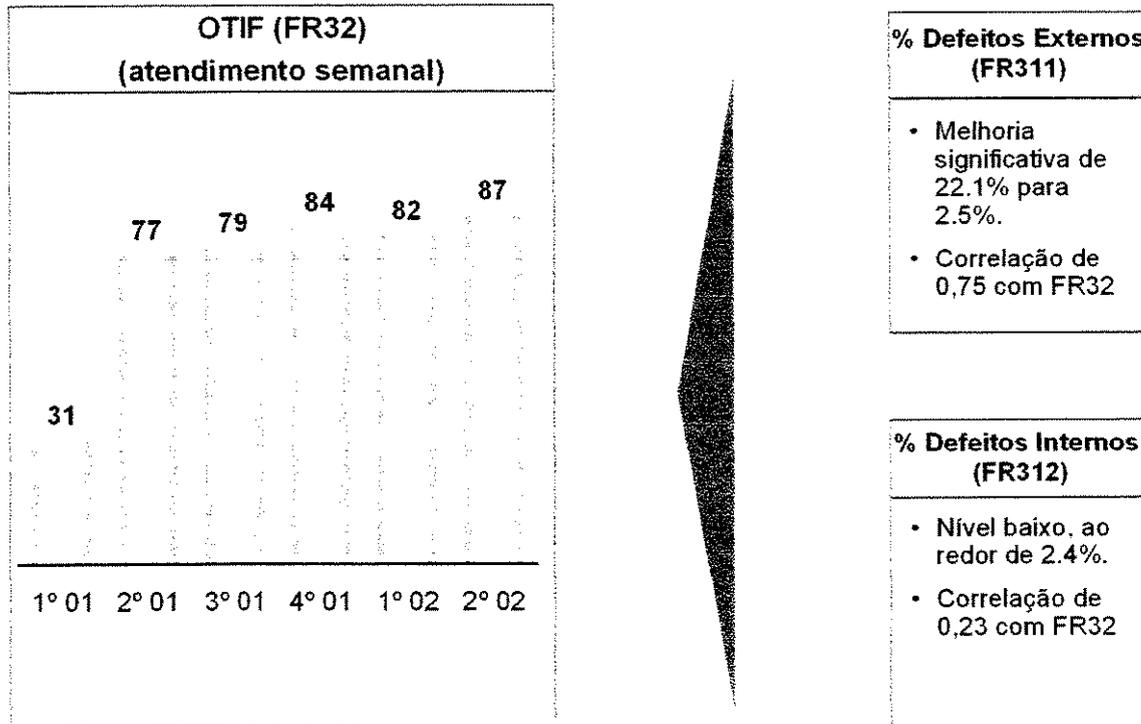
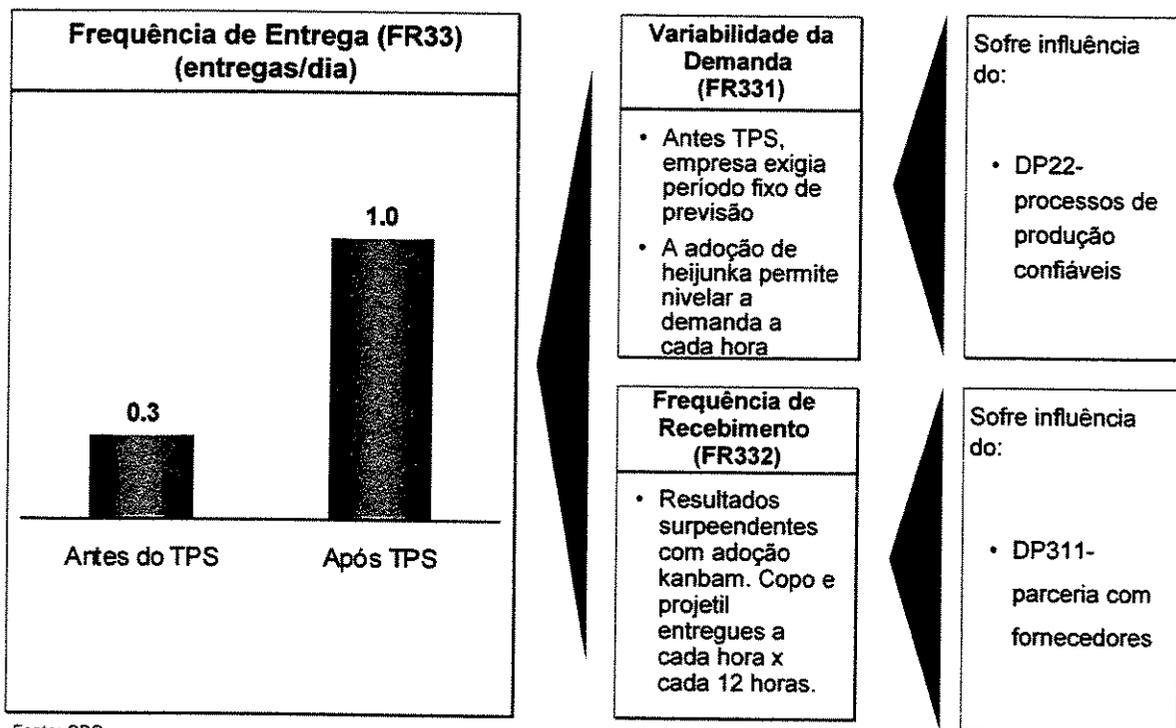


Figura 6.15 - influencia dos requisitos de nível inferior sobre FR32

Frequência de entrega (associado ao FR33) – a CBC não mantém registro fiel nem rotineiro desta medida. De qualquer maneira, ela conseguiu obter uma pequena melhoria, saindo de uma entrega a cada três dias (0,3) antes da manufatura enxuta e passando para uma entrega diária (1,0). Esta melhora é reflexo do seu respectivo parâmetro, lotes pequenos de transferência, e da melhora dos indicadores variabilidade de demanda (FR331) e frequência de recebimentos (FR332) conforme pode ser evidenciado adiante. Estatisticamente a influencia desses dois indicadores sobre a frequência de entrega não pode ser provada por terem apenas registros estáticos da situação antes e após o TPS. Vide figura 6.16 abaixo.



Fonte: CBC

Figura 6.16 – influencia dos requisitos de nível inferior sobre FR 33

Variabilidade da demanda (associado ao FR331) – anterior à introdução da manufatura enxuta, a CBC fazia uma programação mensal e exigia um período fixo de previsão que o cliente tinha de se comprometer. Com a adoção do heijunka a partir de novembro/00, a empresa evoluiu para programação diária e mais recentemente para programação horária. Isto significa que qualquer solicitação do cliente pode ser reprogramada com defasagem de apenas uma hora. Esta melhora no nivelamento da produção é reflexo dos processos de produção confiáveis da empresa (DP22) que fizeram reduzir o tempo de *throughput*.

Frequência de recebimentos (associado ao FR332) – a empresa obteve resultados surpreendentes introduzindo cartões kanbam para puxar a demanda dos seus fornecedores internos e isto ajuda a frequência de entrega aos clientes. Antes do TPS, ela recebia a cada 12 horas (casos do copo e projétil) ou a cada 6 horas (iniciadores). Com o TPS, ela melhorou a frequência de recebimentos passando a receber a cada hora, com exceção da central de distribuição CDI (a cada 2 horas) e embalagem (a cada 120 horas). Na pólvora e embalagem a frequência manteve-se estável, antes e depois do TPS. Para que os cartões kanbam sejam introduzidos com sucesso junto aos fornecedores, é imprescindível que a empresa tenha parceria com fornecedores confiáveis (DP311). Vide figura 6.17 adiante.

