

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
IGIA - INSTITUT DE GESTION INTERNATIONALE AGRO-ALIMENTAIRE  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

---



0.237.887-5

UFSC-BU

# TESE DE DOUTORADO

AUTOR: COSMO SEVERIANO Fo.

O ENFOQUE VETORIAL DA PRODUTIVIDADE EM UM SISTEMA  
DE AVALIAÇÃO PARA A MANUFATURA AVANÇADA NA  
INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

ORIENTADORES:

Prof. CRISTIANO J. DE ALMEIDA CUNHA, Dr  
Prof. JEAN LOUIS FLORIOT, Phd

CO-ORIENTADORES:

Prof. EDGAR AUGUSTO LANZER, Phd  
Prof. ISRAEL BRUNSTEIN, Dr

COSMO SEVERIANO FO

# TESE DE DOUTORADO

O ENFOQUE VETORIAL DA PRODUTIVIDADE EM UM SISTEMA  
DE AVALIAÇÃO PARA A MANUFATURA AVANÇADA NA  
INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

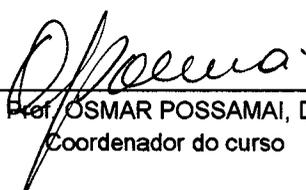
TESE APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
SANTA CATARINA, PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE DOUTOR EM  
ENGENHARIA.

1995

**O ENFOQUE VETORIAL DA PRODUTIVIDADE EM UM SISTEMA DE AVALIAÇÃO  
PARA A MANUFATURA AVANÇADA NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS**

**COSMO SEVERIANO FILHO**

ESTA TESE FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO  
TÍTULO DE "DOUTOR EM ENGENHARIA" – ESPECIALIDADE EM  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, ESTANDO APROVADA EM SUA  
FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFSC.



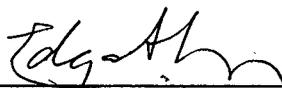
---

Prof. OSMAR POSSAMAI, Dr  
Coordenador do curso



---

Prof. CRISTIANO J. C. de ALMEIDA CUNHA, Dr  
Orientador

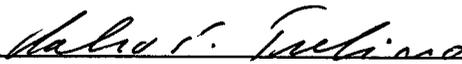


---

Prof. EDGAR AUGUSTO LANZER, PhD  
Examinador

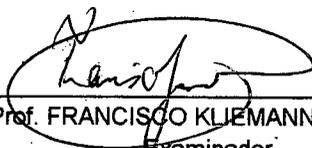
---

Prof. ISRAEL BRUNSTEIN, Dr  
Examinador



---

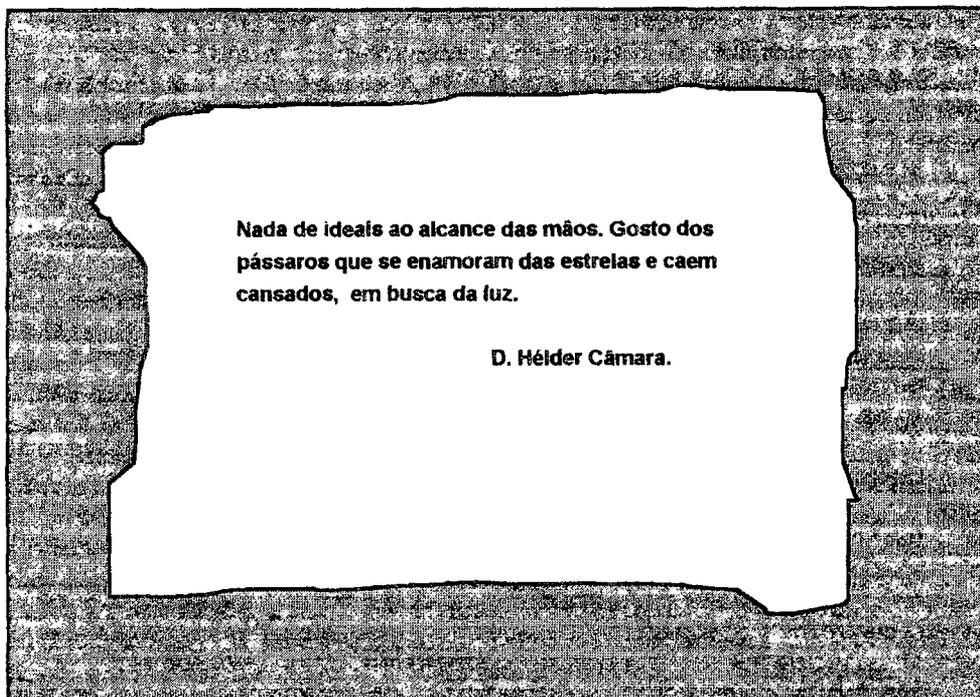
Prof. DALVIO FERRARI TUBINO, Dr  
Examinador



---

Prof. FRANCISCO KLIEMANN NETO, Dr  
Examinador

## AGRADECIMENTOS



- Aos professores Cristhiano José de Almeida Cunha, Edgar Augusto Lanzer e Jean Louis Floriot, doutores, pela orientação acadêmica recebida no transcurso do desenvolvimento deste trabalho.
- Ao sistema CAPES/PICD, pelo apoio financeiro concedido à esta pesquisa, tanto no Brasil quanto na França.
- Às empresas francesas que participaram do estudo empírico, prestando imensa e valiosa colaboração, sem as quais não seria possível concluir a bom termo o presente trabalho.
- Ao IGIA – Institut Internationale Agro-Alimentaire, pelo apoio técnico e logístico concedido ao autor, sobretudo na fase de execução da pesquisa.

# DEDICATÓRIA



## ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE ABREVIATURAS

RESUMO

ABSTRACT

<b>PRIMEIRO CAPÍTULO: CONSIDERAÇÕES INICIAIS AO ESTUDO PROPOSTO</b>	<b>1</b>
1.1 Introdução	1
1.2 Caracterização do problema	5
1.3 Formulação do Problema	11
1.4 Justificativa da pesquisa	13
1.5 Objetivos da pesquisa	16
1.5.1 Objetivo geral	16
1.5.2 Objetivos específicos	16
1.6 Estrutura do trabalho proposto	17
<b>SEGUNDO CAPÍTULO: EVOLUÇÃO CONCEITUAL E TENDÊNCIAS OPERACIONAIS DOS SISTEMAS AVANÇADOS DE PRODUÇÃO</b>	<b>20</b>
2.1 Introdução	20
2.2 Natureza e configuração dos sistemas de produção	22
2.2.1 A tipologia de Woodward	24
2.2.2 Tipologia sistêmica dos processos de produção	27
2.2.3 Tipologia baseada na relação produto–processo	30
2.2.4 Classificação de Buffa e Sarin	34
2.3 Considerações sobre os sistemas avançados de produção	37
2.4 O sistema de produção <i>just-in-time</i>	40
2.5 Sistema de manufatura celular e produção focalizada	48
2.6 Manufatura integrada por computador	54
2.7 Sistemas flexíveis de manufatura - FMS	59
2.8 Os sistemas de produção de controle kanban	66
2.9 Conclusões do capítulo	72

<b>TERCEIRO CAPÍTULO: MEDIDAS DE PRODUTIVIDADE E DESEMPENHO GLOBAL DOS SISTEMAS AVANÇADOS DE PRODUÇÃO</b>	<b>74</b>
3.1 Introdução	74
3.2 Problemática e definição da produtividade	75
3.2.1 O conceito de produtividade associado às práticas gerenciais das empresas	80
3.3 Evolução conceitual das medidas de produtividade	81
3.3.1 Modelos de avaliação da produtividade ao nível da empresa	82
3.3.2 A avaliação da produtividade como instrumento gerencial da empresa	89
3.4 As medidas de produtividade e os problemas de gestão da produção	95
3.5 As medidas de produtividade e os sistemas de produção de tecnologia avançada	101
3.5.1 O enfoque ABC como procedimento de análise da manufatura	102
3.5.2 Produtividade e tecnologias avançadas de produção	105
3.5.3 Os fundamentos do modelo de desempenho global	108
3.5.4 Aplicação do modelo de desempenho global	116
3.6 Conclusões do capítulo	120
<b>QUARTO CAPÍTULO: SISTEMAS PRODUTIVOS, DESEMPENHO E TENDÊNCIAS OPERACIONAIS NA INDÚSTRIA AGRO-ALIMENTAR</b>	<b>122</b>
4.1 Introdução	122
4.2 Estrutura dos mercados, estratégias e desempenho tecnológico das companhias agro-alimentares	124
4.2.1 As estratégias de expansão na indústria de alimentos	127
4.2.2 A internacionalização na indústria de alimentos	129
4.2.3 Desempenho tecnológico das indústria de alimentação	132
4.3 Configuração organizacional e tecnológica dos sistemas de produção na indústria de alimentos	133
4.3.1 Tipologia dos sistemas produtivos de acordo com a função de processamento	135
4.3.2 Classificação baseada no tipo de organização industrial da produção	137
4.3.3 Tipologia dos processos produtivos segundo a natureza dos fluxos	141
4.3.4 A indústria de alimentos e os novos conceitos de produção	143

4.3.5	Tendências operacionais dos sistemas produtivos	146
4.4	Tipologia conceitual dos sistemas avançados de produção na indústria de alimentos	151
4.4.1	Classificação das IAA's de acordo com o critério dos ciclos de operação	152
4.4.2	Tipologia das IAA's baseada no critério da gestão dos fluxos	155
4.4.3	O conceito de fábrica em duas velocidades: (o caso da fabricação de iogurte)	162
4.4.4	O conceito de produção flexível na indústria alimentar: (o caso da fabricação de gordura sólida)	165
4.4.5	Procedimentos de contratualização e coordenação multiatores: (o caso da indústria de conservas e legumes)	168
4.4.6	Sistema integrado com gestão da produção acompanhada por computador - GPAC	170
4.4.7	Sistema produtivo com gestão e coordenação na incerteza - GCI	171
4.5	Conclusões do capítulo	173

<b>QUINTO CAPÍTULO:</b>	<b>OPERAÇÕES METODOLÓGICAS DA PESQUISA REALIZADA</b>	<b>175</b>
5.1	Introdução	175
5.2	Considerações críticas ao estado da arte	176
5.2.1	Das tendências operacionais da manufatura	176
5.2.2	Dos sistemas de avaliação da produtividade	178
5.3	Delineamento de um sistema de avaliação da produtividade para a manufatura avançada	186
5.3.1	Conceitos e fundamentos básicos do sistema de avaliação proposto	187
5.3.2	Estrutura técnica e procedimentos operacionais	190
5.3.3	Aplicação e teste do sistema proposto	200
5.4	Estrutura metodológica e procedimentos operacionais da pesquisa	200
5.4.1	Instrumentos de pesquisa e coleta de dados	202
5.4.2	Universo e população da pesquisa	205
5.4.3	Análise e interpretação dos dados	206
5.5	Conclusões do capítulo	207

<b>SEXO CAPÍTULO:</b>	<b>APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS DA PESQUISA</b>	<b>208</b>
6.1	Introdução	208
6.2	Apresentação das linhas de produção investigadas	209
6.2.1	Configuração tecnológica das linhas de produção	210
6.2.2	Classificação dos sistemas de produção de acordo com o tipo de tecnologia empregado	214
6.2.3	Caracterização dos sistemas de avaliação da produtividade - SAP's	217
6.3	Aplicação e teste do modelo SAPROV/MA	224
6.3.1	Definição dos critérios de valor nas linhas de fabricação analisadas	226
6.3.2	Determinação de padrões referenciais de desempenho para os critérios de valor da produção	230
6.3.3	Auditoria de avaliação dos critérios de valor da manufatura	232
6.3.4	Aplicação dos indicadores de base para a avaliação do desempenho da manufatura	242
6.4	Conclusões do capítulo	250
<b>SÉTIMO CAPÍTULO:</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS</b>	<b>252</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>		<b>258</b>
<b>ANEXO A</b>	<b>Fichas de processamento - Categoria 1</b>	<b>268</b>
<b>ANEXO B</b>	<b>Fichas de processamento - Categoria 2</b>	<b>272</b>
<b>APÊNDICE 1</b>	<b>Questionário programado</b>	<b>278</b>
<b>APÊNDICE 2</b>	<b>Protocolo fixo</b>	<b>285</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Origem dos ganhos de produtividade	7
Figura 1.2	Lógica de desenvolvimento e esquematização do trabalho proposto	18
Figura 2.1	Sistema físico de produção	23
Figura 2.2	Relação entre produtos e sistemas de produção	24
Figura 2.3	Tipologias de sistemas de produção	26
Figura 2.4	Rede de operações de um processo de produção	27
Figura 2.5	Classificação sistêmica dos processos de produção	29
Figura 2.6	Matriz produto-processo de produção	32
Figura 2.7	Configuração da unidade produtiva em função dos produtos e das tecnologias de produção	33
Figura 2.8	Exemplo de duas categorias de sistemas combinados	36
Figura 2.9	Classificação das técnicas de gerenciamento JIT	39
Figura 2.10	Características da produção JIT	42
Figura 2.11	Efeitos sinérgicos da produção just-in-time	47
Figura 2.12	Configuração organizacional da célula de produção	50
Figura 2.13	Benefícios decorrentes da manufatura celular	52
Figura 2.14	Outros benefícios da manufatura celular	53
Figura 2.15	Elementos estruturais do sistema CIM	57
Figura 2.16	Condições para implementação do sistema CIM	58
Figura 2.17	Descrição dos FMS's nos volumes 28 e 29 de International Journal of Production Research	60
Figura 2.18	Classificação e definição conceitual dos sistemas de manufatura flexível	62
Figura 2.19	Configurações de FMS's e suas interrelações	63
Figura 2.20	Mecanismo operacional do sistema kanban de duplo cartão	69
Figura 2.21	Benefícios atribuídos ao sistema de produção de controle kanban	70
Figura 3.1	Rateio de melhoramento da produtividade	77
Figura 3.2	Recursos utilizados na fabricação do produto "A"	84