**Frequencia de Recebimento
(Um recebimento a cada X horas)**

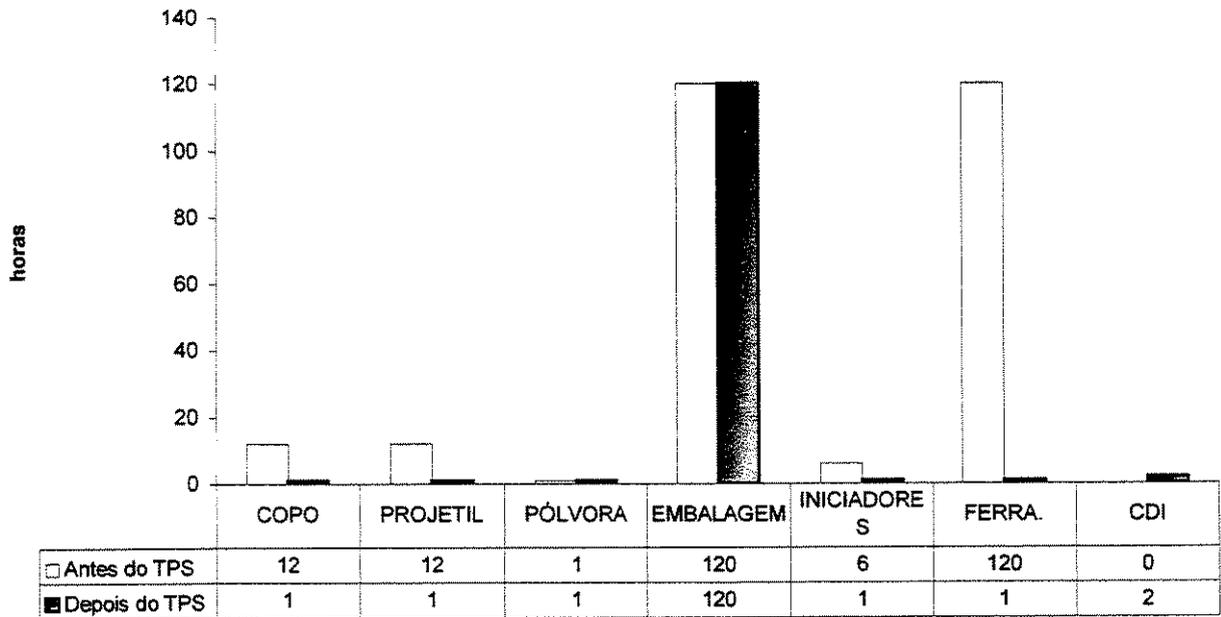
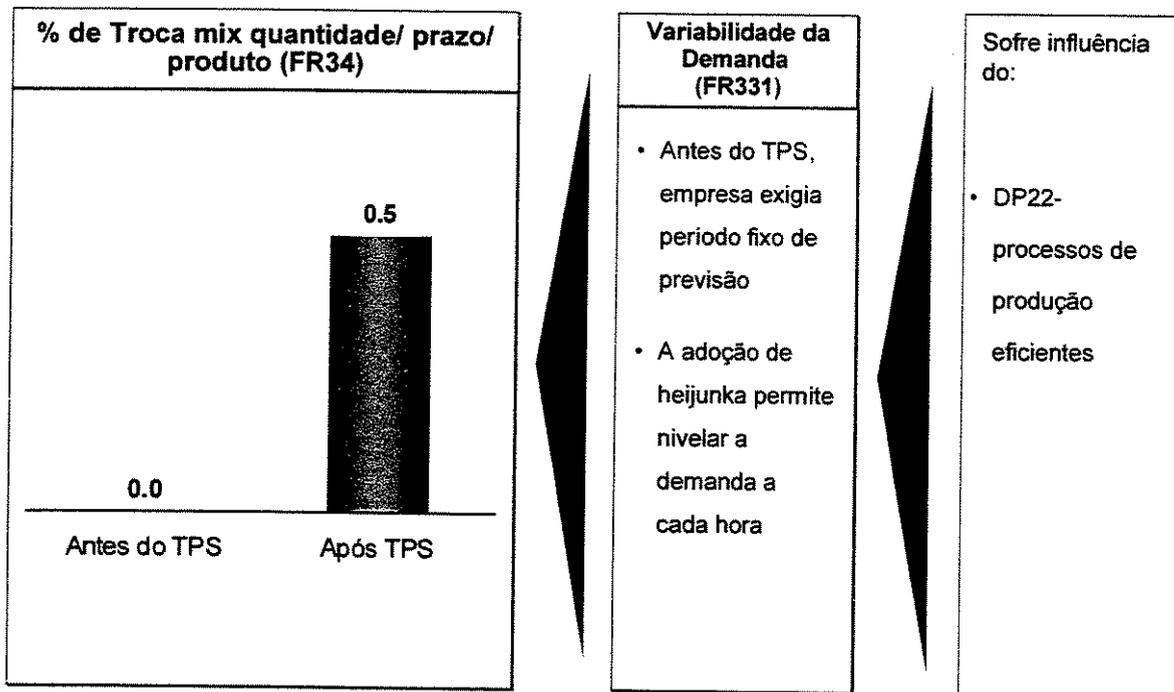


Figura 6.17 – indicador freqüência de recebimentos

% troca de mix/entrega/quantidade (associado ao FR34) – para cada dois itens de pedido solicitados pelo cliente, a CBC tem flexibilidade para alterar um item, seja no mix, volume ou prazo de entrega. Antes do TPS, ela não tinha nenhuma flexibilidade. O desempenho deste requisito é resultado do seu parâmetro, células de manufatura. Além disso, este requisito sofre influencia positiva do indicador variabilidade de demanda (FR331) embora não possa ser provada estatisticamente esta correlação. Conforme dito na figura 6.16, a melhora no nivelamento da produção é reflexo dos processos de produção confiáveis (DP22). Vide figura 6.18.



Fonte: CBC

Figura 6.18 – influencia dos requisitos de nível inferior sobre FR 34

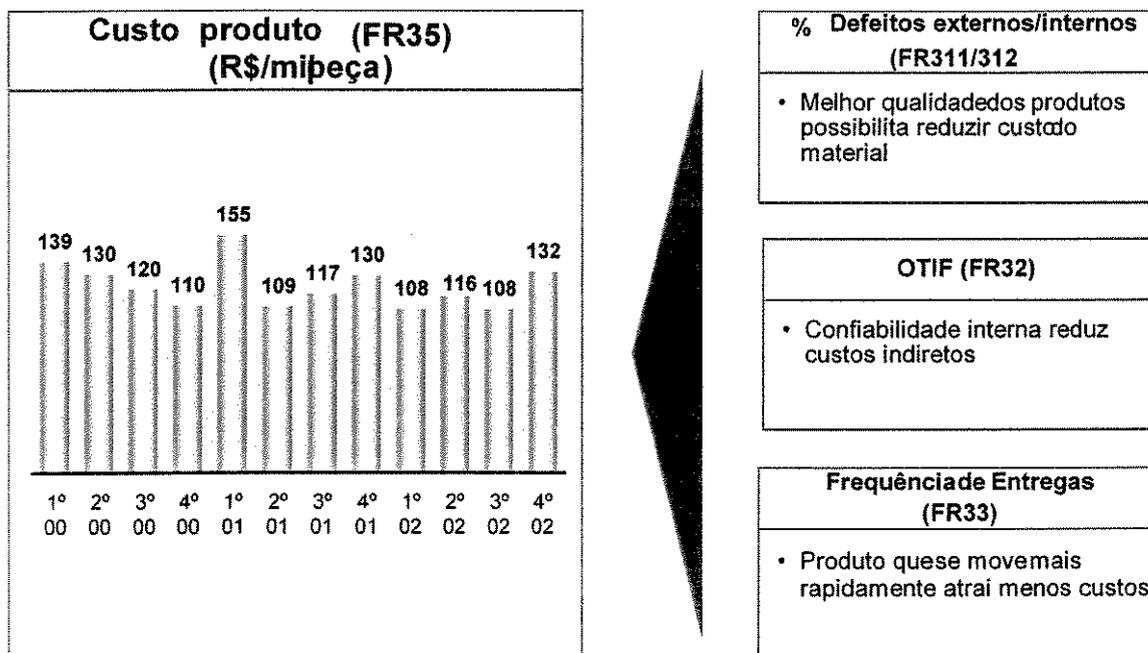
Evolução do custo dos materiais (associado ao FR35) – a empresa dispõe de medida mais abrangente que é a evolução do custo médio do cartucho do fogo central. Este custo considera além do custo dos materiais, os custos de mão de obra direta e custos indiretos de fabricação. Passados três anos, o custo médio tem mostrado tendência de queda embora houvesse um repique no último trimestre de 2002. Isto é resultado do melhor desempenho das demais dimensões competitivas da CBC: qualidade, confiabilidade e velocidade.

No que toca a dimensão qualidade, esta influencia é verdadeira apenas no indicador defeitos internos (FR 312) que apresenta correlação estatística R^2 de 0,56 enquanto o indicador defeitos externos (FR 311) não tem nenhuma correlação com R^2 de 0,006. No entanto, a regressão múltipla desses dois indicadores de defeito contra custos dos materiais mostra uma razoável correlação R^2 de 0,57. A correlação do FR31 com FR35 é baixa, 0,1, novamente pela forma como ela é calculada pela CBC.

A dimensão confiabilidade também tem forte influencia no custo dos materiais, comprovada na correlação do indicador OTIF (FR32) com R^2 de 0,54. A análise de regressão múltipla desses três indicadores (dos FR's 311, 312 e 32) mostra uma forte correlação R^2 de 0,72

com a evolução do custo dos materiais (variável dependente). Isto significa que 72% da evolução do custo dos materiais é explicada pelos indicadores defeitos internos, defeitos externos e OTIF.

Quanto a dimensão competitiva velocidade, infelizmente a correlação do indicador frequência de entrega (FR 33) não pode ser verificada por conter apenas registro estático. Vide figura 6.19 abaixo.



Fonte: CBC

Figura 6.19 – influencia dos requisitos de nível inferior sobre o FR 35

Indo para as medidas de desempenho do *objetivo satisfazer os acionistas* (vide figura 6.20 da matriz deste objetivo), vamos analisar como os requisitos funcionais de nível inferior satisfazem os requisitos do nível superior do mesmo objetivo e/ou são influenciados pelos requisitos dos outros objetivos. Aqui também não foi possível testar a influencia dos FRs 41 a 43 sobre o nível superior FR4 porque a CBC não dispõe de registro da sua medida (% ROI). A empresa carece de registros das medidas dos FR's 43, 421 e 423, o que pode comprometer parcialmente a análise desta perspectiva.

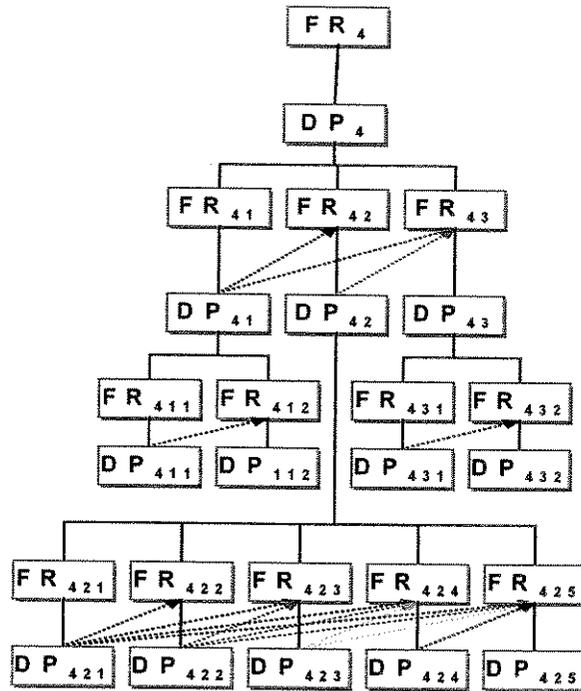
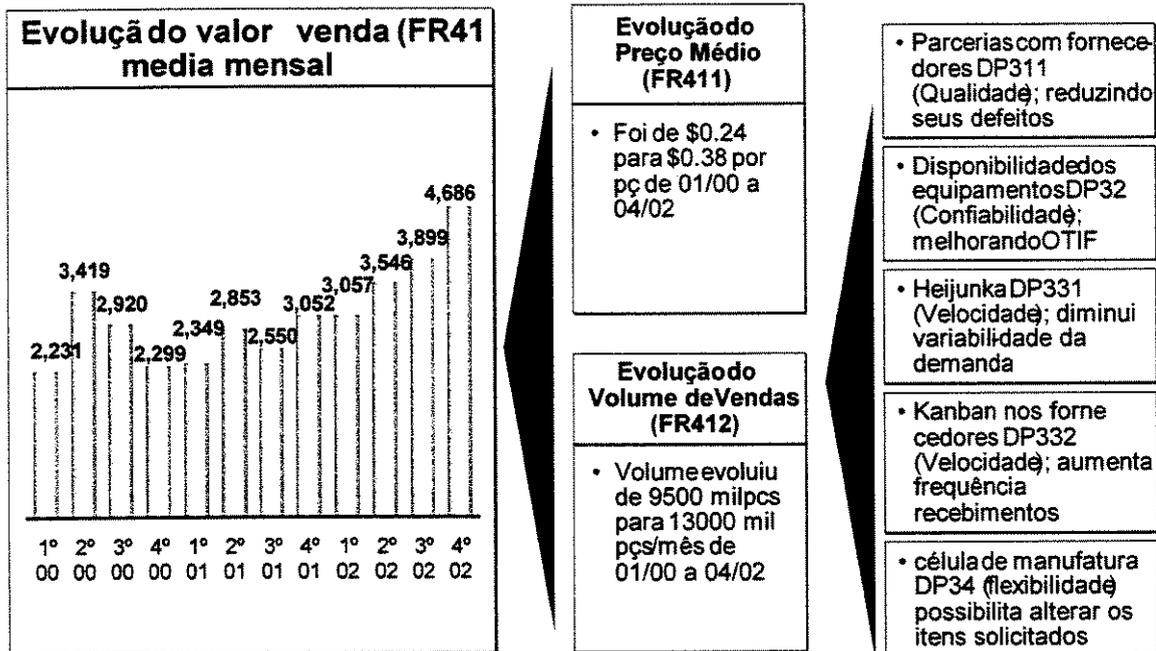


Figura 6.20 – matriz do FR4

Evolução do valor das vendas (associado ao FR41) - CBC atingiu um pico mensal no 2º trimestre/00, caiu ao seu ponto mais baixo no 1º trimestre/01 e vem apresentando um crescimento consistente desde então. Este incremento é reflexo dos requisitos funcionais de nível inferior, de vender produtos com o mais alto preço (FR411) e de aumentar volume de vendas (FR412). Isto pode ser confirmado nos seus respectivos indicadores: evolução do preço médio de vendas e evolução do volume de vendas (vide adiante). Ambos indicadores evolução do preço e evolução do volume de vendas tem forte influencia individualmente no indicador evolução do valor de vendas apresentando uma correlação estatística de R^2 de 0,55 e 0,73 respectivamente. A análise de regressão múltipla confirma essa forte influencia desses dois indicadores em conjunto no indicador valor das vendas com R^2 de 0,96



Fonte: CBC

Figura 6.21 – influencia dos requisitos de nível inferior sobre o FR 41

Evolução do preço médio de vendas (associado ao FR411) – este requisito não sofre influencia de nenhum outro requisito seja deste objetivo seja de outros objetivos anteriores. A CBC tem sido capaz de oferecer produtos com diferenciação, principalmente no mercado externo, o que tem contribuído para que o preço médio das vendas apresente uma evolução discreta.

Evolução do preço médio R\$/pc

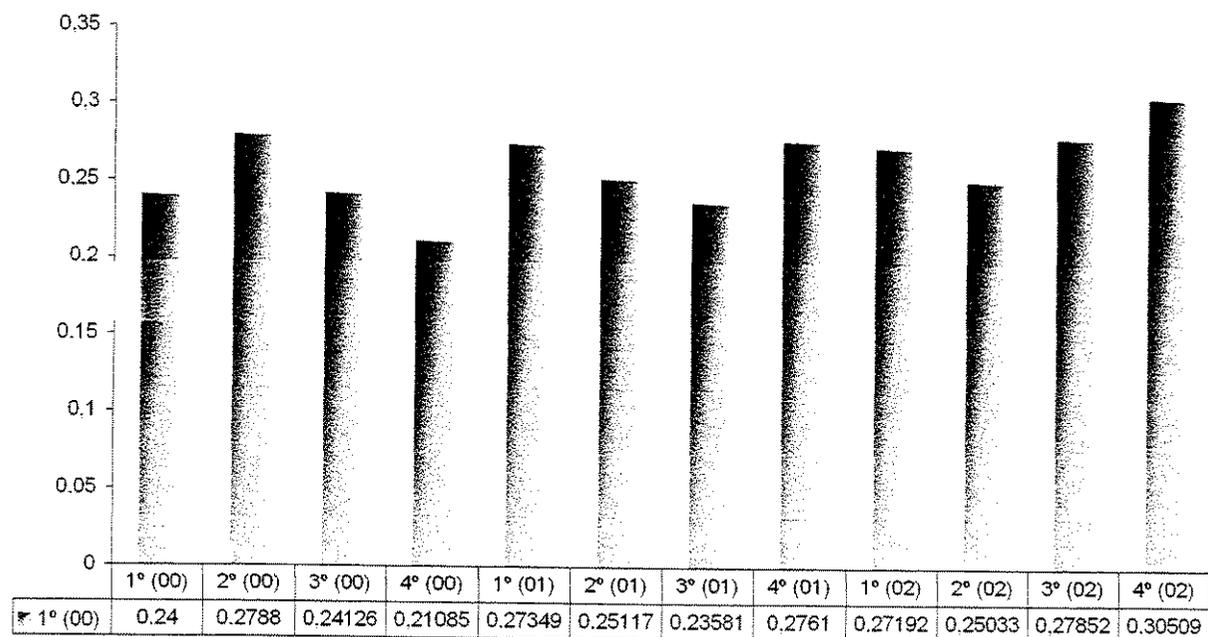


Figura 6.22 – indicador evolução do preço médio de vendas

Evolução do volume de vendas (associado ao FR 412) – o desempenho deste indicador é resultado tanto do seu parâmetro de projeto, espectro mais amplo de uso dos produtos, bem como sofre influencia de parâmetros de outros ramos do projeto, como: parcerias com fornecedores (DP311) melhorando a qualidade; disponibilidade dos equipamentos (DP32) melhorando a confiabilidade; adoção de heijunka e kanban (DPs 331 e 332) aumentando a velocidade e células de manufatura (DP34) possibilitando alterar os itens solicitados.