Figura 3.3	Variações de produtividade entre dois períodos	84
Figura 3.4	Os seis pontos de interação na rede de produtividade física	91
Figura 3.5	Estrutura de interrelações com variações na produtividade	92
Figura 3.6	Sistema econômico de produção I	98
Figura 3.7	Sistema econômico de produção II	100
Figura 3.8	Decomposição do índice de produtividade total ( $P^T$ )	101
Figura 3.9	Comparação entre a contabilidade dos recursos e a contabilidade das atividades	103
Figura 3.10	Relações entre os indutores de custos e os níveis de causalidade	104
Figura 3.11	Sistema de custos para análise da manufatura avançada	107
Figura 3.12	Tendências da pesquisa sobre economias de AMT's	117
Figura 3.13	Exemplo numérico-demonstrativo do cálculo do IMPM	119
Figura 4.1	Condições de base, estratégias das firmas e estrutura dos mercados agro-alimentares	126
Figura 4.2	Os eixos do desenvolvimento das firmas agro-alimentares	128
Figura 4.3	Indicadores sobre a localização da transformação alimentar no mundo	131
Figura 4.4	Fluxo de intercâmbio no âmbito o sistema agro-alimentar	134
Figura 4.5	Prioridades competitivas sobre a matriz produto-processo	138
Figura 4.6	Exemplo de uma matriz produto-processo na indústria de restauração coletiva	140
Figura 4.7	Tipologia das IAA's de acordo com o critério dos ciclos de operação	154
Figura 4.8	Tipo I: organização de fluxo puxado	156
Figura 4.9	Tipo II: organização de fluxo puxado-empurrado com regulação	157
Figura 4.10	Tipo III: organização de fluxo empurrado	158
Figura 4.11	Tipo IV: organização de fluxo empurrado-puxado sem regulação	159
Figura 4.12	O princípio da sincronização JIT na indústria de alimentos	161
Figura 4.13	Produção flexível na indústria de gorduras	167

Figura 5.1	Avaliação do desempenho utilizando as medidas de SFP	179
Figura 5.2	Variações nas taxas de produtividade com dois métodos diferentes	180
Figura 5.3	Avaliação do desempenho utilizando as medidas de produtividade de valor agregado	182
Figura 5.4	Avaliação do desempenho utilizando as medidas de TFP	184
Figura 5.5	Significado operacional da produtividade vetorial	187
Figura 5.6	Modelo de referência SAPROV/MA 1010	191
Figura 5.7	Modelo de referência SAPROV/MA 1011	192
Figura 5.8	Modelo de referência SAPROV/MA 1012	195
Figura 5.9	Modelo de referência SAPROV/MA 1013	196
Figura 5.10	Modelo de referência SAPROV/MA 1014	197
Figura 5.11	Modelo de referência SAPROV/MA 1015	199
Figura 5.12	Representação gráfica dos modos de coleta e tipos de dados	203
Figura 5.13	Quadro de referência da população amostral	206
Figura 6.1	Linhas de fabricação analisadas no estudo exploratório	209
Figura 6.2	Configuração de AMT's nas empresas estudadas	211
Figura 6.3	Características dos sistemas de produção I	212
Figura 6.4	Características dos sistemas de produção II	213
Figura 6.5	Características dos sistemas de produção III	214
Figura 6.6	Novas classificações para a indústria de alimentos	216
Figura 6.7	Mapeamento das medidas de produtividade utilizadas pelas empresas estudadas	218
Figura 6.8	As medidas de produtividade estão consolidadas no SCG?	219
Figura 6.9	Com que objetivos a organização estabelece essas medidas de produtividade?	220
Figura 6.10	Que princípios são adotados no processo de definição das medidas de produtividade?	221
Figura 6.11	Data de implantação dos SAP's	222
Figura 6.12	Descrição resumida dos SAP's	223
Figura 6.13	Dificuldades encontradas no processo de avaliação da produtividade	224
Figura 6.14	Linhas de fabricação analisadas no estudo descritivo	225
Figura 6.15	Critérios de valor da manufatura na empresa 12.IPM20	227
Figura 6.16	Critérios de valor da manufatura na empresa 01.IAM10	229

<b>Figura 6.17</b>	<b>Padrões referenciais de desempenho para as empresas estudadas</b>	<b>231</b>
<b>Figura 6.18</b>	<b>Auditoria de avaliação Mod.1012 - Empresa 12.IPM20</b>	<b>233</b>
<b>Figura 6.19</b>	<b>Auditoria de avaliação Mod.1013 - Empresa 12.IPM20</b>	<b>235</b>
<b>Figura 6.20</b>	<b>Auditoria de avaliação Mod.1014 - Empresa 12.IPM20</b>	<b>236</b>
<b>Figura 6.21</b>	<b>Auditoria de avaliação Mod.1012 - Empresa 01.IAM10</b>	<b>238</b>
<b>Figura 6.22</b>	<b>Auditoria de avaliação Mod.1013 - Empresa 01.IAM10</b>	<b>239</b>
<b>Figura 6.23</b>	<b>Auditoria de avaliação Mod.1014 - Empresa 01.IAM10</b>	<b>240</b>
<b>Figura 6.24</b>	<b>Sistema de dados para análise da manufatura nas linhas de produção estudadas</b>	<b>242</b>
<b>Figura 6.25</b>	<b>Aplicação dos indicadores básicos - Folha de cálculos da empresa 12.IPM20</b>	<b>244</b>
<b>Figura 6.26</b>	<b>Aplicação dos indicadores básicos - Folha de cálculos da empresa 01.IAM10</b>	<b>248</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>AGV</b>	<b>Veículo Automatizado de Transporte</b>
<b>AMT</b>	<b>Tecnologia Avançada de Manufatura</b>
<b>CAD</b>	<b>Projeto Auxiliado por Computador</b>
<b>CAM</b>	<b>Manufatura Auxiliada por Computador</b>
<b>CAPP</b>	<b>Planejamento do Processo Auxiliado por Computador</b>
<b>CAQ</b>	<b>Garantia da Qualidade Auxiliada por Computador</b>
<b>CCQ</b>	<b>Círculos de Controle de Qualidade</b>
<b>CIPM</b>	<b>Gestão da Produção Integrada por Computador</b>
<b>CIM</b>	<b>Manufatura Integrada por Computador</b>
<b>CNC</b>	<b>Comando Numérico Computadorizado</b>
<b>EDI</b>	<b>Intercâmbio Eletrônico de Dados</b>
<b>FMC</b>	<b>Célula de Flexível de Manufatura</b>
<b>FMS</b>	<b>Sistema Flexível de Manufatura</b>
<b>IGIA</b>	<b>Institut de Gestion Internationale Agro-Alimentaire</b>
<b>IDTF</b>	<b>Índice de Desempenho Total em Flexibilidade</b>
<b>IDTP</b>	<b>Índice de Desempenho Total em Produtividade</b>
<b>IDTQ</b>	<b>Índice de Desempenho Total em Qualidade</b>
<b>IDVMA</b>	<b>Índice de Desempenho Vetorial da Manufatura Avançada</b>
<b>IIF</b>	<b>Índice de Indução de Flexibilidade</b>
<b>IIP</b>	<b>Índice de Indução de Produtividade</b>
<b>IIQ</b>	<b>Índice de Indução de Qualidade</b>
<b>IPVMA</b>	<b>Índice de Produtividade Vetorial da Manufatura Avançada</b>
<b>JIT</b>	<b>Just-in-time</b>
<b>MC</b>	<b>Manufatura Celular</b>
<b>MCFMS</b>	<b>Sistema de Manufatura Flexível Múlti-Célula</b>
<b>MMFMS</b>	<b>Sistema de Manufatura Flexível Múlti-Máquina</b>
<b>MRP</b>	<b>Planejamento das Necessidades de Material</b>
<b>MRP II</b>	<b>Planejamento dos Recursos da Manufatura</b>
<b>NC</b>	<b>Comando Numérico</b>
<b>OPT</b>	<b>Tecnologia Otimizada de Produção</b>
<b>SAA</b>	<b>Sistema Agro-Alimentar</b>
<b>SAP</b>	<b>Sistema de Avaliação da Produtividade</b>
<b>SAPROV/MA</b>	<b>Sistema de Avaliação da Produtividade Vetorial da Manufatura Avançada</b>
<b>SFM</b>	<b>Máquina Flexível Simples</b>

<b>SFP</b>	<b>Produtividade de Fator Simples</b>
<b>SPM</b>	<b>Sistema para Processamento de Materiais</b>
<b>TFP</b>	<b>Produtividade de Fator Total</b>
<b>TG</b>	<b>Tecnologia de Grupo</b>
<b>TQC</b>	<b>Controle Total da Qualidade</b>
<b>TQM</b>	<b>Gestão da Qualidade Total</b>

## RESUMO

A reconfiguração dos sistemas operacionais constitui uma exigência imperativa da nova lógica dos mercados, associada ao acirramento das relações de competitividade, ao desenvolvimento integrado da tecnologia e à concepção dos novos métodos de planejamento e gestão da produção.

É neste contexto de inovações que surgem os sistemas avançados de manufatura, alicerçados nos princípios de maximização da produtividade organizacional, de melhoramento contínuo dos padrões de qualidade, de aumento da capacidade reativa da organização e de integração informacional das atividades operacionais. Trata-se, na verdade, das novas configurações e tendências dos sistemas de produção, definidos sob a égide do avanço tecnológico e traduzidos pelas estruturas do JIT, CAD, CAM, CIM, FMS, FMC, MC, TG, OPT, CAQ, CAP, EDI, entre outros.

O desempenho operacional desses sistemas constitui o objeto de análise deste estudo, cuja estrutura temática apresenta, como unidade de referência, a indústria de alimentos. Dessa maneira, o trabalho investiga os parâmetros de valor da manufatura avançada, desenvolvendo o enfoque vetorial da produtividade, para fins de avaliação e análise do desempenho produtivo.

A consecução dos objetivos prescritos no trabalho apresenta como resultado, o delineamento do modelo SAPROV/MA (sistema de avaliação da produtividade vetorial da manufatura avançada), bem como sua aplicação e teste em oito linhas de fabricação da indústria de alimentos.

## ABSTRACT

*The operational systems redesign has been considered an imperative demand of the new markets logic. It has been associated to the harshness of the relations of competitiveness, to the integrated development of the technology and to the conception of the new methods of production management and planning.*

*It is in this context of innovations that appears the manufacturing advanced systems supported in the principles of organizational productivity maximization, of quality levels continuous improvement, the increase of organizational reaction capacity, and the informational integration of operational activities. Truly, we have been dealt with the new designs and trends of production systems, which are defined under the sign of the technological advance and which are translated under the structures of JIT, CAD, CAM, CIM, FMS, FMC, MC, TG, OPT, CAQ, CAP, EDI, among others.*

*The operational performance of these systems are the analysis's object of this study, which presents a thematic structure, as reference's unit, the food industry. In this way, the study investigates the parameters of values of the advanced manufacturing, developing the vectorial's productivity approach with the purpose of evaluation and analysis of the production performance.*

*The results of this study showed the SAPROV/MA model (Advanced Manufacture's Vectorial Productivity's Evaluation System), as well as its application and test in eight production lines among the food industry.*

## PRIMEIRO CAPÍTULO

### CONSIDERAÇÕES INICIAIS AO ESTUDO PROPOSTO

" Quando a reflexão sobre a ciência se organiza de maneira explícita, nada mais faz, em suma, do que fazer passar para a expressão esse processo interno de auto finalização; é o que explica que as formulações que ela propõe possam ter um caráter normativo".

Jean LADRIÈRE, 1982.

#### 1.1- INTRODUÇÃO

Definida como a relação entre o volume de produção e o volume de recursos utilizados para obter esta produção, a produtividade é acima de tudo uma medida da eficiência do processo de produção. Assim definida, a produtividade aparece no centro do problema econômico, estimulando a pesquisa sobre a melhor utilização possível dos recursos escassos: seja para maximizar o resultado para um dado volume de recursos, seja para minimizar o volume de recursos de modo a alcançar um dado resultado.

Conforme explicitam diferentes abordagens e, de modo particular o trabalho de Combemale e Parienty (1993, p.5), desde Adam Smith a produtividade é considerada como a principal fonte do crescimento e do aumento do nível de vida; ela é igualmente um dos fatores determinantes nos processos de queda dos preços relativos, de rentabilidade das empresas e de competitividade das economias.

O significado das medidas de produtividade tem sido interpretado de diferentes formas, por diversos autores e pesquisadores. Uma confusão conceitual é freqüentemente encontrada, quando trata-se de estabelecer os parâmetros que definem os termos produtividade e rendimento. Segundo Guilhom (1990), o domínio de definição destes dois conceitos diz respeito à análise dos fenômenos que estão relacionados com a produção. Em ambos os casos, trata-se de uma relação

produto-fator(es), com significados diferentes, conforme se trate de produtividade ou de rendimento.

A noção de rendimento está circunscrita ao ciclo físico da produção, no qual produtos intermediários, do trabalho e dos equipamentos entram em combinação, para elaborar um dado produto. Apresentando uma noção essencialmente técnica, o rendimento constitui um critério de desempenho que avalia um resultado. Segundo o autor, o conceito de rendimento aparece em diferentes trabalhos sob duas formas:

**F1 - O RENDIMENTO TÉCNICO**, no sentido estrito do termo, é medido em relação à uma norma ou padrão e se exprime por meio de uma comparação de quantidades homogêneas, avaliadas em unidades físicas. Nesse sentido, o rendimento de um equipamento, por exemplo, é a relação entre a produção efetiva e a produção ótima, em um dado período de tempo; o rendimento de um operador é dado pela relação entre as horas contratadas e as horas efetivas, necessárias para realizar um certo número de operações.

**F2 - O RENDIMENTO TÉCNICO-ECONÔMICO**, por sua vez, é calculado a partir dos resultados *efetivos* e dos tempos *efetivos* de funcionamento ou de trabalho. É uma noção que serve de base de comparação entre unidades produtivas, sem que se saiba a taxa de realização da norma, supondo-se uma freqüente e grande homogeneidade do produto obtido e do(s) fator(es) utilizado(s).

O conceito fundamental das medidas de produtividade – estabelecidas sob a forma de relações ou de diferenças – prescreve o princípio da relação de eficiência ou de economia dos recursos existentes entre os resultados da produção e os meios utilizados. Quando esses resultados e esses fatores se apresentam de forma heterogênea, adota-se o princípio da ponderação de valores, permitindo que os mesmos sejam medidos por uma mesma unidade de avaliação.

Existe uma multiplicidade de medidas e fórmulas que são apresentadas, a fim de avaliar a produtividade de um sistema produtivo. Uma revisão da literatura disponível sobre o assunto, requer o rastreamento bibliográfico de diversas áreas do conhecimento, como a economia, as ciências contábeis, a engenharia industrial, a administração e a psicologia (ver capítulo 2). No *front* desta multiplicidade de medidas, encontra-se a questão da natureza e das especificidades dos diversos sistemas produtivos, cuja evolução tem exercido um papel importante no aperfeiçoamento das medidas de avaliação da produtividade.