Evolução do volume vendas pçs mil

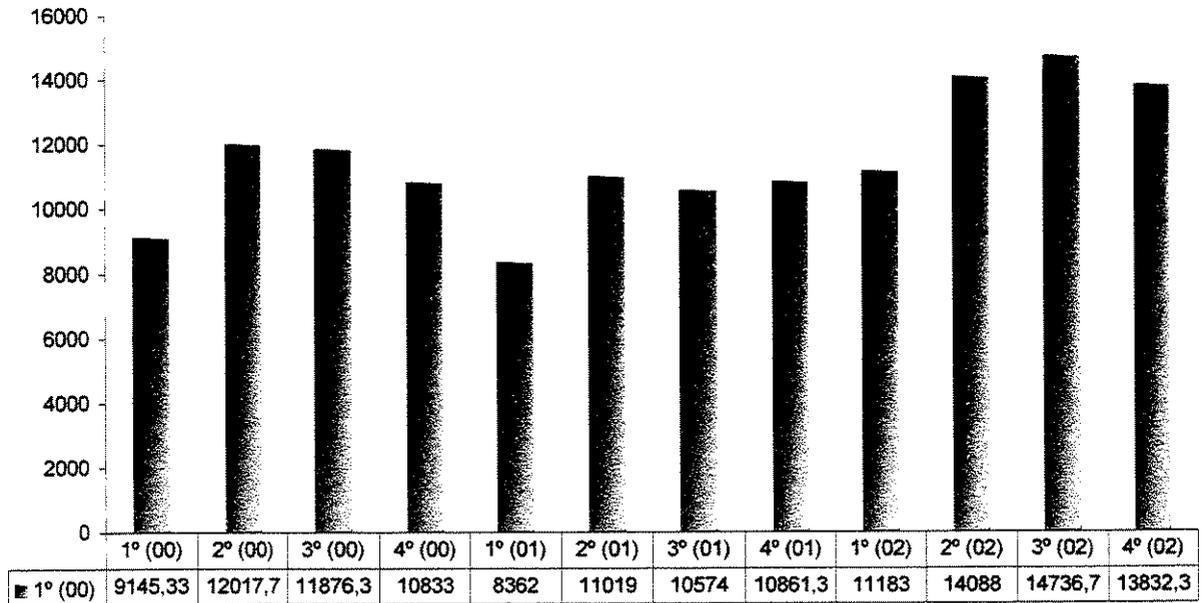


Figura 6.23 – indicador evolução do volume de vendas

% Custo da manufatura / valor das vendas líquidas (associado ao FR42) – a empresa vem sistematicamente reduzindo a parcela do custo da manufatura proporcionalmente ao valor das vendas. Este bom desempenho é influenciado pelos requisitos funcionais de nível inferior deste ramo: minimização dos custos de manufatura (FR 422); minimização dos custos de *set up* (FR 424) e minimização do custo administrativo de manufatura (FR425). Todos os três indicadores apresentam reduções significativas. Infelizmente estas influencias não podem ser comprovadas estatisticamente pelo fato deles terem apenas registros estáticos. No entanto, a análise visual dos seus resultados demonstra a relação de causa e efeito. Vide figura 6.24.

Uma outra possível correlação é o bom desempenho do FR 42 sendo influenciado pelo FR 41 e pelos seus requisitos de nível inferior FR's 411 e 412. O indicador evolução do valor de vendas (FR41) tem boa influencia no indicador custo de manufatura s/ vendas (FR42) comprovado pela correlação estatística R^2 de 0,59. O mesmo acontece com os requisitos de nível inferior FR's 411 e 412, cuja regressão múltipla contra o indicador custo de manufatura s/ vendas mostra um R^2 de 0,61, muito próximo de 0,59. Individualmente eles apresentam correlação R^2 de 0,34 e 0,49 respectivamente.

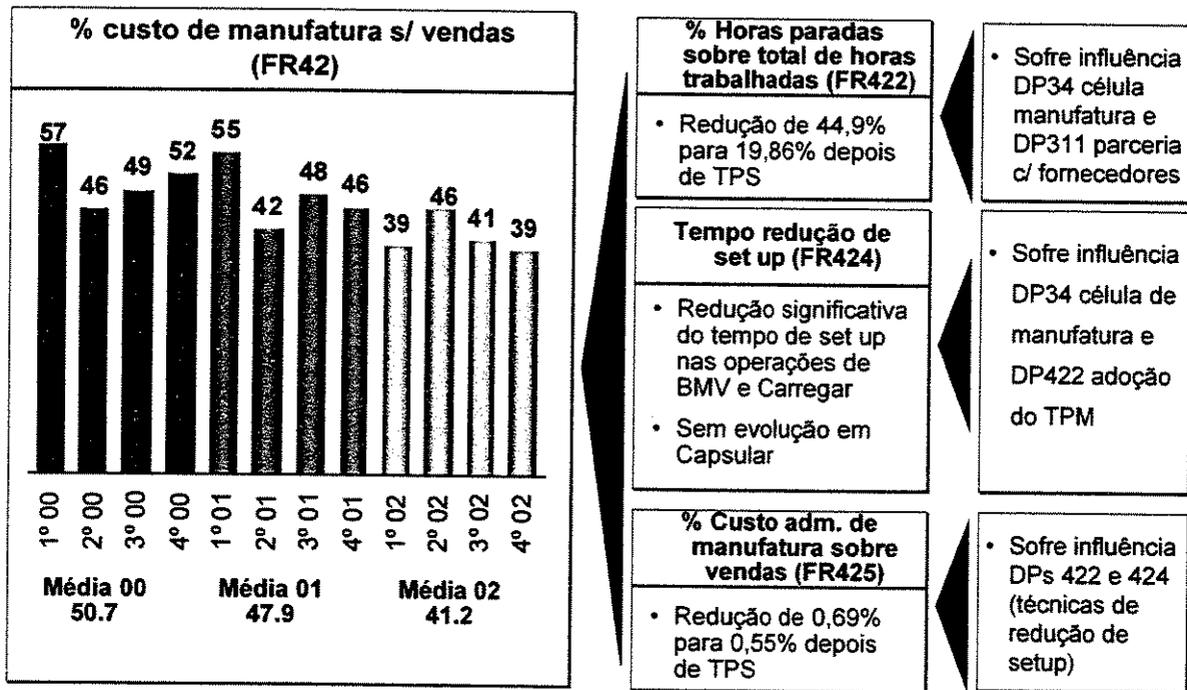


Figura 6.24 – influencia dos requisitos de nível inferior sobre FR42

% Horas de parada de maquina / total de horas trabalhadas (associado ao FR422) – a empresa tem adotado TPM após a introdução do TPS, colhendo uma melhora significativa no percentual de parada de maquina. Foi de 44,9% antes do TPS para 19,81% após o TPS (a empresa não tem registro periódico deste indicador). Esta melhora foi influenciada pelos DPs 34, células de manufatura, e 311, parceria com fornecedores de confiança. Apesar da melhora, o percentual de parada de maquina ainda é muito alto. Este resultado está coerente se analisarmos a influencia do DP312, adoção do sistema *andom*. Conforme discutido anteriormente, a empresa não está sendo capaz de eliminar as causa raiz de forma definitiva, o que justifica este percentual ainda alto.

Tempo de redução troca de máquina (associado ao FR424) - neste indicador, os resultados mostram boa evolução pela influencia do seu parâmetro de projeto, uso de técnicas de redução do *set up*, e dos parâmetros anteriores DPs 422, adoção do TPM, e 34, células de manufatura.