Desde as primeiras análises realizadas por Joan Woodward (1965) nos anos 50, as tipologias de sistemas de produção têm sido objeto de diversos estudos, identificando e explicitando suas diferentes configurações técnicas, bem como as mudanças operacionais por elas incorporadas. Uma avaliação recente sobre as

tendências de evolução desses sistemas é apresentada por Mulkens (1993, pp. 6-30), cujos principais pontos de considerações podem ser colocados da seguinte maneira:

- No que diz respeito aos produtos de consumo, a produção se faz em séries cada vez mais curtas, impondo gradualmente a substituição regular dos antigos modos produtivos, pelos novos e avançados sistemas de operação e organização. Este processo de mudança implica numa tendência à modularização dos produtos, que por sua vez permite a reutilização de peças e componentes, sem que o aspecto "novidade" do produto seja afetado. Tal procedimento contribui, por exemplo, para que se limite a reconstrução necessária de uma parte da cadeia de fabricação.
- A produção em sistema de massa de produtos não diferenciados está sendo igualmente cada vez mais substituída pela fabricação em grandes séries, onde o aumento da variabilidade dos produtos constitui um objetivo buscado.
- O ajustamento entre a fabricação e a demanda, assim como a aumento da flexibilidade do sistema produtivo, apresentam-se mais do que nunca como imperativos de sobrevivência organizacional. Neste sentido, os novos paradigmas de produção requerem observação e respeito rigorosos ao princípio tridimensional "QCP" de exeqüibilidade técnica: Qualidade-Custos-Prazo. Em outras palavras, as organizações devem produzir bens e serviços com a qualidade necessária e no custo certo, observando as exigências dos clientes e os prazos desejados por eles.

Este processo de reconfiguração dos sistemas de produção estabelece, por sua vez, novas grandezas de desempenho e de valor, suscitando assim uma conceituação diferente das medidas de produtividade que lhes são atribuídas. Referindo-se à essa questão, Armitage e Atkinson (1990) consideram que, embora o termo produtividade seja interpretado de diversas maneiras, na prática ele geralmente se refere ao relacionamento entre resultados e insumos.

Segundo os autores, as organizações determinam as dimensões estratégicas dos bens ou serviços produzidos, a partir do conceito que cada uma delas têm sobre seus respectivos fatores-chaves de sucesso, de modo que o resultado do sistema produtivo passa a ser definido como um vetor de atributos, e não simplesmente como unidades de produção. Neste caso, ao definir qualidade, serviço, higiene e valor como suas grandes dimensões de desempenho, a Empresa McDonald's, por exemplo, estabelece que a avaliação da produtividade de seu sistema operacional deve utilizar essas respectivas medidas de grandeza.

Neste contexto de considerações, algumas observações sobre a evolução conceitual dos sistemas de avaliação da produtividade merecem especial atenção. A primeira questão que se impõe é a chamada "modernização dos sistemas produtivos", caracterizada pela implantação dos novos conceitos de produção como

o *just-in-time*, a manufatura celular e flexível, a produção acompanhada por computador, bem como todos os métodos avançados de produção decorrentes desses novos conceitos.

As organizações produtivas passaram assim a assimilar novos métodos de fabricação, exigindo, por conseguinte, a reestruturação de seus sistemas de valores. O conceito de produtividade assume, portanto, uma referência de desempenho, onde o resultado do sistema operacional é expresso em termos de um vetor de atributos, cujos critérios de avaliação devem refletir os novos paradigmas de produção adotados pela organização.

A segunda questão que se coloca está estreitamente relacionada com a primeira, uma vez que decorre do próprio processo de reestruturação dos mercados e dos sistemas produtivos. Trata-se do processo de intensificação da competitividade internacional, estimulado pela revolução tecnológica e pela introdução dos novos paradigmas de manufatura. Analisando o contexto global de criação de vantagens competitivas, Porter (1990) sugeriu que os postulados da teoria econômica clássica, segundo os quais os recursos naturais como terra, trabalho e capital, é quem determinam a competitividade, foram bruscamente ofuscados pelo poder da tecnologia.

A argumentação de Porter é que, nos últimos anos, a inovação é a única base de sustentação da competitividade, e que essa inovação pressupõe tanto a inclusão dos fatores tecnológicos, como aqueles de natureza organizacional. Nesse ambiente de sofisticados padrões tecnológicos e concorrência intensa, surge portanto a necessidade de reformulação do sistema de avaliação do desempenho operacional, de modo a incorporar os novos critérios de valor da produção.

A busca de uma nova configuração de variáveis ou de um novo sistema de avaliação para medir o resultado operacional, pressupõe conseqüentemente a formulação de indicadores que estejam relacionados com os novos critérios de desempenho e concorrência. Nesse sentido, a construção de medidas globais de desempenho sugere o desenvolvimento de pesquisas interdisciplinares, apoiadas nos três eixos emergentes da competitividade organizacional: produtividade, qualidade total e flexibilidade.

Finalmente, a redefinição do conceito de produtividade, *vis-à-vis* aos novos padrões e critérios do desempenho produtivo, suscita necessariamente uma reavaliação dos modelos existentes. As mutações tecnológicas do tecido industrial, associadas à dinâmica da malha mercadológica, impõem o ajustamento de seus sistemas de avaliação, de modo que estes possam refletir, o mais fielmente possível, os resultados reais de suas operações.

Este primeiro capítulo tem como objetivo a apresentação do presente trabalho, estando organizado em seis seções. Nesta primeira seção introduz-se as considerações pertinentes ao referencial temático da pesquisa, a fim de situar, do ponto de vista literário, as proposições bibliográficas que são formuladas nos capítulos seguintes.

A segunda, terceira e quarta seções contêm a caracterização, a formulação do problema e a justificativa da pesquisa, explicitando dessa maneira os postulados teóricos sobre os quais está montado o estudo em pauta. Na quinta seção são apresentados os objetivos da pesquisa, tanto o de ordem geral, como aqueles de natureza específica e, finalmente, a última seção esquematiza a estrutura geral do trabalho.

## 1.2 - CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

A segunda metade da década de 80 estabelece um período de importantes inovações para as empresas ocidentais, na medida em que os primeiros resultados da implantação dos chamados *sistemas avançados de produção* começam a ser conhecidos. Assustadas com os enormes ganhos de produtividade ostentados pelas empresas do leste asiático, principalmente as do Japão, as companhias ocidentais desenvolveram durante toda essa década, um grande esforço para a implantação de programas de qualidade total (TQM), de processos de produção e distribuição *just-in-time* (JIT), assim como os sistemas de manufatura flexível (SMF) e de produção integrada por computador (CIM), em todas às suas operações.

Segundo a avaliação apresentada por Kaplan (1990), as companhias ocidentais foram levadas a realizar mudanças fundamentais, tanto no *design* como em seus processos de produção, numa tentativa de ajustamento e sobrevivência no novo cenário de competição global. As argumentações articuladas para explicar esse novo contexto de competitividade, sugerem que os melhoramentos em produtividade e desempenho da economia japonesa, constituem uma referência importante e decisiva na nova ordem econômica.

Nas várias argumentações conhecidas na literatura, diferentes explicações têm sido dadas para o extraordinário sucesso da produtividade japonesa. Alguns estudiosos citados por Kotler (1986), como por exemplo Eugene Kaplan, Alexander K. Young, Chalmers Johnson, Hugh Patrick, entre outros, atribuem o milagre

econômico às características culturais japonesas, ao comportamento de apoio das instituições governamentais ou, ainda, às ações dos empresários privados, aproveitando as oportunidades surgidas nos mercados livres de mercadorias e trabalho.

De acordo com o autor, as explicações mais aceitas nos últimos anos para definir a força da concorrência japonesa, ressaltam o papel do estilo, das práticas e das estratégias de administração japonesas, traduzidas em princípios e/ou características gerenciais, tais como o *emprego para a vida inteira*, o *processo decisório de baixo para cima*, o *sistema de salários baseado no tempo de serviço*, o *zen* e a *arte da administração*, os *círculos de qualidade*, os *sindicatos de operários* e a *produção do mínimo necessário*. O autor considera no entanto, que o êxito japonês tem que ser compreendido como resultado da ação conjunta de diversos fatores importantes, os quais compõem o *Modelo do Sucesso Japonês* e podem ser classificados em quatro ambientes, a saber:

**A.1 - AMBIENTE SÓCIO-CULTURAL**, que inclui o sistema educacional e diversas características como: senso de fazer parte de um grupo e de uma comunidade; tendência à auto-negação e à responsabilidade diante do grupo; senso do *nós versus eles*; disposição para trabalhar duro e perseverar rumo a objetivos de longo prazo; crença de que a competência aumenta com a experiência acumulada; etc.

**A.2 - AMBIENTE SÓCIO-GOVERNAMENTAL**, caracterizado e definido pelo intenso apoio de desenvolvimento, dado pelos organismos de governo, às instituições empresariais e às empresas em geral.

**A.3 - AMBIENTE CONCORRENCIAL**, favorecendo a formulação e teste de diferentes estratégias de produção e *marketing*, na tentativa de manter o poder de concorrência; e

**A.4 - AMBIENTE ORGANIZACIONAL**, que define e enfatiza o sistema administrativo do Japão, cujos principais elementos são: emprego para a vida inteira, treinamento e desenvolvimento dos empregados, gestão pelo consenso, e cooperação entre os empregados e a administração.

Analisando as causas dos ganhos de produtividade, Aoki (1991) estabelece duas configurações distintas de organização do trabalho, para explicar como as empresas japonesas conseguiram relativa superioridade sobre suas concorrentes ocidentais. Segundo o autor, as fontes de produtividade japonesa estão nos modelos qualificativos de suas organizações, onde os empregados progredem com a experiência acumulada e a partilha em comum das informações. A Figura 1.1

esquematiza a origem dos ganhos de produtividade, ilustrando dois modos diferentes utilizados pelas organizações.

A partir das constatações do extraordinário desempenho japonês, a literatura especializada tem suscitado uma importante discussão sobre as estratégias de gestão e de produção das empresas, apontando esses instrumentos como fatores significativos para o desempenho em produtividade. Uma grande parte desses instrumentos encontra-se definida pela filosofia JIT (*just-in-time*, justo-a-tempo, apenas-no-tempo ou no-momento-certo) de produção, desenvolvida inicialmente no Japão e gradativamente espalhada por todo o Ocidente.

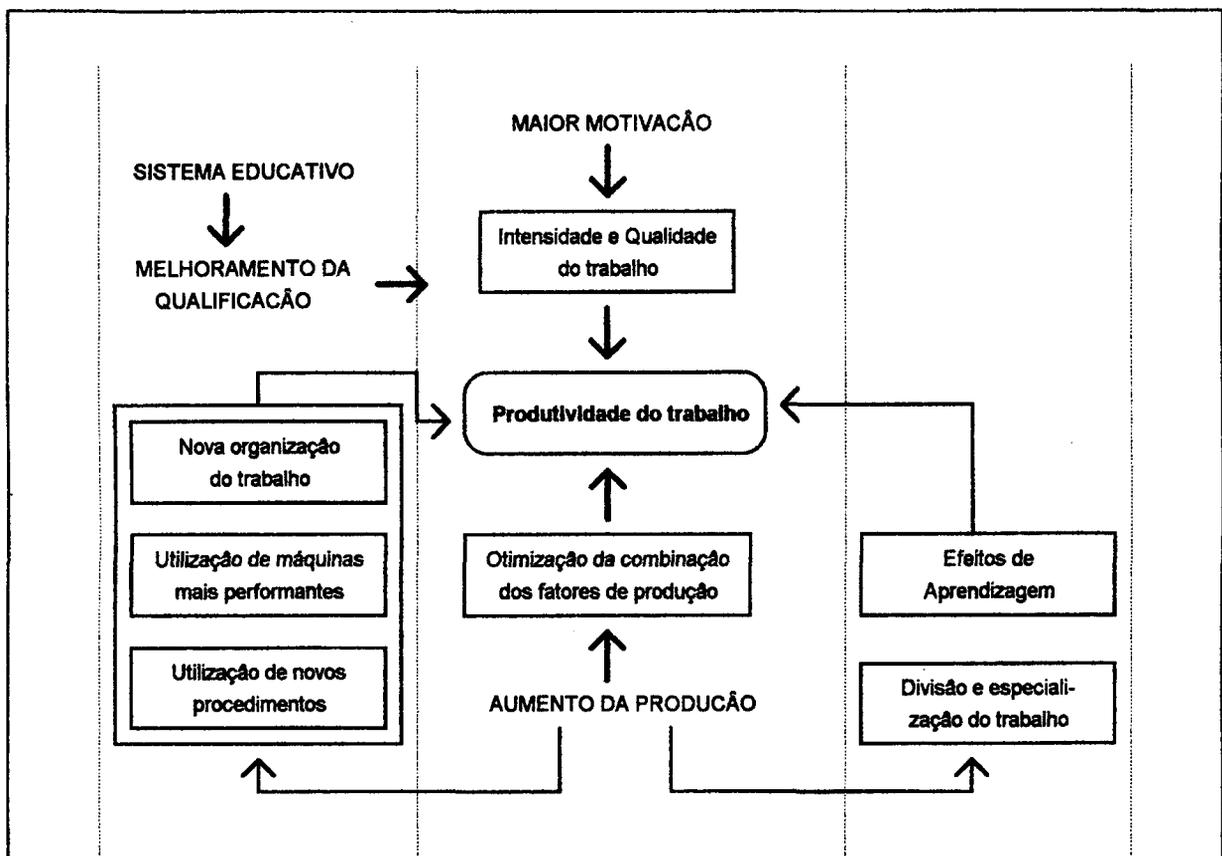


FIGURA 1.1 - ORIGEM DOS GANHOS DE PRODUTIVIDADE

FONTE: Adaptado de Aoki, M.(1991)

Na verdade, a filosofia JIT se constitui em uma estratégia de competição industrial, que é definida por Hay (1992) como o mecanismo encontrado pelos japoneses, para dar uma resposta rápida às flutuações do mercado, associando a isto um elevado padrão de qualidade e custos reduzidos dos produtos. Como estratégia de competição industrial, o JIT inclui diversos componentes de gestão,

responsáveis por mudanças significativas na configuração e funcionamento dos sistemas de produção.

A busca de uma maior sincronização da manufatura, através da eliminação de todas as atividades que não agregam valor ao produto, constituem os procedimentos básicos utilizados pelas ferramentas JIT de produção, nas mais variadas configurações de sistemas produtivos. Com base nesses conceitos, empresas americanas, européias e de um modo geral as empresas ocidentais, passaram a incorporar novos componentes em seus sistemas operacionais, visando torná-los mais eficientes e competitivos.

Essa inserção traduz o movimento das empresas em busca de eficiência tecnológica na produção, objetivando alcançar qualidade e produtividade máximas nos sistemas que operam. Tentando explicar esses fenômenos, Moreira (1988) argumenta que a produtividade, antes referida primordialmente à economia como um todo e aos grandes setores, atingiu também as empresas individuais. Assim sendo, o novo arranjo do mercado internacional, institucionalizado pela competitividade tecnológica e pela formação de blocos econômicos transnacionais, sugere também um reordenamento econômico ao nível das organizações.

Nesse sentido, o esforço de reordenamento das políticas estratégicas de produção, passa a considerar outros elementos conceituais, tais como gerenciamento participativo, motivação, eficiência organizacional num *contínuum* empresa-fornecedores, flexibilidade de decisão e produção, qualidade total e produtividade, entre outros. Assim caracterizado, o novo cenário estratégico das organizações coloca em evidência a otimização dos processos de manufatura, através dos mecanismos de busca, implantação e gerenciamento da qualidade total, associados a elevados padrões de produtividade e flexibilidade dos recursos produtivos, decorrentes dos modernos sistemas operacionais.

Os conceitos emergentes dessa nova ordem estratégica – produtividade, qualidade total e flexibilidade –, constituem os principais elementos das chamadas "tecnologias avançadas de produção" (*Advanced Manufacturing Technologies - AMT's*). Assim denominadas, as AMT's se apresentam quer sob a forma de *hardware* (robôs, máquinas de comando numérico e outros equipamentos de automação industrial), quer na forma de *software* (tecnologia de grupo, manufatura celular, JIT, MRP, CAD, CAM, EDI, etc).

A implantação dessas tecnologias, no todo ou em parte, permite incorporar profundas alterações nos sistemas produtivos. Essas alterações, por sua vez, possibilitam a consecução de elevados ganhos de produtividade, maior valor agregado ao produto, bem como condições de flexibilidade em vários níveis da produção. Desse modo, os sistemas produtivos que têm incorporado essas

tecnologias, passaram a ser definidos nominalmente na literatura como "sistemas avançados de produção",

A avaliação econômica da produtividade ou do desempenho operacional desses sistemas, constitui matéria de recentes esforços de pesquisas. Muitas considerações têm sido levantadas pelos autores, quase sempre no sentido de definir os elementos de referência na avaliação do desempenho de um sistema avançado de produção. No limite do rastreamento teórico deste trabalho, encontra-se na literatura disponível três grandes dimensões de avaliação, atribuídas à esses sistemas: as dimensões de produtividade, de qualidade total e de flexibilidade.

A argumentação construída por Son (1991) para avaliar o desempenho dos sistemas avançados de produção, suscita importantes considerações sobre o papel da *eficiência operacional* desses sistemas em relação à organização como um todo. Segundo o autor, ainda que as medidas de produtividade sejam os melhores indicadores de eficiência de um sistema de produção, o melhoramento da eficiência produtiva no entanto, somente terá significado e se traduzirá em instrumento positivo, se os resultados (*outputs*) produzidos, forem vendidos. De outra maneira, o empilhamento dos estoques de produtos acabados, apenas produzirá custos para a organização, evidenciando uma prática de ambigüidade operacional, conhecida como "paradoxo da produtividade".

O trabalho de Richardson e Gordon (1980), citado pelo autor, reforça suas considerações. De acordo com esses autores, o aumento da produtividade, em algumas circunstâncias, pode induzir uma empresa ao desastre, uma vez que esta variável é apenas um indicador simplificado do desempenho da produção. Com base nesta observação, Son (1991) justifica que a componente 'qualidade', constitui portanto uma outra importante dimensão da medida de desempenho desses sistemas produtivos.

A literatura disponível sobre os sistemas avançados de produção indica que existe uma correlação forte e positiva, entre produtividade e qualidade. A abordagem de Mefford (1991) por exemplo, considera que esta correlação decorre principalmente de três grandes fatores. O primeiro deles diz respeito aos programas de melhoramento direto na produtividade, através da redução de produtos com defeitos, bem como da redução dos desperdícios em seu processo produtivo.

O segundo fator está relacionado com os melhoramentos secundários na qualidade ou na produtividade, que muitas vezes decorrem dos esforços dirigidos para melhorar uma ou outra variável. Considerando que os níveis de qualidade e produtividade, são inextricáveis e simultaneamente determinados pela eficácia do processo de produção completo, pode-se dizer que o melhoramento, quer na

qualidade, quer na produtividade, conduz inevitavelmente a um correspondente melhoramento na variável seguinte.

Finalmente, o terceiro fator está relacionado com a motivação dos empregados no ambiente da empresa, o que constitui um componente essencial para um alto nível de qualidade e produtividade da produção. Na verdade, a idéia básica de todos esses elementos é desenvolver a potencialidade sinérgica entre produtividade e qualidade, garantindo assim a aprendizagem de um alto conteúdo tecnológico em torno do sistema de produção que a empresa opera.

Os dados pesquisados e comentados por Kaplan (1983) mostram que, apesar da significativa melhoria de produtividade e qualidade, muitas empresas têm registrado queda de lucratividade. O autor explica que isso ocorre, porque não basta que a empresa fabrique produtos baratos e de alta qualidade. Para que os produtos sejam vendidos, são necessários outros fatores, como atratividade por parte dos clientes em relação ao projeto do produto, *lead-time* curto de produção e uma taxa de demanda que exceda à taxa de produção.

Assim sendo, e considerando as freqüentes mudanças dos fatores internos e externos que afetam os sistemas produtivos, reconhece-se que o conceito de flexibilidade ou adaptabilidade para essas mudanças, constitui uma outra importante medida de desempenho da produção. No contexto dos elementos que compõem as AMT's, o conceito de flexibilidade pressupõe a capacidade de um determinado sistema operacional adaptar-se às mudanças, mantendo a atividade de fabricação a níveis econômicos.

A abordagem de Son (1991) considera igualmente, que a flexibilidade de produção é um conceito relativamente novo e mal-estruturado, e que sua definição e conteúdo não são totalmente claros, de modo que diversos autores propõem diferentes categorias de flexibilidade. Entre as categorias mais citadas, encontra-se por exemplo, a flexibilidade do produto, do processo, do controle, da máquina, ou ainda, a flexibilidade do volume.

Nesse sentido, as contribuições apresentadas por Richardson e Gordon (1980), Kaplan (1983), Skinner (1986), Son (1987), Cooper e Kaplan (1988), entre outros, permitiram a formulação das condições de base para o desenvolvimento de uma teoria acerca dos critérios de avaliação da manufatura avançada. Essas contribuições expõem a fragilidade e a insuficiência dos sistemas tradicionais de avaliação, indicando que estes não estão adequados para medir o desempenho da *manufatura avançada*.

Esta "inadequação" se apóia principalmente no fato de que estes modelos não permitem a avaliação de muitos critérios importantes dos novos modos de produção, como por exemplo os indicadores de falha e retrabalho, de espera e set-

up, dos níveis de flexibilidade do sistema e de parametrização de diversos outros valores, tais como o balanceamento das linhas, a sincronização dos fluxos, etc.

Assumindo as características totalmente novas das AMT's, os modernos sistemas produtivos impõem a necessidade de um novo sistema de acompanhamento de custos, de indicadores mais amplos de gestão da produção, bem como de medidas de desempenho global do processo de manufatura.

Existe uma argumentação que é consensual na literatura vigente. Trata-se da abordagem de que uma medida de desempenho da manufatura avançada, deve constituir um vetor de atributos, onde os conceitos de produtividade, qualidade total e flexibilidade sejam suas principais variáveis.

### 1.3 - FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

O desempenho dos sistemas avançados de produção constitui uma área de recentes pesquisas científicas, de modo que pouco se sabe acerca de medidas efetivas de desempenho para esses sistemas. Observa-se frequentemente que, ao adotarem tecnologias avançadas de produção, as organizações nem sempre conhecem o impacto dessa implementação sobre o desempenho global da produção.

Uma dificuldade bastante evidente e que está estreitamente associada à essa questão, é o fato de que muitas empresas, ao decidirem-se pela modernização de seus sistemas produtivos, o fazem sem a necessária e devida implementação de um adequado sistema de acompanhamento de custos, de modo que lhes permita conhecer o real desempenho da nova situação. Sabe-se que os sistemas contábeis em uso, decorrentes da abordagem convencional da administração da produção, não estão adequadamente definidos para estabelecer determinadas categorias de custos que, por sua natureza e dimensão, são particularmente representativos em um sistema de manufatura avançada.

Essas categorias de custos incluem, por exemplo, os custos de flexibilidade (*set-up*, ociosidade ou sub-utilização dos equipamentos de manufatura, tempos de espera no fluxo de processo, etc) e os custos de qualidade (retrabalho, insatisfação do cliente, reparação do defeito, entre outros), que normalmente não são levantados pelos sistemas convencionais de contabilidade e que, no entanto, apresentam pesos significativos na estrutura dos custos industriais.

Uma consideração importante de Son (1992) chama a atenção para o fato de que, nem sempre, o processo de automação da fábrica ou a implantação de uma nova tecnologia, estão diretamente associados com um melhor desempenho de produtividade. O autor registra que as medidas de desempenho existentes são inadequadas, muito mais em função da inadaptabilidade dos sistemas tradicionais de custos, do que mesmo da existência de técnicas para a avaliação econômica dos sistemas avançados de produção. Dessa maneira, um novo sistema de custos precisa ser definido, com o objetivo de apoiar, principalmente, a análise da manufatura avançada.

Diversas contribuições foram formuladas, como por exemplo Kaplan (1983); Seed (1984); Brimson (1988); Cooper e Kaplan (1988); entre outros, no sentido de articular uma definição de sistemas de custos mais seguros e, principalmente, mais adequados aos sistemas avançados de produção. Esta adequabilidade se refere à capacidade do sistema de custos de definir e medir cada unidade de valor da manufatura, inclusive aquelas literalmente definidas como "elementos intangíveis" da estrutura de custos. A partir desses estudos, começa-se a pesquisar o desempenho global dos sistemas de manufatura, levando em consideração tanto as tecnologias avançadas do processo produtivo, como aquelas da gestão industrial.

O entendimento geral das contribuições disponíveis delimita um espaço interdisciplinar de pesquisa, particularmente preocupado com a definição dos critérios de grandeza e das variáveis de medida que devem ser utilizados, para a formulação de um sistema de avaliação do desempenho. Nesse sentido, o princípio fundamental deste campo de pesquisa consiste da identificação dos parâmetros de mensuração da manufatura avançada, assumindo a idéia de desempenho global como o vetor explicativo do resultado operacional.

Trata-se, na verdade, de estabelecer os parâmetros de medida de um sistema de produtividade, particularmente adequado ao sistema produtivo que incorpora os elementos das AMT's. Considerando a diversidade de características de cada tipo de indústria, que impõe a adequação das medidas de desempenho às especificidades de seus sistemas de produção, assume-se que uma abordagem generalista desse problema pode comprometer bastante os resultados esperados.

Ao delimitar-se as fronteiras desta pesquisa, definiu-se como unidade de análise a indústria alimentar, notando-se que neste campo, o conhecimento produzido sobre os sistemas de desempenho da produção avançada, é ainda totalmente novo. Assim sendo, essa preocupação constituiu o limite de definição desta proposta de estudos, cujo problema a ser pesquisado pode ser definido como segue:

**QUAIS SÃO OS PARÂMETROS QUE DEVEM SER UTILIZADOS PARA MEDIR A PRODUTIVIDADE OU O DESEMPENHO GLOBAL DA MANUFATURA AVANÇADA NO AMBIENTE OPERACIONAL DA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS ?**

### **1.4 - JUSTIFICATIVA DA PESQUISA**

O desenvolvimento tecnológico dos últimos anos e o processo de globalização dos mercados, impuseram a modernização dos sistemas produtivos, em quase todas as economias do mundo. A nova ordem econômica estabelece paradigmas modernos de produção, orientados para a consecução de resultados mais performantes, em um ambiente cada vez mais dinâmico e flexível.

Conforme explicitam Weill et al. (1991), a introdução de tecnologias *hardwares* e *softwares* de manufatura, dirigidas para a otimização dos processos produtivos, desenvolve uma nova base de competitividade para as organizações. É nesse contexto que se explicam os novos conceitos de gestão, empregados na administração industrial e que, de certa forma, caracterizam uma demanda empresarial permanente e intensa. Esses conceitos podem ser apresentados resumidamente da seguinte forma:

- c.1 Eliminação total de todos os desperdícios no ambiente de produção;
- c.2 Garantia de qualidade total do produto e do processo;
- c.3 Flexibilidade;
- c.4 Ritmo uniforme de produção;
- c.5 Treinamento e educação contínuos;
- c.6 Redução do tempo de preparação das máquinas e dos equipamentos;
- c.7 Produção em pequenos lotes;
- c.8 Sobreposição de operações;
- c.9 Produção de fluxo puxado.

O conjunto desses conceitos caracteriza o desempenho sinérgico atribuído às AMT's, nas suas mais diversas configurações, favorecendo assim o estado de melhoramento contínuo da performance organizacional. É exatamente nesse

aspecto, o do desempenho dos sistemas avançados de produção, que se situa a justificativa deste trabalho.

Na verdade, este é um campo do conhecimento relativamente novo, como o é o dos estudos sobre a aplicabilidade das tecnologias avançadas de produção. As primeiras pesquisas sobre o assunto, notadamente as das escolas americanas de Harvard e de Boston, versaram sobre a modelização e adequação de sistemas contábeis em ambientes de manufatura avançada, determinando importantes passos para outras pesquisas.

Os estudos de Richardson e Gordon (1980), Mohanty e Rastogi (1986) e, Son e Park (1987), representam os primeiros esforços de contribuição para a avaliação da produtividade, em ambientes que utilizam sistemas avançados de manufatura. Esses estudos estão orientados, principalmente, para a definição de variáveis globais de desempenho, com o objetivo de estabelecer mecanismos de avaliação econômica das tecnologias modernas.

Na sua abordagem sobre o assunto, Son (1991) considera que a pesquisa sobre o desenvolvimento de sistemas de avaliação econômica mais seguros e particularmente adaptados às novas configurações dos sistemas produtivos, está ainda em estágio embrionário. O autor sustenta que existe uma enorme dificuldade para se quantificar os benefícios econômicos decorrentes das AMT's, uma vez que as estruturas convencionais de custos não permitem a mensuração de muitos valores importantes da manufatura avançada, como por exemplo os níveis de balanceamento das linhas e de sincronização dos fluxos, as unidades de flexibilidade do sistema operacional, entre outros.