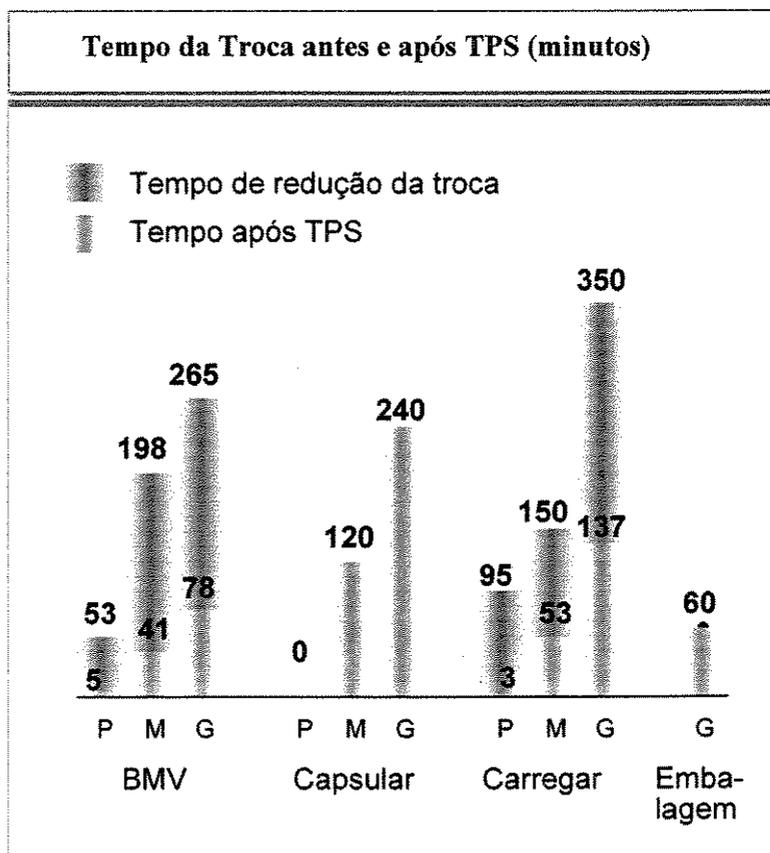


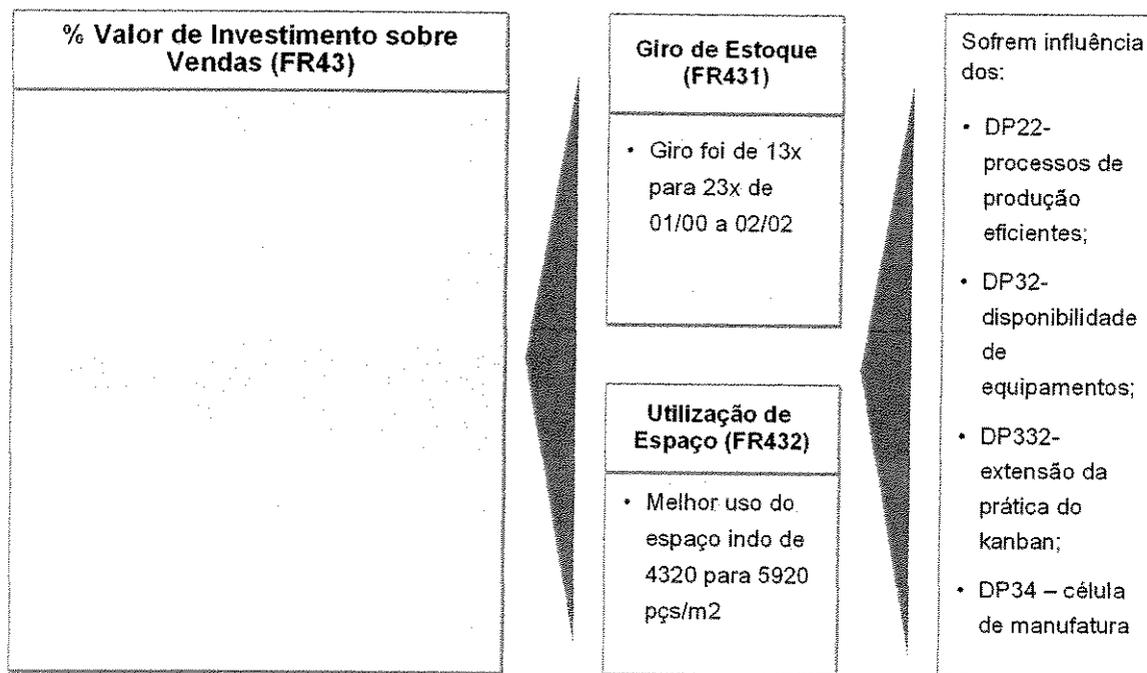
Figura 6.25 – indicador tempo de troca

A exemplo do anterior, a empresa também não tem registro periódico deste indicador. (nota: as siglas P, M e G da figura acima representam respectivamente famílias de cartucho pequeno, médio e grande).

% custo administrativo sobre vendas líquidas (associado ao FR 425) – este indicador é influenciado pelos DPs 422 e 424, contribuindo para a redução da burocracia administrativa que já é baixa na CBC. O custo era de 0,69% antes do TPS e melhorou para 0,55% após o TPS.

% valor do investimento sobre vendas (associado ao FR43) – no calculo do valor do investimento devem ser considerados o valor dos estoques e do ativo fixo (prédio, maquinas, equipamentos e instalações). Demais itens como contas a receber e contas a pagar foram desconsiderados por não serem de controle da manufatura. Infelizmente a empresa não dispõe

desses valores específicos para a fabrica de cartuchos fogo central; ela dispõe de registros da fabrica como um todo. Isto prejudica totalmente a analise quanto a influencia dos requisitos funcionais de nível inferior como o giro de estoques e utilização do espaço no indicador % valor do investimento sobre vendas. Ambos indicadores mostram evolução significativa conforme verificado adiante.



Fonte: CBC

Figura 6.26 – influencia dos requisitos de nível inferior sobre o FR43

Giro de estoque (associado ao FR431) - o giro de estoque acompanhou o comportamento das vendas. Quando as vendas caíram no 3º trimestre/01 o giro retrocedeu, mas a partir daí, os estoques tem girado cada vez mais rápido, o que demonstra um beneficio da manufatura enxuta. Este requisito sofreu influencia do seu parâmetro, operação com baixos níveis de inventario, bem como dos parâmetros anteriores DPs 22, 32, 332 e 34. Este requisito influencia também o FR 432, porém não pôde ser verificado estatisticamente dado o tipo de registro deste indicador.

Ainda há muito a ser feito na CBC. O tamanho dos supermercados pode sofrer redução significativa, seja em função de confiabilidade nos processos ou de um melhor nivelamento da produção. Uma melhor integração com o fornecedor de bobinas de latão (Eluma) pode fazer com que as bobinas sejam solicitadas com base na utilização real e entregues diariamente no sistema

do tipo “milk run” (coleta programada), mesmo que ele não reduza os tamanhos dos lotes mínimos.

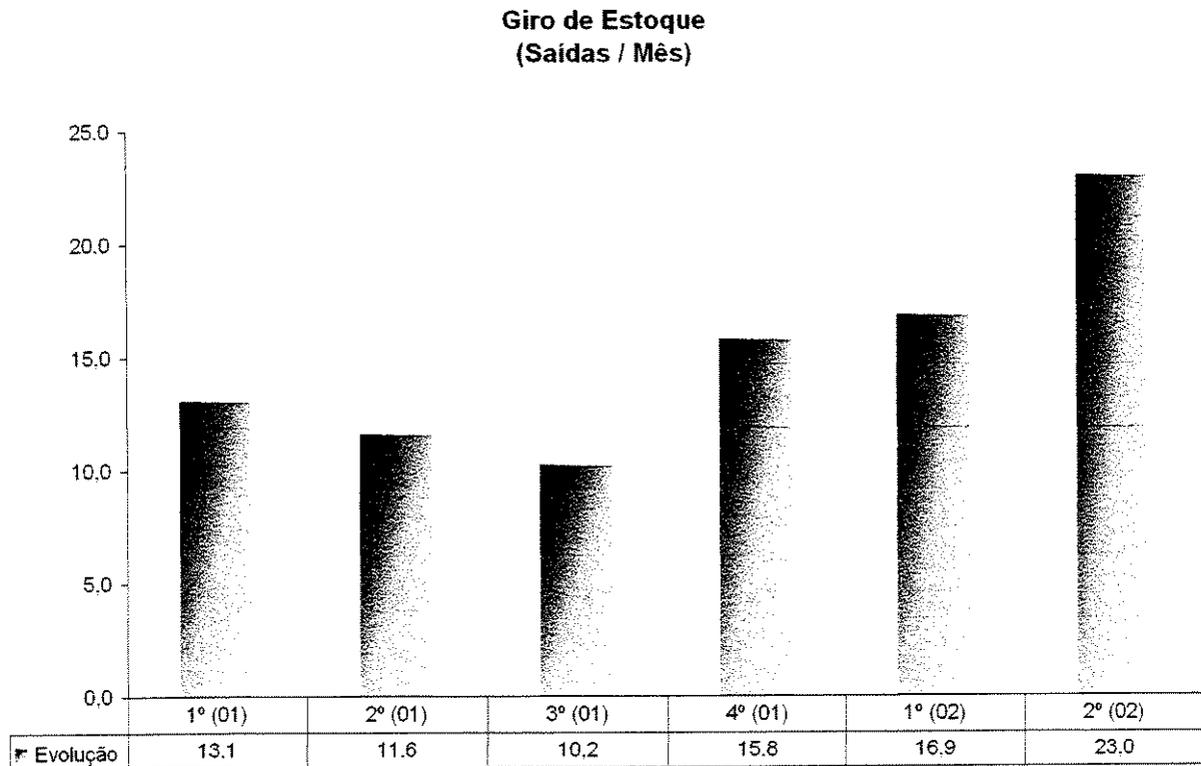


Figura 6.27 – indicador giro de estoque

Utilização do espaço na fábrica (associado ao FR432) - este é um quesito em que a empresa apresentou significativa evolução. O espaço considerado aqui é a área do fogo central, mais a embalagem e expedição. A empresa não reduziu seu espaço total em metragem quadrada no novo fluxo de valor. No entanto, ela passou de um sistema de estocagem vertical para estocagem horizontal e, com isso, ela otimiza seu espaço de armazenagem por m² além de reduzir o custo operacional. Com a demanda puxada ela passou a produzir mais (de 620.000 para 740.000 peças/dia) e estocar mais de forma horizontal quando antes era estocado verticalmente. Este indicador também sofre influencia positiva dos parâmetros de projeto anteriores DPs 22, 32, 332, 34 e 431.

Utilização do Espaço (PÇS / M2)