As abordagens desenvolvidas por Kulatilaka (1984), Meredith (1986), Miltenburg e Krinsky (1987), Son (1987), Park e Son (1988) e, Moerman (1988), emprestam igualmente grande contribuição à avaliação do desempenho de técnicas avançadas de produção. A literatura disponível refere-se quase sempre a estudos realizados em setores de ponta da economia, como os da microeletrônica, automobilístico e metal-mecânico. Isso ocorre pelo fato de que estes setores foram os primeiros a implantar esses novos métodos, revelando inclusive uma enorme capacidade de absorção e adaptação.

O emprego de técnicas avançadas de produção na indústria alimentar, também constitui uma realidade cada vez mais presente. As características particularmente específicas dessa indústria, como a natureza dos fluxos, a perecibilidade e sazonalidade das matérias-primas, bem como a diversidade das configurações tecnológicas de produtos e processos, constituem ainda dificuldades à implantação das AMT's. Apesar disso, setores estratégicos da indústria agro-alimentar, como o de laticínios, panificação, sucro-alcooleiro, bebidas e carnes,

onde o processamento industrial apresenta uma maior demanda tecnológica, têm incorporado intensivamente modernos métodos de produção.

A busca de competitividade nos mercados externos e o ajustamento às novas exigências do consumidor, constituem os principais fatores responsáveis pela modernização tecnológica dessa indústria, em todo o mundo. No entanto, a escassez de trabalhos científicos sobre o desempenho da manufatura avançada na indústria de alimentos, é ainda muito grande.

No Brasil, a pesquisa científica sobre a produtividade de sistemas avançados de produção está apenas começando. De um modo geral, a indústria nacional e, especificamente, os setores orientados à exportação, têm absorvido relativamente bem essas técnicas avançadas de produção, quer em função das exigências do mercado internacional, quer em função das políticas governamentais de estímulo à competitividade, à produtividade e à qualidade.

A literatura nacional é extremamente escassa, no que diz respeito à tipologia e configuração tecnológica dos sistemas de produção da indústria agro-alimentar, bem como sobre o desempenho, em termos de produtividade, desses sistemas. Essa dificuldade é relativamente a mesma em relação à literatura estrangeira, de modo que se registra uma elevada carência de trabalhos nessa área.

Assim sendo, a argumentação desta pesquisa, em termos de sua justificativa, é a de fornecer uma fundamentação teórica para a formulação de um sistema de avaliação de desempenho para a manufatura avançada, assumindo as configurações dos sistemas produtivos da indústria de alimentos, como suas referências de análise. Portanto, o limite de sua justificativa passa exatamente pela definição de uma contribuição científica, numa área de reconhecida carência bibliográfica.

Desse modo, a importância teórica deste trabalho está relacionada tanto com a atualidade do tema, uma vez que trata-se de uma abordagem de particular interesse – com pesquisas em andamento em muitos países desenvolvidos e em desenvolvimento –, como com a natureza de seus objetivos, os quais atribuem uma significativa contribuição à literatura pertinente. Por outro lado, o estudo em pauta representa uma importante contribuição prática às organizações produtivas, sobretudo no que diz respeito aos procedimentos de avaliação do desempenho da manufatura.

## **1.5 - OBJETIVOS DA PESQUISA**

### **1.5.1 - OBJETIVO GERAL**

O objetivo geral desta pesquisa é estabelecer um sistema de avaliação da produtividade, tendo como unidade de referência os sistemas avançados de produção, a fim de permitir uma gestão adequada da manufatura avançada na indústria de alimentos.

### **1.5.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Neste estudo, os objetivos específicos constituíram parcelas importantes do objetivo geral, cuja consecução é resultado do alcance satisfatório de cada uma delas. Esses objetivos podem ser apresentados da seguinte forma:

**OE.1** - Definir uma tipologia dos sistemas de produção vigentes nas principais empresas da indústria agro-alimentar, com base nas características de suas configurações organizacionais e tecnológicas.

**OE.2** - Identificar as medidas de desempenho utilizadas pelas principais empresas da indústria de alimentos, verificando a correlação existente entre esses indicadores e as técnicas de manufatura utilizadas.

**OE.3** - Estabelecer uma rede de indicadores parciais de desempenho, logicamente combinados com os paradigmas dos novos métodos de produção, de modo a permitir a elaboração e teste de um sistema de avaliação do desempenho global, em um ambiente de manufatura avançada.

**OE.4** - Determinar os parâmetros de mensuração do desempenho global de um sistema produtivo, de modo que estes parâmetros sejam funções das AMT's incorporadas pelo sistema.

## 1.6 - ESTRUTURA DO TRABALHO PROPOSTO

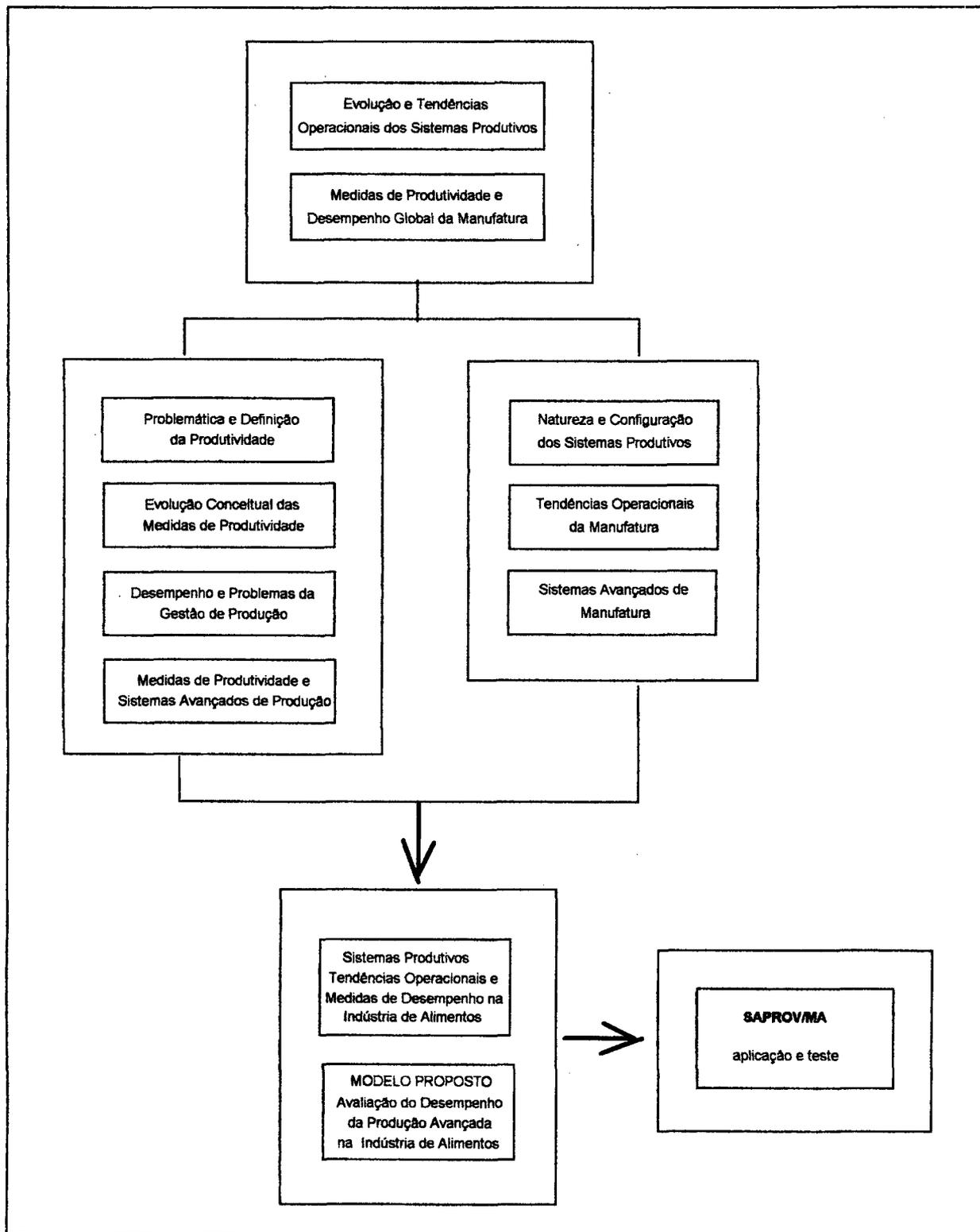
As características de organização deste trabalho estão estreitamente relacionadas com sua proposição temática, de modo que suas referências de discussão contêm um delineamento sistemático de investigação do problema proposto. Nesse sentido, a esquematização de cada capítulo observou fielmente o eixo de orientação geral do trabalho, visando garantir a integridade lógica do conjunto de suas peças teóricas. A fim de permitir uma melhor compreensão da estrutura e organização desse estudo, apresenta-se na Figura 1.2 uma representação do esquema lógico de desenvolvimento do trabalho.

Do ponto de vista da inserção teórico-metodológica, o trabalho analisou especificamente dois grandes eixos de discussão. O primeiro deles refere-se à configuração dos sistemas de produção, definindo a evolução conceitual dos métodos e técnicas operacionais empregados, a partir dos registros literários disponíveis.

Trata-se de uma reflexão sobre as tendências operacionais assumidas pelos sistemas produtivos, e tem como objetivo central a contextualização teórica, num plano mais geral, do problema investigado. De acordo com a cronologia de apresentação adotada, este eixo constitui o segundo capítulo do trabalho, logo após as considerações introdutórias ao estudo realizado.

O segundo eixo de discussão diz respeito aos sistemas de avaliação do desempenho produtivo, articulando uma leitura dos diversos modelos de mensuração da produtividade. Neste capítulo realizou-se um rastreamento bibliográfico sobre as técnicas de avaliação existentes, suas dimensões conceituais, bem como as tendências vigentes nos procedimentos de medida do desempenho global da manufatura. Completando o significado do eixo anterior, este terceiro capítulo permitiu a inserção teórica específica do problema de pesquisa, fornecendo os postulados necessários para o posicionamento metodológico do estudo em pauta.

No que diz respeito aos aspectos teórico-operacionais, o trabalho articulou duas diferentes unidades de discussão, sendo que cada uma delas encontra-se apresentada em capítulos separados. A primeira unidade insere uma leitura dos sistemas produtivos na indústria de alimentos, conceituando as diversas configurações de processos, bem como as medidas de desempenho utilizadas para avaliar a produtividade desses sistemas. Trata-se do quarto capítulo do trabalho, e tem como objetivo a definição da referência de análise da pesquisa.



**FIGURA 1.2 - LÓGICA DE DESENVOLVIMENTO E ESQUEMATIZAÇÃO DO TRABALHO REALIZADO**

A segunda unidade de discussão refere-se ao delineamento do modelo proposto para a avaliação do desempenho produtivo, resultante das leituras e discussões críticas desenvolvidas nos capítulos anteriores. Esta unidade constitui o quinto capítulo do trabalho, tendo por objetivo a apresentação das operações técnicas relacionadas com o modelo SAPROV/MA (sistema de avaliação da produtividade vetorial da manufatura avançada), assim como os procedimentos metodológicos que foram articulados, tendo em vista a aplicação e teste deste modelo.

O sexto capítulo contém os resultados da aplicação e teste do modelo proposto, em cinco unidades de fabricação que utilizam tecnologias avançadas de manufatura. São apresentados os resultados obtidos em cada unidade analisada, assim como a pertinência técnica de cada um dos procedimentos operacionais do modelo, com a discussão sobre sua exequibilidade. Finalmente, o último capítulo apresenta as conclusões e recomendações finais do trabalho, principalmente aquelas relacionadas com a aplicação do modelo.

O seqüenciamento dos capítulos atende à uma ordem lógica de desenvolvimento da discussão teórica, sendo que todos eles estão estruturados de acordo com uma mesma sistemática de organização.

Assim sistematizado, o trabalho é formado por sete capítulos básicos, incluindo também uma lista das referências bibliográficas utilizadas, assim como um apêndice contendo os instrumentos de coleta de dados que foram operacionalizados na fase de execução da pesquisa prática.

## SEGUNDO CAPÍTULO

# EVOLUÇÃO CONCEITUAL E TENDÊNCIAS OPERACIONAIS DOS SISTEMAS AVANÇADOS DE PRODUÇÃO

"Toda abundância causa perplexidade."  
Lao Zi (Li Er), China, 571 BC

### 2.1 - INTRODUÇÃO

As tecnologias avançadas de produção, bem como os novos padrões de gerenciamento da atividade industrial, assumem uma importância gigantesca no atual contexto global da economia mundial. Muito comumente, uma intensa competição tem forçado as organizações industriais à busca de novos métodos de produção ou, quando mesmo, à sistematização de uma filosofia de manufatura, em que os sistemas operacionais se ajustem à nova configuração dos mercados.

Neste contexto de competição acirrada, três palavras-chaves se impõem: qualidade, custos e flexibilidade. Para responder à estas necessidades, as organizações aperfeiçoam seus modos de produção, incorporando tecnologias avançadas de processamento, assumindo filosofias de trabalho participativas, e reconfigurando seus sistemas operacionais.

Este capítulo sumariza os esforços empreendidos por teóricos e pesquisadores neste campo, apresentando a evolução dos conceitos em sistemas de produção, assim como as novas tendências operacionais da manufatura. Para uma melhor compreensão das idéias aqui apresentadas, o capítulo está organizado em nove seções, assumindo cada uma delas, uma ordem particular do discurso.

Nesta ordem de sistematização, a primeira seção introduz os objetivos e estrutura do capítulo, de modo a definir o seqüenciamento adequado das idéias apresentadas. A segunda seção estabelece a natureza e configuração dos sistemas de produção, definindo um esquema de classificação desses sistemas, a partir da

literatura disponível. Assim sendo, a seção analisa as principais tipologias de classificação, enfatizando sobretudo: a tipologia clássica de Woodward, a classificação da abordagem sistêmica dos processos, a tipologia baseada na relação produto-processo, e a classificação proposta por Buffa e Sarin.

A terceira seção tem como objetivo a apresentação de algumas considerações gerais sobre os sistemas avançados de produção, ressaltando as tendências operacionais dos novos métodos produtivos, surgidos a partir da intensificação da competitividade internacional. Nesta ordem de definição, a quarta seção introduz a análise e discussão desses novos sistemas, determinando as características conceituais e os parâmetros de operacionalização das técnicas de produção JIT, com base em rastreamento recente da literatura.