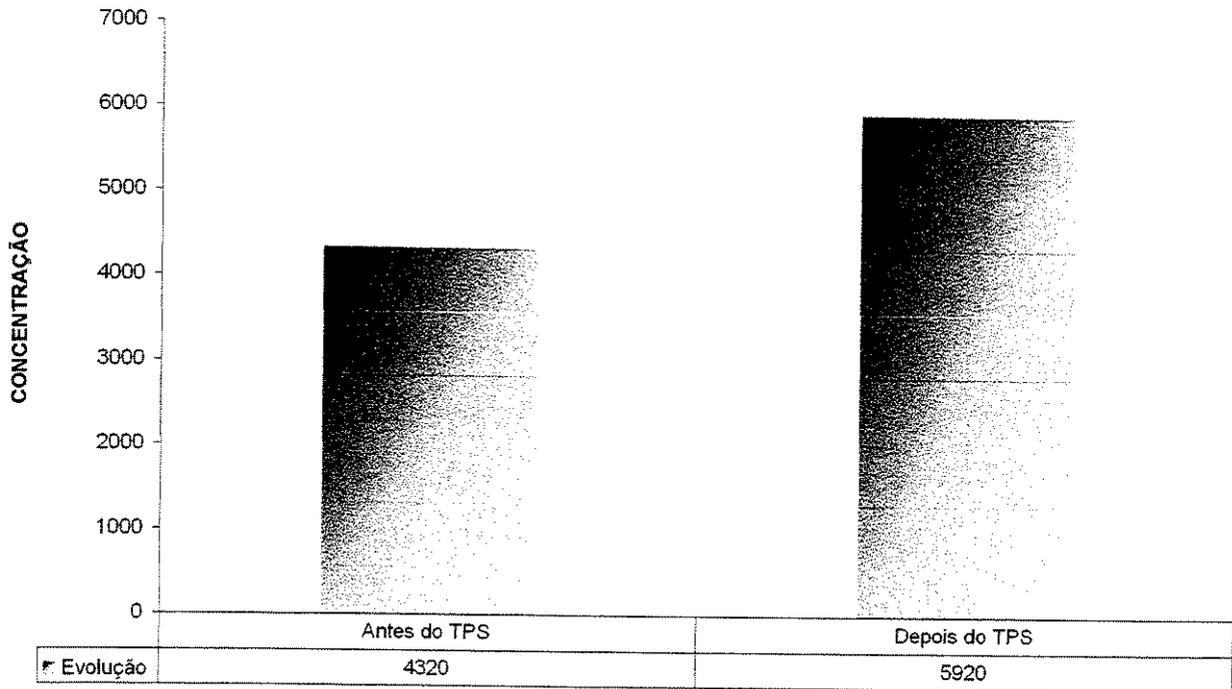


Figura 6.28 – indicador utilização de espaço

6.7 Sumario

Não há duvida de que a CBC melhorou substancialmente seu desempenho com a introdução da manufatura enxuta e seus indicadores sustentam isso. Há muito ainda a ser melhorado nesta empresa: registros de algumas medidas precisam ser sistematizados, outras precisam ser instituídas, uma melhor atenção no controle dos seus processos, pesquisa de satisfação dos clientes e colaboradores deve ser realizada com alguma freqüência e maior integração com o fornecedor externo Eluma.

Confirmou-se no estudo de caso o alinhamento de varias medidas de desempenho por meio de correlações estatísticas dessas medidas e analise de regressão múltipla entre elas nos diversos níveis de desdobramento do projeto. O resultado dessas medidas do modelo aplicadas na CBC mostra o balanceamento das medidas e vinculação entre elas nas relações de causa e efeito. Tudo

isso pode ser confirmado nas quinze correlações estatísticas e sete análises de regressão realizadas, conforme descrito abaixo.

No ramo do FR3, objetivo de satisfazer o cliente, foram realizadas dez correlações estatísticas - entre os indicadores dos FRs 31, 32, 35, 311 e 312 - e cinco análises de regressão múltipla - a influencia dos indicadores dos FRs 311/312 no indicador do FR31, do FR32 e do FR35; dos indicadores dos FRs 311/312/32 no indicador do FR 35 - dos indicadores dos FRs 31/32 no indicador do FR 35. No ramo do FR4, objetivo satisfazer os acionistas, foram realizadas cinco correlações estatísticas - entre os indicadores dos FRs 41, 42, 411 e 412 - e duas análises de regressão - influencia dos indicadores dos FRs 411/412 no indicador do FR21 e do FR42.

Em três análises (dos indicadores dos FRs 33, 34 e 42) não se conseguiu testar a influencia dos indicadores de nível inferior, não porque sucumbiram `a comprovação estatística, mas porque os seus indicadores possuem apenas registros estáticos (Frs 33, 331, 332, 34, 422, 424 e 425). Em todas essas situações, a análise visual dos resultados das medidas mostra uma relação lógica de causa e efeito. Tudo isso corrobora a coerência e a robustez do modelo.

Três outras situações não puderam sequer ser analisadas (dos indicadores dos FRs 3, 4 e 43). Por serem indicadores de variáveis dependentes e a empresa não ter registro dos seus resultados, fica inviável testar a influencia dos indicadores de nível inferior.

Capítulo 7

Conclusão e considerações finais

7.1 Considerações sobre o desenvolvimento deste trabalho

Não há dúvida de que a função manufatura é extremamente importante em uma empresa para criar vantagens estratégicas. Conforme foi dito no início deste trabalho, o sucesso da empresa é consequência direta do desempenho superior das dimensões competitivas da manufatura em relação aos seus concorrentes. Porém essas dimensões competitivas não estão soltas ou isoladas na empresa. Elas devem ser integradas em um sistema de manufatura. O projeto e operação de um sistema de manufatura irão impactar profundamente na produtividade da fábrica, na sua qualidade, no custo, na flexibilidade entre outros atributos. A manufatura enxuta passou a ser um novo paradigma no desenho de um sistema de manufatura. Para auxiliar no projeto deste sistema de manufatura foi utilizada a abordagem do projeto axiomático.

A abordagem axiomática utilizada no desenvolvimento deste trabalho mostrou viabilidade de aplicação. A decomposição do projeto de sistema de manufatura reflete a decomposição dos objetivos estratégicos em requisitos funcionais e parâmetros de projeto necessários para realizar esses objetivos. A novidade foi utilizar esta abordagem para desenvolver medidas de desempenho que estejam alinhadas com os objetivos estratégicos. Projeto axiomático revela as relações de causa e efeito dos requisitos funcionais do sistema de manufatura com os parâmetros de projeto e claramente apresenta essas relações através dos procedimentos de decomposição do projeto de sistema.

O modelo de mensuração de desempenho aqui proposto deve ser visto como um *modelo genérico* capaz de atender os objetivos estratégicos do modelo de negócio da empresa e, como tal, não pode ser transplantada diretamente para qualquer empresa. Isto porque o modelo de negócio da empresa poderá ser totalmente diferente do apresentado neste trabalho bem como o

seu projeto do sistema de manufatura dependerá da escolha dos requisitos funcionais que o sistema deve satisfazer para atender os objetivos da empresa.

7.2 Contribuição da Tese

A contribuição desta Tese é trazer algo ainda não explorado no âmbito da manufatura enxuta, apresentando um modelo de mensuração de desempenho que alinhe as medidas de desempenho com o sistema de manufatura enxuta e este por sua vez com os objetivos estratégicos da empresa. Este modelo fecha o *gap* nos sistemas de mensuração de desempenho entre os objetivos estratégicos da empresa e as medidas de desempenho (*gap* esse mencionado na seção 1.2 do capítulo 1), fazendo com que o sistema de mensuração torne-se um instrumento de gestão de essencial utilidade e as informações geradas sejam relevantes para os tomadores de decisão. O modelo procura aproveitar os méritos dos seis modelos de mensuração pesquisados ao mesmo tempo em que se propõe a cobrir algumas dos pontos fracos dos mesmos.

Reenfatizando o que foi dito na seção 5.3 do capítulo 5 o modelo proposto fornece resposta a três perguntas chaves: *Porque* a empresa está medindo? Para se assegurar que os objetivos estratégicos formulados no seu modelo de negocio estão sendo cumpridos; *O que* a empresa necessita medir? Os resultados que ela espera alcançar, isto é, a decomposição desses objetivos em requisitos funcionais do sistema de manufatura. Medidas de desempenho são associadas aos requisitos funcionais e alinhadas em uma relação de causa e efeito. Esta relação causal mantém o balanceamento das medidas de desempenho nos quatro objetivos estratégicos e assim, assegura que os objetivos estejam sendo medidos e atingidos; *Como* a empresa irá fazer para atingir os resultados? Através dos parâmetros de projeto necessários para realizar esses objetivos.

No estudo de caso, pode-se observar as inter relações entre as medidas propostas nos quatro objetivos do modelo, permitindo uma compreensão mais adequada de como as ações tomadas no âmbito da manufatura enxuta influenciam no desempenho da empresa. Este estudo de caso vai onde os outros artigos a respeito da aplicação da abordagem do projeto axiomático não foram, aplicação seja em sistemas de manufatura (Houshmand & Jamshidnezhad, 2002; Suh et al, 1998), em alinhamento das medidas de desempenho (Cochran et al, 2000) e seja em gestão sistêmica da qualidade (Calarge e Lima, 2001). O estudo de caso valida na pratica a lógica do desdobramento

dos vários níveis da árvore do projeto do sistema de manufatura enxuta enquanto os demais artigos citados param apenas na elaboração da árvore do projeto sem, contudo validá-la.

7.3 Confirmação dos objetivos propostos neste trabalho

A seção 1.2 do capítulo 1 deste trabalho apresentou dois objetivos e que são analisados quanto o alcance do que foi inicialmente proposto.

1. Desenvolver um modelo de mensuração de desempenho que alinhe as medidas de desempenho do sistema de manufatura aos objetivos estratégicos da empresa.

Na literatura pesquisada e apresentada neste trabalho encontramos material que fala sobre as vantagens e benefícios da manufatura enxuta, seus resultados no chão de fábrica e na moral dos colaboradores e como contribui para o sucesso de uma empresa. No entanto, este material peca em mostrar como integrar esses benefícios com os objetivos da empresa, em demonstrar como esses benefícios se materializam em resultados financeiros e não financeiros e principalmente peca em acompanhar o desempenho da empresa. Além disso, seis modelos de mensuração de desempenho foram pesquisados como referencial para o desenvolvimento da presente proposta de modelo.

Este modelo se propõe a avaliar o desempenho da empresa, isto é, monitorar se ela está atingindo seus objetivos, através de medidas de desempenho. Relações de causa e efeito foram estabelecidas relacionando os parâmetros de projeto (causas) com os requisitos funcionais (os resultados, os efeitos) nos três níveis hierárquicos do sistema de manufatura enxuta. Medidas de desempenho foram escolhidas e associadas aos requisitos funcionais em cada um dos quatro objetivos estratégicos do modelo de negócio da empresa para assegurar que os requisitos estejam cumprindo seu papel de satisfazer esses objetivos e assim fechar o *gap*.