Em seguida, a quinta seção esquematiza a estrutura operacional da manufatura celular, identificando seus elementos conceituais, suas esferas de aplicação, os objetivos buscados e os resultados decorrentes de sua utilização. Na sexta seção, desenvolve-se a apresentação da abordagem CIM, com o objetivo de configurar as estruturas produtivas resultantes da aplicação de seus conceitos e técnicas. Neste sentido, são apresentadas igualmente as condições de base para a implantação dos sistemas CIM, bem como os resultados obtidos em experiências já realizadas.

A sétima seção explicita as diversas categorias de sistemas flexíveis de manufatura, através de uma sistematização detalhada dos conceitos existentes sobre o assunto. Esta seção tem por objetivo a ilustração conceitual e técnica das diferentes configurações de FMSs, permitindo assim uma apresentação esquematizada do funcionamento de cada uma dessas estruturas, assim como das interações e semelhanças entre as tipologias conhecidas.

A apresentação desses modernos sistemas produtivos é concluída na oitava seção, com a definição e discussão dos procedimentos de controle kanban. São levantados, assim, alguns exemplos ilustrativos do funcionamento das operações com kanban, bem como as condições de implantação do sistema, e os resultados obtidos de experiências conhecidas. Finalmente, a última seção contém algumas considerações consultivas do capítulo, resultantes do exercício de leitura e avaliação desenvolvidos.

## 2.2 - NATUREZA E CONFIGURAÇÃO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO

A abordagem prescrita nos compêndios de Economia Industrial, bem como nos de Engenharia Industrial, estabelece que a produção de bens e/ou mercadorias é particularmente caracterizada, tanto pelos fins a que se destina, como em relação aos elementos que compõem o seu sistema físico de produção.

Definindo a atividade industrial, Tarondeau (1982, p.1) considera que esta se traduz pela criação, a produção e a distribuição de objetos, suscetíveis de satisfazer as necessidades de potenciais utilizadores. Trata-se, portanto, da atividade que garante o atendimento das necessidades humanas, através da mediação de objetos, de produtos e de mercadorias. Neste ponto, segundo o autor, a atividade industrial difere da atividade de serviço, uma vez que esta é particularmente caracterizada pela transformação sujeito-consumidor.

No que diz respeito à configuração dos sistemas de produção, a atividade industrial também assume elementos que são diferenciadores da atividade de serviço. No entanto, em função dos objetivos deste trabalho, não se discute aqui a conceituação dessas diferenças, uma vez que elas não constituem elemento de valor para os fins estabelecidos. Desse modo, a análise está voltada, essencialmente, para a concepção e *design* do sistema de produção industrial.

Segundo Wild (1981, p.32), um sistema de produção pode ser definido como a configuração de recursos combinados, para a provisão de bens e/ou serviços. A explicitação dos itens físicos que compõem esses recursos combinados, produz o que se denomina sistema físico, cujas principais categorias de recursos são as matérias-primas, os equipamentos, a mão-de-obra e os produtos associados ao sistema de produção. Neste sentido, a satisfação do cliente através da provisão de bens e serviços, constitui a função básica de um sistema operacional.

As expressões "sistema de produção" e "processo de produção" são encontradas quase sempre como sinônimas, na vasta literatura disponível. Segundo Nollet et al. (1986, p.34), estas expressões fazem referência à um segmento específico de um organismo, encarregado de transformar um conjunto de entradas em um conjunto de saídas, adicionando-lhes valor e atendendo a objetivos pré-definidos pela organização.

A Figura 2.1 mostra globalmente o que ocorre num sistema físico: a mão-de-obra, os materiais e os equipamentos, denominados "recursos produtivos diretos", com certas características de qualidade e em certa quantidade, são utilizados para realizar as operações que, tomadas em conjunto, dão origem ao produto da

empresa, que por sua vez é produzido numa certa quantidade e apresenta uma determinada qualidade.

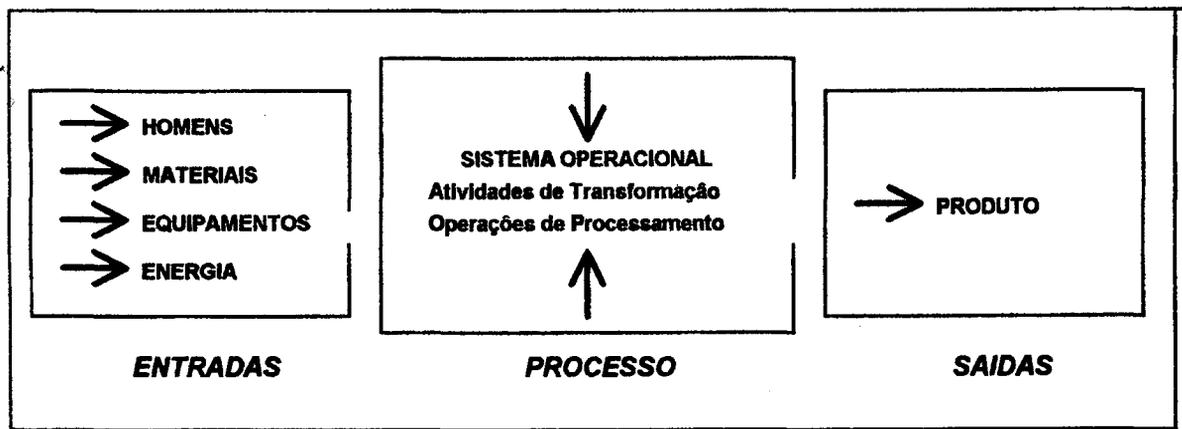


FIGURA 2.1 - SISTEMA FÍSICO DE PRODUÇÃO

Um importante aspecto para a definição do sistema físico é a tecnologia que ele emprega. Ela determina quais entradas (quantidades e qualidades) devem ser empregadas, para sofrer certas operações, de forma a se ter o produto final que atenda a certas especificações, e seja produzido numa certa quantidade.

A esquematização do processo de produção, em um diagrama de operações, por exemplo, permite uma melhor compreensão das funções que são desenvolvidas ao interno do sistema operacional. Ao mesmo tempo, esta esquematização garante a determinação das características necessárias para as ações de concepção, planejamento e controle do processo produtivo. Assumindo aqui as proposições de Wild (1981, p.35), os sistemas operacionais apresentam dois objetivos básicos: o atendimento das necessidades do cliente, em termos de quantidade, qualidade, prazo e custo, bem como a obtenção de eficácia e eficiência no uso dos recursos (produtividade dos fatores).

Tarondeau (1982, p.42) considera que, se os objetivos de produção são definidos em termos de atributos dos produtos, a concepção dos sistemas de produção é determinada por dois fatores principais: as tecnologias utilizadas nos processos de produção, e os produtos transformados. A observação de Tarondeau é apoiada pela literatura especializada. Buffa (1968, p.59-86), no capítulo "Produtos e Processos", trata da concepção de sistemas de produção; Starr (1971, p.24-29) explicita as relações entre configuração das unidades de produção, de um lado, e produtos e tecnologias, do outro. A Figura 2.2 sintetiza as relações entre produtos e processos de produção.

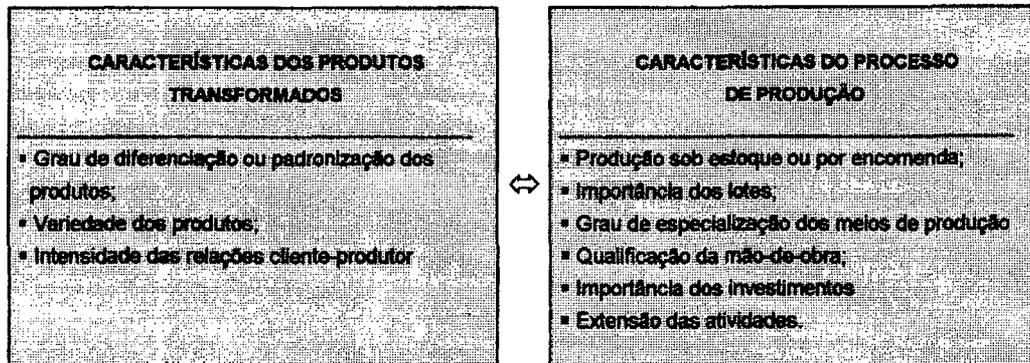


FIGURA 2.2 - RELAÇÕES ENTRE PRODUTOS E SISTEMAS DE PRODUÇÃO  
 FONTE: Adaptado de Tarondeau (1982, p.42).

Portanto, a configuração dos sistemas de produção varia, significativamente, de acordo com o aporte tecnológico empregado, o produto elaborado e o tipo de processo utilizado, de modo que diferentes categorias de sistemas físicos podem ser apresentadas.

### 2.2.1 - A TIPOLOGIA DE WOODWARD

O estudo de Woodward (1965), que explica as diferenças de organização e de estrutura das empresas inglesas, impõe uma classificação das diversas tipologias de sistemas de produção, bastante conhecida na literatura clássica. Segundo a autora, existem quatro tipos específicos de sistemas de produção, caracterizados como segue:

O sistema de tipo I, chamado de "projeto", tem como finalidade o atendimento de uma necessidade específica, em termos de produto, localização da demanda e tempo. Nesse tipo de sistema, o produto é concebido em ligação estreita com seus futuros usuários, de modo que suas múltiplas especificidades impõem uma organização específica do sistema de produção. É o caso, por exemplo, da produção de aeronaves, embarcações navais, pontes, etc.

No sistema de tipo II, denominado "ateliê", os produtos são múltiplos, diferenciados e pouco padronizados. Esses produtos são elaborados sob encomenda e, freqüentemente, segundo as especificações do cliente, de modo que a flexibilidade, obtida pela supercapacidade de produção, pelos equipamentos

pouco especializados e por uma mão-de-obra polivalente, constitui uma das características fundamentais desse sistema.

Na avaliação de Tarondeau e Moal (1979, p.23-24), a competição por prazos de entrega vinculados à cada demanda específica, ou mesmo pela confiabilidade da empresa com respeito aos prazos contratuais, é um importante trunfo para esses dois primeiros tipos de sistemas de produção. Os autores sustentam, ainda, que o "ateliê" é o tipo de sistema de produção que permanece dominante nos setores de bens de equipamentos industriais, como a indústria de máquina-ferramenta, por exemplo, assim como na produção de tecnologia (laboratórios de pesquisa e desenvolvimento), e no setor dos serviços.

O sistema de tipo III, ou "produção de massa", é caracterizado pela elaboração de produtos que são igualmente diversificados, derivados de combinações diferentes de elementos padronizados. Neste sistema de produção, os volumes de produtos acabados são importantes, de modo que a padronização dos componentes ou subconjuntos serve para ampliar os volumes nos estágios intermediários da produção. Este procedimento permite a especialização dos meios de produção sobre produtos, ou famílias de produtos de configurações semelhantes.

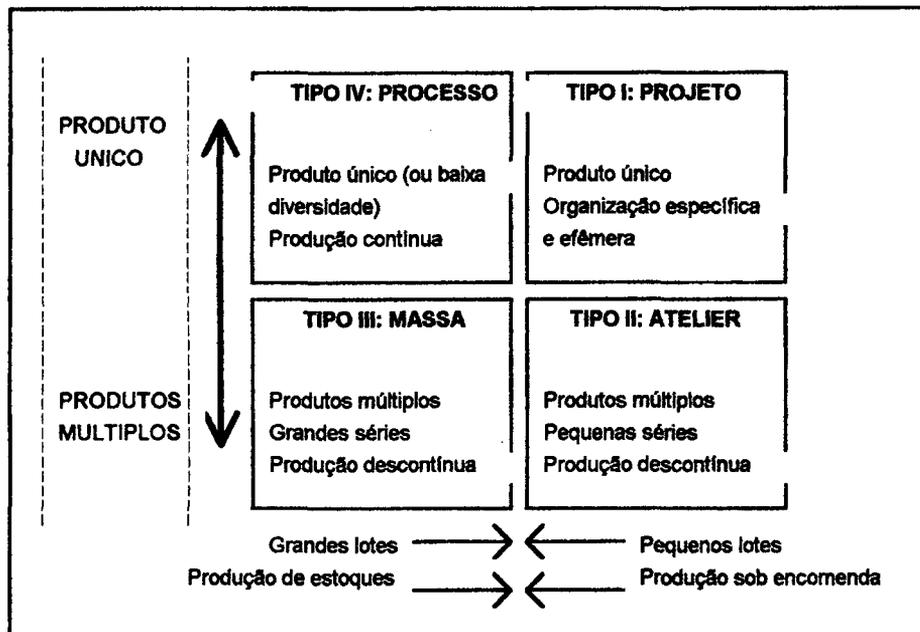
Igualmente especializada no que diz respeito às pequenas atividades e auxiliada por diversos mecanismos de automatização, a mão-de-obra é quase sempre pouco qualificada e pouco polivalente. A "produção de massa", portanto, está estreitamente relacionada com os princípios da revolução industrial, da linha de produção e da organização científica do trabalho. No passado, esse sistema permitiu a obtenção de ganhos extraordinários de produtividade, em relação às organizações artesanais que ele parcialmente suplantou, principalmente nos setores de equipamentos domésticos, têxteis, vestuário, sapatos, etc.

No sistema de tipo IV, chamado "processo", um produto único, ou os produtos derivados de um mesmo processo, são realizados de modo contínuo, ou seja, produtos e processos são totalmente interdependentes, sendo que a flexibilidade do sistema de produção é quase zero. Estes sistemas são adaptados à fabricação de produtos altamente padronizados, sobretudo nas situações onde a tecnologia de manufatura permite evitar os estoques intermediários, ou seja, quando o conjunto da rede de operações produtivas pode ser equilibrado de maneira estável. Estas condições favorecem, portanto, a automatização do sistema de produção.

Esse sistema é caracterizado pela incorporação de altos investimentos e pouca utilização de mão-de-obra, sendo que esta última é responsável apenas pela condução e manutenção das instalações. Tratam-se, portanto, de sistemas rígidos e altamente produtivos, onde o nível de produtividade depende do desempenho dos

equipamentos utilizados, e onde os custos de mão-de-obra são insignificantes, em relação aos outros fatores produtivos. É esse sistema que assegura a produção de grande parte dos produtos de base, como o petróleo e derivados, a eletricidade, produtos químicos diversos, etc.

A tipologia de Woodward estabelece uma classificação das empresas baseada no tipo de organização empregado, bem como em relação aos aspectos da estrutura e dos modos de gestão requeridos por cada sistema específico de produção. A Figura 2.3 contém uma representação esquematizada dessa classificação.



**FIGURA 2.3 - TIPOLOGIAS DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO**  
 FONTE: Adaptado de P. L. Moal et J. C. Tarondeau (1979, p.11).