O capítulo 2 discorre sobre os seis modelos de desempenho pesquisados enquanto o capítulo 5 descreve como este modelo de mensuração de desempenho foi elaborado para atender este objetivo.

2. Validar as medidas de desempenho resultantes deste modelo em uma empresa industrial, mensurando os resultados obtidos com a manufatura enxuta.

O capítulo 6 trata da validação das medidas de desempenho deste modelo na empresa analisada (a CBC Companhia Brasileira de Cartuchos), da comprovação da sua lógica, da mensuração dos resultados obtidos com a produção enxuta e mostra os cálculos efetuados. As inter relações entre as medidas propostas nos quatro objetivos do modelo, comprovado através de 15 correlações estatísticas e 7 análises de regressão múltipla, validam a lógica do desdobramento dos vários níveis da árvore deste modelo. Onde não foi possível fazer correlações pelo fato dos indicadores terem apenas registros estáticos, a análise visual dos seus resultados ajuda a demonstrar a lógica do modelo, pois mostra a vinculação entre as medidas nas relações de causa e efeito. Assim mesmo, isto não chega a invalidar o desempenho superior da manufatura enxuta na CBC.

Revisitando os objetivos perseguidos pela CBC quando da adoção do sistema de manufatura enxuta, nota-se pelos indicadores obtidos que a manufatura enxuta trouxe resultados significativos em relação ao período anterior. A análise mostra o seguinte:

- Aumentar capacidade da planta para aumentar as vendas e a rentabilidade por meio de melhorias.

A capacidade da planta de fogo central subiu de 620.000 para 740.000 cartuchos/dia, levando a aumento do faturamento e da sua rentabilidade conforme observado na tabela abaixo.

Tabela 7.1 –Lucro deflacionado da CBC

Receita líquida – Custos (mat. prima + mão de obra) R\$											
2000				2001				2002			
1º trim	2º trim	3º trim	4º trim	1º trim	2º trim	3º trim	4º trim	1º trim	2º trim	3º trim	4º trim
963,8	1859,0	1492,0	1109,6	1051,5	1654,0	1296,9	1644,1	1855,2	1914,6	2314,2	2863,9

- Reduzir as despesas operacionais através de redução dos estoques; aumento da disponibilidade das máquinas e economia no espaço da planta.

O giro dos estoques aumentou brutalmente, o espaço foi melhor utilizado e maior disponibilidade das máquinas ficou patente no indicador OTIF (entregas no prazo)

- Crescer a participação de mercado respondendo mais rapidamente as necessidades dos clientes.

No modelo não foi proposta nenhuma medida de participação de mercado; no entanto outros indicadores como variabilidade da demanda e frequência de entrega permitem constatar que a empresa passou a responder mais rapidamente as necessidades dos clientes. Isso se traduziu no aumento do volume vendido. Toda a produção da empresa está tomada em vendas.

- Prover condições e aptidões para continuamente reduzir custos e eliminar desperdícios. A eliminação de desperdícios não está sendo devidamente registrada na CBC, pois não existe medida específica para tal. Há necessidade de um controle mais estreito nos seus processos internos, o que irá refletir positivamente no nível de defeitos internos. No entanto, seus processos de produção são eficientes, o que permitiu diminuir o custo médio do cartucho do fogo central.

Não há dúvida de que a CBC melhorou substancialmente seu desempenho com a introdução da manufatura enxuta e seus indicadores sustentam isso.

7.4 Limitação e dificuldades encontradas

Uma limitação deste modelo foi não ter podido utilizar o axioma da informação no estudo de caso. Não se conseguiu validar na CBC se os projetos encontrados nos diversos níveis hierárquicos do modelo proposto atendiam este axioma e, portanto se seriam de fato os melhores projetos. Este axioma estabelece que entre os projetos que satisfazem o axioma da independência, o projeto que tiver o menor conteúdo de informação é o melhor projeto. Assim, quanto maiores as chances de satisfazer um requisito funcional, menor será o conteúdo de informação necessário. Dada a limitações encontradas na própria empresa e explicadas na seção 6.6 do capítulo 6, este trabalho centrou-se apenas na análise do axioma da independência.

Uma dificuldade encontrada na aplicação da abordagem do projeto axiomático reside no fato de que carece de uma maior utilização em áreas de gestão organizacional e em setores não manufatureiros. Os exemplos e situações encontradas nos livros do Suh (1990 e 2001) são de aplicações essencialmente técnicas. Uma aplicação desta abordagem em uma área de gestão foi encontrada no artigo de Engelhardt e Nordlund (2000) em que ela é utilizada como uma ferramenta para elaborar o planejamento estratégico ou um plano de negocio de uma empresa. Os

objetivos da empresa são os requisitos funcionais (FRs) enquanto as estratégias são os parâmetros de projeto (DPs).

A pouca literatura dificulta o entendimento de suas potencialidades e aplicação para áreas não técnicas. Empresas podem ter entendimentos e/ou definições diferentes a respeito dos domínios do cliente, funcional e físico. As caracterizações errôneas relativas a estes domínios implicam no desenvolvimento de modelos distintos e muitas vezes inadequados para as necessidades da empresa. Dessa maneira, caso a empresa faça uma leitura errada sobre as necessidades dos clientes, os objetivos estabelecidos para a empresa serão decorrentes destas necessidades e, por conseqüência, todo o projeto do sistema de manufatura tomará forma distinta.

7.5 Encaminhamento de trabalhos futuros

Seria estimulante encontrar outros trabalhos da abordagem do projeto axiomático em setores de negócio como comércio e serviços, mas aplicados em áreas de gestão organizacional, por exemplo, decompondo um desenho de um sistema de gestão organizacional.

Outro trabalho sugerido é a consideração do vetor valor para ser mensurado neste modelo. Como medir a transferência da agregação do valor para dentro da empresa a partir da dimensão preço? Uso de direcionadores de valor para a dimensão preço em contraste com direcionadores de custo usados na dimensão custo é um possível caminho.

Quanto ao modelo proposto, seria recomendável que ele fosse aplicado em outras indústrias que utilizam a manufatura enxuta e verificar como os sistemas de mensuração de desempenho existentes se comportam com relação a este modelo. Este estudo deve esclarecer pontos quanto a sua aplicabilidade, entendimento, potencialidades e limitações do mesmo. Tudo isso para aperfeiçoar o modelo proposto.

Referencias bibliográficas

- Andersen Consulting (agora Accenture), Universidade de Cambridge e Cardiff Business School. *The Worldwide Manufacturing Competitiveness Study - The second lean enterprise report.* Publicação da Andersen Consulting, 1994
- Atkinson, A. A., Banker, R., Kaplan, R., Young, S. M. *Management Accounting.* New Jersey: Prentice Hall, 2001
- Ayres, R.V. CIM: A challenge to technology management. *International Journal of technology management*, Vol.7 No 1/2/3, pp 17-39, 1992
- Bastos, L.R., Paixão, L., Fernandes, L.M., Deluiz, N. *Manual para a elaboração de projetos e relatórios de pesquisa, teses, dissertações e monografias.* Rio de Janeiro: LTC Editora, 5ª edição, 2001.
- Bender, P.S. Long term trends in material flow management. Concepts and Application. *Presentation to The Japan Institute of Systems Research, courtesy of Unisys.* Tokyo: 1992
- Black, J.T. *JIT factory revolution.* USA: Productivity Press Inc., 1988
- Brigham, E.F., Gapenski, L.C., Ehrhardt, M.C. *Financial Management.* USA: Dryden Press, 1999
- Burton, T.T. Capturing financial benefits from lean manufacturing. Artigo disponível no site www.isixsigma.com, maio 2002
- Calarge, Felipe Araújo. *Uma Proposta de um Modelamento de Gestão Sistêmica da Qualidade Baseada na Abordagem do Axiomatic Design*, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2000. 238p. Tese (Doutorado)
- Calarge, F.A., Lima, P.C. Da abordagem do TQM ao GQM: a inserção e utilização da metodologia do projeto axiomático no desenvolvimento de modelos de gestão sistêmica da qualidade. *Revista Gestão & Produção da UFSCar*, pp 196-214, ago/2001
- Chase, R.B., Aquilano, N.J., Jacobs, F.R. *Operations Management for competitive advantage.* New York: McGraw Hill, 9th edition, 2001