O desenvolvimento da abordagem sistêmica das organizações permite uma classificação dos sistemas de produção, baseada no processo produtivo. Explicitando a organização como um sistema de operações, que envolve elementos de entrada, de processamento e de saída, essa abordagem produz uma tipologia dos sistemas de produção com ênfase no processo operacional da empresa.

## 2.2.2 - TIPOLOGIA SISTÊMICA DOS PROCESSOS DE PRODUÇÃO

As diversas operações que constituem um processo produtivo exercem, cada uma a seu tempo, um papel específico e essencial em relação aos objetivos do sistema de produção. Assim, a rede de operações de um sistema produtivo envolve tanto atividades de transformação física (criação física ou alterações na forma física dos recursos), como atividades de transformação não-física (estocagem dos produtos ou modificações na localização dos recursos).

A representação gráfica do processo de produção, conforme mostrado na Figura 2.4, explicita a idéia de operacionalização de um sistema produtivo, permitindo uma classificação baseada no funcionamento do processo. Essa tipologia apresenta duas categorias de sistemas:

- [A] Processo de Produção Contínuo;
- [B] Processo de Produção Intermitente.

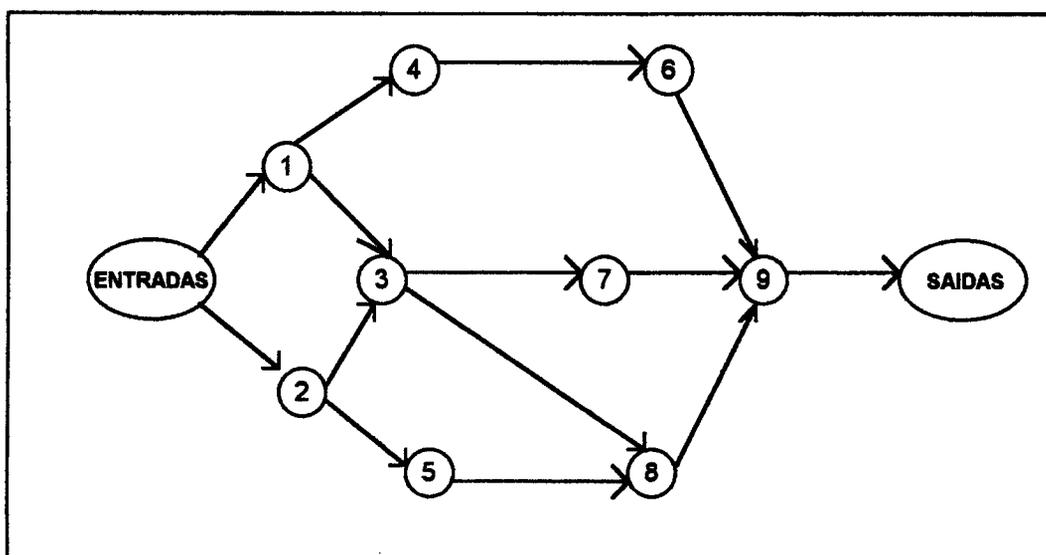


FIGURA 2.4 - REDE DE OPERAÇÕES DE UM PROCESSO DE PRODUÇÃO

Um sistema é dito de "produção contínua", quando o processo operacional não exige interrupção do fluxo de produção. Nesse caso, o processo é definido para transformar um fluxo de matérias-primas e componentes, utilizando uma rede de operações seqüenciais, em um produto acabado. É muito comum que não se trate

de um produto único, pois normalmente os *output's* são traduzidos em termos de produtos principais e subprodutos.

A regulação do sistema ocorre principalmente sobre os fluxos, requerendo ajustamento das operações e dos fluxos em cada nodo. Esse sistema é caracterizado essencialmente pela manufatura de tecnologia pesada, encontrando bastante aplicação nas indústrias de base, como a química, a petrolífera, a petroquímica, a energia elétrica, etc. Uma representação gráfica do processo contínuo pode ser visto na mesma Figura 2.4, entre os nodos [1], [4], [6] e [9], por exemplo.

Os sistemas de "produção intermitente" são definidos por uma rede de operações com rupturas freqüentes do fluxo operacional, ou seja, as operações em rede apresentam uma variedade de funções, com diferentes tipos de procedimentos e transações. Essa tipologia de sistema é caracterizada por agregar, numa mesma rede, diferentes operações de transformação, ou ainda, operações de transformação que esperam, na linha de produção, por outras operações, *à priori* ou *à posteriori*.

A Figura 2.4 é uma típica representação gráfica de um processo intermitente. A operação definida no nodo [3], por exemplo, requer a execução, *à priori*, das operações [1] e [2]. De acordo com a classificação proposta por Hayes e Wheelwright (1981, p.65), o processo intermitente pode ser observado tanto na produção intermitente em série ou por lotes (o que caracteriza um sistema intermediário entre o sistema ateliê e a produção em massa), como na produção em linha de montagem (definida apenas pelo sistema de produção de tipo massa).

Para caracterizar os sistemas de produção de acordo com a tipologia binomial contínuo-intermitente, Buffa (1968, p.126) apresenta uma classificação em duas categorias:

[A] os sistemas contínuos, representados pelo sistema de distribuição e de distribuição/produção, e;

[B] os sistemas intermitentes, nos quais estão classificados os ateliês abertos (produção por encomenda) e os ateliês fechados (produção para estoque).

Na prática, a classificação dos processos em contínuo e intermitente, baseada na articulação dos nodos (operações) e das ligações entre eles (fluxos), sugere uma gama de sub-classificações, conforme pode ser observado na sinopse apresentada na Figura 2.5. Estas sub-classificações resultam das diferentes

funções que as operações e os fluxos podem assumir, em um determinado processo produtivo.

Assumindo a idéia de que várias ligações são suscetíveis de alcançar um mesmo nodo, ou ainda de que várias ligações podem partir de um mesmo nodo, Tarondeau (1982, p.47) propõe uma diferenciação dos processos de produção em função da natureza simultânea ou exclusiva destas ligações. Assim, várias entradas simultâneas são necessárias para realizar uma montagem. Em um processo químico, por exemplo, diversas entradas simultâneas podem conduzir a diversas saídas simultâneas.

TIPOS DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO					
CARACTERES	FLUXO CONTÍNUO OU PROCESSO	DISTRIBUIÇÃO	PRODUÇÃO / DISTRIBUIÇÃO OU MASSA	ATELIÊ FECHADO	ATELIÊ ABERTO
NODOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Unicamente as funções de transformação de forma</li> <li>▪ Especializados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Unicamente as funções de estocagem</li> <li>▪ Polivalentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Combinação de serviço e de estocagem</li> <li>▪ Especializados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Combinação de serviço e de estocagem</li> <li>▪ Especializados e polivalentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Combinação de serviço e estocagem</li> <li>▪ Polivalentes</li> </ul>
LIGAÇÕES	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fixas</li> <li>▪ Simultâneas</li> <li>▪ Determinadas pela tecnologia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fixas e variáveis</li> <li>▪ Simultâneas e exclusivas</li> <li>▪ Determinadas pelos fluxos e pela tecnologia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Essencialmente fixas</li> <li>▪ Simultâneas e exclusivas</li> <li>▪ Determinadas tanto pela tecnologia como pelos fluxos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Essencialmente variáveis</li> <li>▪ Essencialmente exclusivas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Variáveis</li> <li>▪ Exclusivas</li> <li>▪ Determinadas pela natureza dos fluxos</li> </ul>
CARACTERÍSTICAS GERAIS DO PROCESSO	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Inadaptável à longo prazo - RÍGIDO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ambíguo, segundo a natureza do sistema de distribuição</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Inadaptável à médio prazo - POUCO FLEXÍVEL</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Intermediário entre massa e ateliês abertos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Adaptável no curto prazo - FLEXÍVEL</li> </ul>

FIGURA 2.5 - CLASSIFICAÇÃO SISTÊMICA DOS PROCESSOS DE PRODUÇÃO

FONTE: Adaptado de Jean-Claude Tarondeau, "Systèmes d'Information et Gestion de Production", Documento de Pesquisas CERESSEC, 1978, p. 20.

No caso de uma máquina-ferramenta universal, o processo é diferente. Mesmo que a máquina seja capaz de transformar apenas uma peça a cada operação, ela é potencialmente capaz de realizar as transformações de forma sobre diversos produtos diferentes, caracterizando um caso onde as ligações são independentes e exclusivas.

Portanto, as ligações, ou seja, a rede de fluxos que as materializam, podem ser fixas sobre um período de tempo relativamente longo ou, ao contrário, mudarem com a natureza dos produtos que elas transportam. Certamente, a polivalência dos nodos, a independência e a variabilidade das ligações, ou seja, sua não-determinação pelas tecnologias, induzem a flexibilidade em um processo de produção. De modo inverso, a especialização dos nodos, sua interdependência, a natureza fixa das ligações e sua determinação pelas tecnologias utilizadas, induzem à rigidez.

Os resultados da análise sistêmica do autor estão apresentados na Figura 2.5. As classificações constantes da sinopse, são as mesmas apresentadas por Buffa e Woodward, caracterizando portanto, uma classificação mais ampla dos sistemas de produção.

### 2.2.3 - TIPOLOGIA BASEADA NA RELAÇÃO PRODUTO-PROCESSO

Os trabalhos de Utterback e Abernathy (1975), Chase (1978), Tarondeau (1982), entre outros, mostram que existe uma estreita relação entre as características do produto, de um lado, e as características do processo de produção que o gerou, do outro. A abordagem de Hayes e Wheelwright (1979a) apresenta uma análise destas definições, utilizando o conceito de "ciclo de vida do produto"<sup>1</sup> para explicar como os sistemas de produção variam, conforme as características demandadas do produto em questão.

A argumentação dos autores sugere que o sistema de produção apresenta um fenômeno análogo ao ciclo de vida do produto, denominado "ciclo de vida do processo". Dessa forma, assim como o produto possui diferentes etapas de ciclo de vida, o processo produtivo passa também por diferentes fases de vida: o tipo projeto, na etapa de concepção; o tipo ateliê, na fase de introdução; o tipo produção de massa e o tipo processo, na fase de maturidade do produto.

Estes dois ciclos de vida são integrados em uma mesma matriz produto-processo (Figura 2.6), onde as etapas correspondentes estão associadas entre

<sup>1</sup> De acordo com Richardson e Gordon (1980), a abordagem do ciclo de vida do produto assume tipicamente quatro diferentes estágios de desenvolvimento: A primeira fase, denominada "introdução", é caracterizada pelo lançamento do produto no mercado, bem como pela ocorrência de mudanças frequentes em seu design. Na fase de "crescimento", o produto apresenta um significativo aumento de vendas, enquanto que o seu design torna-se bastante padronizado. Durante a fase conhecida como "maturidade", as vendas continuam crescendo, mas a uma taxa decrescente. Finalmente, o produto entra então na sua fase de "declínio", marcada pela queda das vendas e sua conseqüente substituição por um produto superior.

elas. Nesta matriz, os processos de tipo "projeto" e "ateliê" formam uma mesma categoria, pois o primeiro tipo é um caso particular do segundo.

Uma consideração importante a ser feita é que, da fase I à fase IV da matriz, os processos apresentam uma flexibilidade decrescente, acompanhada de um crescimento nos vetores de estabilidade e produtividade. Da mesma forma como acontece com o ciclo de vida do produto, as etapas progridem de acordo com as exigências do produto, assumindo uma variação que vai da flexibilidade decrescente à produtividade elevada.

Conforme observa igualmente Diorio (1984), o processo de produção de um determinado produto passa por uma série de etapas, para só em seguida se adaptar às exigências desse produto. Desse modo, o processo é quase sempre concebido para ser flexível no início. Posteriormente, na fase de adaptação, ele varia de um estágio levemente produtivo, passando pela padronização, pela mecanização, pela automatização elevada e direcionando-se *versus* um processo contínuo, onde ele culmina.

As considerações construídas na literatura asseguram que, à medida que aumenta o volume de vendas de um produto (fase de introdução), sua concepção e desempenhos funcionais tendem a se estabilizar, de modo que, durante esta fase, a "inovação produto" diminui.

Contrariamente, durante a fase de crescimento, verifica-se uma tendência às inovações no processo de fabricação, decorrentes da necessidade de ajustamentos na capacidade de produção, cadências do processo e etc.

A fase de maturidade do produto é caracterizada por uma forte pressão da concorrência, estruturada principalmente sobre os preços de venda, o que requer a implantação de um programa imediato de redução de custos. Assim, a concepção do processo de fabricação tende a se estabilizar, orientando o sistema produtivo *versus* uma configuração de produção em massa, cuja finalidade é a redução dos custos de fabricação, pela obtenção de economias de escala.

Por sua vez, a entrada do produto em sua fase de declínio possibilita a visualização de dois cenários distintos, com formatos e características específicos, conforme explicita Floriot (1986, p.86-89):

– O CENÁRIO 1, caracterizado pela observação dos sistemas de produção ocidentais (ainda com forte predominância da lógica taylorista), considera que a alta padronização dos produtos, permite a implantação de processos de fabricação orientados pelos sistemas de produção contínuos. Esta alternativa, no entanto, é incompatível com as necessidades de diversificação dos produtos, bem como com a introdução de inovações tecnológicas de produto e de processo, requeridas pela

fase de maturidade. A matriz produto-processo de produção de Hayes e Wheelwright, mostrada na Figura 2.6, mostra exatamente essa incompatibilidade.

Produtos	Pequena Quantidade Sob medida	Produtos múltiplos Pequena Quantidade	Alguns produtos de base Quantidade importante	Poucos produtos padronizados Grande quantidade
Processos	I	II	III	IV
<b>I</b> Ateliê (job shop) Mão-de-obra qualificada Pequenos investimentos Meios universais Ciclo operacional longo	Oficina de mecânica geral Gráfica Boutique Restaurante, Bar			
<b>II</b> Produção Intermitente em Série Processo intermediário entre ateliê e produção de massa		Bens de equipamento Máquinas-ferramentas Aeronáutica, etc.		
<b>III</b> Produção de massa Mão-de-obra pouco qualificada Investimentos pesados Meios especializados Ciclo operacional curto			Automóveis Eletrodomésticos Têxtil Calçados Restaurantes self-service, etc	
<b>IV</b> Processo Contínuo Investimentos altamente pesados Meios bastante especializados Mão-de-obra qualificada				Energia Química Açúcar, etc.

FIGURA 2.6 - MATRIZ PRODUTO-PROCESSO DE PRODUÇÃO

FONTE: Adaptado de Hayes e Wheelwright por Jean-Claude Tarondeau (1982, p.60).