- Ching, H.Y. *Gestão de estoques na cadeia de logística integrada*. S Paulo: Editora Atlas, 2001
- Ching, H.Y. *Gestão baseada em custeio por atividade*. S Paulo: Editora Atlas, 2000
- Cocharan, D. S., Kim, Y., Kim, J. The alignment of performance measurement with the manufacturing system design. First International Conference on Axiomatic Design, Cambridge, USA, June 2000
- Conaghan. J. Linking Performance Measures to Strategy. Artigo disponível no site da Foundation for Performance Measurement. Junho 1999
- Cooper, R. Komatsu, Ltd (B): profit planning and product costing. *Harvard Business School*. Reprint 9-195-061, 1994
- Cooper, R., Kaplan, R.S. How cost accounting distorts product costs. *Harvard Business Review*, pp. 20-27, set/out. 1985
- Cooper, R., Kaplan, R.S. Measure costs right: make the right decisions, *Harvard Business Review*, pp. 96-103, set/out.1988
- Copeland, T., Koller, T., Murrin, J. *Valuation Measuring and managing the value of companies*. USA: John Wiley & Sons, Inc. 1996
- Corbett, T. *Contabilidade de ganhos*. S Paulo: Ed. Nobel, 1997
- Corrêa, H. L. Flexibilidade nos sistemas de produção. *RAE* Vol.33 No.3, pp.22-35. Mai/Jun. 1993
- Crosby, P. *Qualidade sem lágrimas*. R Janeiro: Ed. José Olympio, 1992
- DeMeyer, A., Nakane, J., Miller, G., Ferdows, K. Flexibility: The next competitive battle. *Manufacturing Roundtable Research Report series*. Boston university, School of Management, 1987
- DiSerio, L. C. *Tecnologia de grupo no planejamento de um sistema produtivo*. S Paulo: Icone, 1990
- Edvinsson, L. Measuring Intellectual Capital at Skandia Group. Artigo no site da Foundation for Performance Measurement. Junho 1993, www.fpm.com.
- Edvinsson, L., Malone, M. *Intellectual Capital: realising your company's true value by measuring its hidden brainpower*. New York: Harper Collin's Publiser, 1997
- Engelhardt, F., Nordlund, M. Strategic planning based on axiomatic design. First International Conference on Axiomatic Design, Cambridge, USA, June 2000
- Fachin, O. *Fundamentos de Metodologia*. S Paulo: Ed. Saraiva, 3ª edição, 2001
- Falconi, V. *Qualidade Total - padronização de empresas*. Belo Horizonte: Ed. FCO, 1992

- Falconi, V. *TQC Controle da qualidade total*. Belo Horizonte: Ed. FCO, 1992
- Ferro, J. R. Aprendendo com o “ohnoismo” (produção flexível em massa): lições para o Brasil. *RAE* Vol. 30 No. 3, pp.57-68. Jul/Set. 1990
- Foster, G., Horngren, C.T. Cost accounting and cost management in a JIT environment. *Journal of Cost Management*, pp. 4-14, Winter 1988
- Fullerton, R.R., McWatters, C.S., Fawwson, C. An examination of the relationships between JIT and financial performance. *Journal of Operations Management*, numero 21, pp 383-404, 2003
- Gary. L. How to think about performance measures now. *Harvard Management Update*, reprint U0202A, Fev. 2002
- Garrison, R H., Noreen, E.W. *Contabilidade Gerencial*. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2001
- Gerwin, Donald. Manufacturing flexibility: a strategic perspective. *Management Science magazine*, vol.39 No 4, pp. 395-410, Abril 1993
- Ghalayini, A M., Noble, J.S. The changing basis of performance measurement. *International Journal of Operations and Production Management*. Vol.16 No. 8, pp.63-80, 1996
- Groover, M. P. *Automation, Production Systems and Computer integrated manufacturing*. USA: Prentice Hall, 1987
- Gupta, Y., Goyal, S. Flexibility of manufacturing systems: concepts and measurements. *European J. Oper. Res.*, vol. 43, pp.119-135, 1989
- Hayes, R.H., Pisano, G. P. Beyond world class: the new manufacturing strategy. *Harvard Business Review*, pp. 77-86, Jan/Fev. 1994
- Hayes, R. H., Wheelwright, S. C., Clark, K. B. *Dynamic Manufacturing*. New York: The Free Press, 1990
- Herz, R.H. *Reinventing performance measurement management and reporting*. Publicação da PriceWaterhouseCoopers Assurance and Business Advisory Services, 2000.
- Hill, T. *Manufacturing Strategy*. USA: Irwin, 1994
- Johnston R., Clark G. *Administração de Operações de serviço*. S Paulo: Editora Atlas, 2002
- Houshmand, M., Jamshidnezhad, B. Conceptual design of lean production systems through an axiomatic design approach. Second International Conference on Axiomatic Design, Cambridge, USA, June 2002
- Juran, J.M., Gryna, F.M. *Controle da Qualidade - volume I*. S Paulo: Ed Makron, 1991

- KPMG Consulting. *Achieving measurable performance improvement in a changing world*. Publicação da KPMG Assurance and Advisory Service Center, 2001.
- Kaplan, R. S. Yesterday's accounting undermines production. *Harvard Business Review*, pp. 95-102, jul/ago.1984
- Kaplan, R. S. Measuring manufacturing performance: a new challenge for managerial accounting research. *The Accounting Review*, pp. 686-705, Outubro 1983
- Kaplan, R., Norton, D. Using the Balanced Scorecard as a strategic management system. *Harvard Business Review*, pp. 75-85, Jan/Fev 1996
- Kaplan, R., Norton, D. *The Balanced Scorecard*. Boston: Harvard Business School Press, 1996
- Klein, N., Kaplan, R. Chemical Bank: implementing the BSC. *Harvard Business School*. Reprint 9-195-210 (1999)
- Kotler, P. *Marketing para o século XXI*. S Paulo: Editora Futura, 1999
- Liker, J.K., Wu, Y.C. *Sloan Management Review*, MIT, fall 2000, volume 42
- Lima, P. C. *A Sistematização da aplicação do custeio e do gerenciamento baseados em atividades para a obtenção de aumento na produtividade em empresas de manufatura*. Campinas: Unicamp, 1997, Tese de livre docência
- Lima, P. C. Tópicos em Engenharia de Produção: Manufatura enxuta. Cópia dos slides e anotações de aula, Unicamp, 2001
- Mankins, M.C., Armour, E. Back to the future. *Journal of Business Strategy*, julho/agosto 2001.
- Maskell, B. Cópia dos slides da apresentação. *Value Stream Management Conference*, Estados Unidos, março 2001
- Meyer, M.W. *Rethinking performance measurement: beyond the balanced scorecard*. UK: Cambridge University Press, 2003
- Neely, A., Adams, C., Kennerley, M. *The performance prism – the scorecard for measuring and managing business success*, UK: Prentice Hall, 2003
- Neely, A., Adams, C. Perspective on performance: the performance prism. *Paper produced during the research project: The evolution of business performance measurement systems*, 2002. Artigo extraído do site www.som.cranfield.ac.uk
- Neely, A., Adams, C., Crowe, P. The performance prism in practice. 2003. Artigo extraído do site www.som.cranfield.ac.uk
- Rother, M., Shook, J. *Aprendendo a enxergar*. S Paulo: Lean Institute Brasil, junho 1999

- Salles, J. A. *A Gestão estratégica de manufatura*. S Paulo: EAESP/FGV, 1998, Tese (doutorado)
- San Filippo, M. Lean Time, Lean Measures. *Manufacturing Today magazine*, jan/fev. 2002.
- Schonberger, R. J. *Fabricação classe mundial*. São Paulo: Livraria Editora Pioneira, 1988
- Shulver, M., Lawrie, G., Andersen, H. A process for developing strategically relevant measures of intellectual capital. *Conference paper*. Performance Measurement 2000 – Past, Present and Future
- Slack, N. *Vantagem Competitiva em manufatura*. S Paulo: Ed Atlas, 1993
- Skinner, W. Manufacturing – missing link in corporate strategy. *Harvard Business Review*, maio/jun. 196
- Stalk, George. Time- the next source of competitive advantage. *Harvard Business Review*, pp. 41-51, jul/ago. 1988
- Stewart III, G.B. *The quest for value*. New York: Harper Collins, 1999
- Suh, N.P., Lima, P.C., Cochran, D.S. Manufacturing system design. *CIRP Keynote paper*. 48th CIRP General Assembly, Greece, 1998
- Suh, N.P. *The principles of design*. New York: Oxford University Press, 1990
- Suh, N.P. *Axiomatic Design: Advances and Applications*. New York: Oxford University Press, 2001.
- Taninecz, G. Best practices – cost accounting undercuts lean. *IndustryWeek: leadership in manufacturing*, outubro 2002. Artigo extraído do site www.industryweek.com/CurrentArticles
- Tomasko, R.M. *Repensando as corporações*. S Paulo: Editora Makron, 1994
- Weber, A. Lean Machines. *Assembly magazine*, março 2002
- Whiteley, R. *A empresa totalmente voltada para o cliente*. R Janeiro: Ed. Campus, 1992
- Womack, J. LEI's indicator that can't lie: doing the math. Artigo extraído do site www.lean.org, maio 2002
- Womack, J., Jones, D., Roos, D. *A Máquina que mudou o mundo*. R Janeiro: Editora Campus, 1992
- Womack, J., Jones, D. *A Mentalidade enxuta nas empresas*. R Janeiro: Editora Campus, 1998

Bibliografia consultada

Performance Measurement Association, empresa fundada em 2000 em Cambridge, UK,

www.performanceportal.org

Foundation for Performance Measurement, fundada em 1992 em UK, www.fpm.com

Wharton University <http://knowledge.wharton.upenn.edu>

Institute for Manufacturing da Universidade de Cambridge, UK www.cam.ac.uk

Massachusset Institute of Technology MIT www.mit.edu

Laboratório de sistemas de produção da MIT dirigida pelo Prof David Cochran, com aplicação da abordagem do axiomatic design <http://psd.mit.edu>

Universidade de S Paulo www.fea.usp.br e www.poli.usp.br

Universidade Federal de S Carlos www.ufscar.br

Escola de Adm. de Empresas de S Paulo da FGV www.fgvsp.br

Ernst&Young www.ey.com.