Assumindo, portanto, a inviabilidade da concepção de sistemas de produção de massa, uma vez que a rigidez de funcionamento é incompatível com uma demanda diversificada, e tendo presente os novos imperativos da demanda, torna-se necessário e urgente o desenvolvimento de uma nova lógica de produção, capaz de conciliar uma produção de massa, com uma demanda cada vez mais personalizada.

– O SEGUNDO CENÁRIO de que trata o autor, sugere a reintrodução em seu ciclo de vida, dos produtos que entram na fase de declínio. Esta reintrodução deve estar associada a uma redução dos custos unitários de produção, bem como ser compatível com uma integração de melhoramento e de inovações, tanto em relação ao produto, como em relação ao seu processo de produção.

Na opinião de Nolle et al. (1986, p.146), esta matriz indica claramente a importância da escolha dos produtos e dos processos, bem como o dilema

produtividade-flexibilidade. Segundo os autores, a diversidade, o grau de padronização e a quantidade de produtos à produzir determinam, não somente o processo de fabricação à utilizar, mas também o grau de produtividade e de flexibilidade que pode ser obtido, através de uma dada combinação. Assim, um mesmo processo não pode satisfazer, simultânea e economicamente, às exigências de diversos produtos, quando estes pertencem a fases diferentes de seus ciclos de vida. Portanto, o produto e o processo devem necessariamente formar um conjunto homogêneo, no sentido de suas características funcionais.

Com base nesta perspectiva teórica, Tarondeau (1982, p.52-56) define uma tipologia de sistemas de produção, tendo como eixo de observação a relação produto-processo. O autor correlaciona o grau de padronização dos produtos e a complexidade tecnológica do processo de produção, permitindo a definição de quatro categorias de sistemas: [1] tecnologia simples, produto sob medida; [2] tecnologia complexa, produto sob medida; [3] tecnologia simples, produto padronizado; [4] tecnologia complexa, produto padronizado. Uma caracterização geral desses sistemas é apresentada de forma simplificada na Figura 2.7.

Natureza da Tecnologia do Processo de Produção	Grau de Padronização dos Produtos	
	Produto sob Medida	Produto Padronizado
<b>TECNOLOGIA SIMPLES</b>	<p>(1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▫ Produto complexo</li> <li>▫ Produto preferencialmente sob medida, pouco repetitivo</li> <li>▫ Produção essencialmente sob encomenda</li> <li>▫ Pequenos lotes</li> <li>▫ Mão-de-obra preferencialmente pouco qualificada</li> <li>▫ Pouco investimento</li> <li>▫ Tamanho significativo</li> <li>▫ Operações curtas</li> <li>▫ Exemplo: móveis de estilo, alta costura, habitação.</li> </ul>	<p>(3)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▫ Produto simples</li> <li>▫ Produto bastante padronizado, repetitivo</li> <li>▫ Produção sob estoque</li> <li>▫ Lotes significativos</li> <li>▫ Mão-de-obra muito pouco qualificada</li> <li>▫ Pouco investimento</li> <li>▫ Tamanho significativo</li> <li>▫ Operações bastante curtas</li> <li>▫ Exemplo: têxtil, confecção.</li> </ul>
<b>TECNOLOGIA COMPLEXA</b>	<p>(2)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▫ Produto complexo</li> <li>▫ Produto sob medida, pouco repetitivo</li> <li>▫ Produção sob encomenda</li> <li>▫ Pequenos lotes</li> <li>▫ Mão-de-obra muito qualificada</li> <li>▫ Investimento significativo</li> <li>▫ Tamanho pequeno</li> <li>▫ Operações bastante longas</li> <li>▫ Exemplo: construção naval, máquinas-ferramentas</li> </ul>	<p>(4)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▫ Produto simples</li> <li>▫ Produto preferencialmente padronizado, repetitivo</li> <li>▫ Produção essencialmente sob estoque</li> <li>▫ Lotes significativos</li> <li>▫ Mão-de-obra bastante qualificada</li> <li>▫ Investimento significativo</li> <li>▫ Tamanho significativo</li> <li>▫ Operações de média duração</li> <li>▫ Exemplo: siderurgia, automobilística</li> </ul>

FIGURA 2.7 - CONFIGURAÇÃO DA UNIDADE PRODUTIVA EM FUNÇÃO DOS PRODUTOS E DAS TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO

FONTE: Adaptado de Tarondeau (1982, p.55).

Fazendo referência às unidades produtivas de tecnologias complexas, o autor sugere que as mutações tecnológicas, podem conduzir as empresas a mudar de posição sobre a escala de complexidade das tecnologias. Esta escala conduz à inadequação das competências da mão-de-obra, bem como das características do equipamento de produção. A partir destas análises, é possível diferenciar as estratégias de produção das empresas e de avaliar a natureza das evoluções das unidades produtivas, em função das características dos produtos ou das tecnologias, mostrando, por exemplo, que a noção de produto é determinante na configuração dessas unidades produtivas.

Em particular, estas análises indicam que o grau de padronização dos produtos determina a escolha entre produção de massa e ateliê. Assim, um forte grau de padronização dos produtos requer um bom nível de produtividade, bem como redução das capacidades de adaptação. Ao contrário, um baixo nível de padronização exige uma grande flexibilidade, implicando uma produtividade menor.

#### 2.2.4 - CLASSIFICAÇÃO DE BUFFA E SARIN

As estratégias gerenciais básicas adotadas pela organização, constituem a ênfase principal da classificação apresentada por Buffa e Sarin (1987), numa abordagem sobre a moderna administração dos sistemas operacionais. Os autores estabelecem uma primeira tipologia, apresentando duas grandes categorias de sistemas de produção: os sistemas focalizados no processo e os sistemas focalizados no produto. Essa classificação está baseada na natureza da demanda sobre o processo produtivo, bem como no tipo de estratégia de produção adotado para responder às exigências dessa demanda.

A primeira categoria (*process-focused systems*) considera que um sistema produtivo que fabrica produtos para consumo final, deve incorporar elevada flexibilidade, de modo que ele seja capaz de produzir de acordo com as especificações do produto, demandadas pelo consumidor ou cliente. Neste tipo de sistema, as instalações físicas devem ser organizadas em torno do processo produtivo, sendo que a mão-de-obra deve ser igualmente especializada pelo tipo genérico de processo.

Assumindo que a demanda sobre o sistema produtivo, é uma demanda de tipo intermitente, o sistema deve permitir que cada componente passe intermitentemente de um processo à outro. Esta característica resulta da idéia de

sistema focalizado no processo, onde a flexibilidade deve constituir uma capacidade do sistema, permitindo que as instalações e departamentos da organização sejam utilizados de forma intermitente, conforme as especificações de ordenamento do cliente.

A segunda categoria (*product-focused systems*) inclui os sistemas cuja demanda de produção é caracterizada por altos volumes de produtos padronizados, requerendo portanto, um uso contínuo das instalações do sistema. Desse modo, o fluxo de material assume um comportamento contínuo, exigindo equipamentos de produção específicos. A idéia do sistema estar focalizado no produto, resulta justamente da alta demanda por produtos padronizados, onde o processo produtivo é completamente integrado, utilizando mecanização e automação para adquirir padronização e baixo custo.

Na verdade, essa classificação constitui os dois extremos de sistemas, apresentados pelos autores. De acordo com a própria abordagem, entre esses dois extremos (sistema focalizado no processo e sistema focalizado no produto), existem os sistemas orientados para produzir produtos múltiplos, quer em pequenos volumes, quer em volumes relativamente grandes.

No primeiro caso, a situação de baixo volume de produto múltiplo, emprega-se usualmente um sistema focalizado no processo, sendo que os produtos são fabricados em lotes. Este sistema permite algumas economias de escala em relação ao sistema ateliê, que também é projetado para produzir de acordo com as especificações do cliente.

No caso de alto volume de produto múltiplo, pode-se empregar uma estratégia mista de produção, combinando ambos os sistemas (focalizado no processo e focalizado no produto). Na atividade industrial, por exemplo, a produção de componentes é muitas vezes organizada em linha (base contínua), mas este mecanismo, apesar de importante, não é suficiente para justificar o uso contínuo das instalações, de modo que esses componentes também podem ser produzidos em pequenos lotes, permitindo assim uma excelente estratégia de produção. Por outro lado, a natureza da linha de montagem torna possível a utilização de linhas contínuas, específicas para certos produtos.

Assumindo que alguns produtos podem ser produzidos tanto para estoque, como por ordem (encomenda), a escolha entre uma alternativa e outra não depende necessariamente do tipo de sistema físico (focalizado no processo e focalizado no produto) que se tem adotado. Por exemplo, alguém poderia pensar que a indústria automobilística, que utiliza um sistema focalizado no produto, poderia ser um fabricante de produtos para estoque. Este, no entanto, não tem sido o caso, uma

vez que cada automóvel é produzido por uma ordem específica do cliente, representado pelos líderes de vendas que têm registradas suas opções.

TIPO DE SISTEMA	ALTERNATIVAS DE PRODUÇÃO	
	PARA ESTOQUE	POR ENCOMENDA
FOCALIZADO NO PRODUTO	<b>FOCALIZADO NO PRODUTO PARA ESTOQUE</b> Equipamentos de TV Calculadoras Gasolina Câmaras	<b>FOCALIZADO NO PRODUTO POR ENCOMENDA</b> Equipamento de construção Ônibus, caminhão Química experimental Têxteis Fios e cabos elétricos Componentes eletrônicos
FOCALIZADO NO PROCESSO	<b>FOCALIZADO NO PROCESSO PARA ESTOQUE</b> Instrumentos médicos Equipamentos de teste Peças sobressalentes Alguns produtos de aço Peças plásticas moldadas	<b>FOCALIZADO NO PROCESSO POR ENCOMENDA</b> Máquina-Ferramentas Contêiner de pressão nuclear Componentes eletrônicos Lançadeira espacial Projetos de construção Embarcações marítimas

**FIGURA 2.8 - EXEMPLOS DE DUAS CATEGORIAS DE SISTEMAS COMBINADOS**

FONTES: Adaptado de Buffa e Sarin (1987, p.22)

Desse modo, os autores configuram dois tipos de sistemas (focalizado no processo e focalizado no produto), em combinação com duas alternativas de produção (para estoque ou por encomenda). Essa classificação permite a organização de sistematizar melhor suas ações gerenciais, uma vez que as alternativas de produção são muito diferentes, em relação ao mercado. A Figura 2.8 apresenta alguns exemplos de indústrias, classificadas na tipologia dos autores.

### 2.3 - CONSIDERAÇÕES SOBRE OS SISTEMAS AVANÇADOS DE PRODUÇÃO

A seção 2.2 analisa o conceito de sistema de produção, apresentando as diferentes tipologias discutidas na literatura disponível. Nesta seção, apresenta-se algumas considerações recentes sobre os modernos sistemas produtivos, denominados no trabalho de "sistemas avançados de produção".

De um modo geral, a configuração organizacional e tecnológica dos modernos sistemas de produção responde, em princípio, às exigências dinâmicas do mercado industrial, submetido às grandes transformações que modificam profundamente os métodos de concepção dos produtos, bem como seus modos de fabricação e distribuição.

De acordo com os objetivos deste trabalho e assumindo os conceitos pertinentes, é importante estabelecer, particularmente, os elementos de definição dos sistemas avançados de produção. Inicialmente, é importante registrar que, rastreando a literatura especializada no assunto, algumas dificuldades de terminologia são encontradas. Essas dificuldades decorrem do fato de que este é um assunto relativamente novo, cuja massa de conhecimento tem sofrido uma evolução bastante rápida. Desse modo, algumas expressões assumem um significado diferente, em relação àquelas já utilizadas ou, ainda, algumas delas se referem a termos não totalmente reconhecidos.

A definição do que seja um sistema avançado de produção, parece constituir um conceito relativamente novo, pelo menos ao nível da produção literária. Son Young (1991) considera que um sistema avançado de produção é aquele que emprega modernas tecnologias de manufatura (*AMT's - Advanced Manufacturing Technologies*) que, normalmente, os sistemas convencionais não utiliza. Essas tecnologias, como já mencionado anteriormente, são todos os *hardwares* e *softwares* avançados de produção, característicos dos modernos sistemas de manufatura.

A partir desta consideração pode-se definir um sistema avançado de produção, como uma configuração de recursos combinados, com densidade e competência tecnológicas incorporadas, para a produção de bens, serviços e/ou valores. Neste sentido, as vetores "densidade" e "competência" tecnológicas, constituem os elementos de diferenciação entre os sistemas modernos e os sistemas convencionais.

Densidade e competência tecnológicas, por sua vez, são elementos característicos das tecnologias avançadas de produção, cujas técnicas se aplicam tanto ao gerenciamento de sistemas, como ao gerenciamento tecnológico e de pessoal. Estas técnicas aparecem na literatura sob diversas denominações, algumas implicitamente incluídas em outras ou mesmo com nomes diferentes, apesar de se referirem a mesma técnica.

A maior parte dessas técnicas faz uso intensivo dos recursos computacionais, como é o caso dos sistemas CAD (Projeto Auxiliado por Computador); CAM (Manufatura Acompanhada por Computador); MRP (Planejamento das Necessidades de Material); MRP II (Planejamento dos Recursos da Manufatura); CIM (Manufatura Integrada por Computador); EDI (Intercâmbio Eletrônico de Dados); FMS (Sistema Flexível de Manufatura); e toda a gama de equipamentos de automação e robótica.

Outros métodos estão diretamente relacionados com a gestão industrial, sendo que a maior parte deles integra a filosofia JIT de produção. Em geral esses métodos definem procedimentos para o gerenciamento da manufatura, associados ao estabelecimento e consecução de metas de qualidade e produtividade, através do envolvimento pleno dos recursos humanos. De acordo com a classificação apresentada por Voss (1987), essas técnicas podem ser agrupadas em quatro categorias, conforme mostra a Figura 2.9.

A concepção de um sistema de produção incorporando essas novas tecnologias, envolve uma série de fatores, como por exemplo, complexidade, *design* tecnológico, custos, etc. Desse modo, dificilmente um processo de produção agregará todas essas técnicas. É verdade, porém, que algumas delas podem ser perfeitamente combinadas, como é o caso do MRP/Kanban, JIT/CIM, MRP/OPT, etc.

Para fins de organização deste trabalho e atendendo aos postulados metodológicos do estudo proposto, as seções seguintes analisam alguns dos principais sistemas avançados de produção. Nesta ordem de consideração, o JIT é analisado como um sistema de produção, sendo que algumas técnicas da filosofia *just-in-time* são igualmente apresentadas e analisadas como sistemas de produção separados.

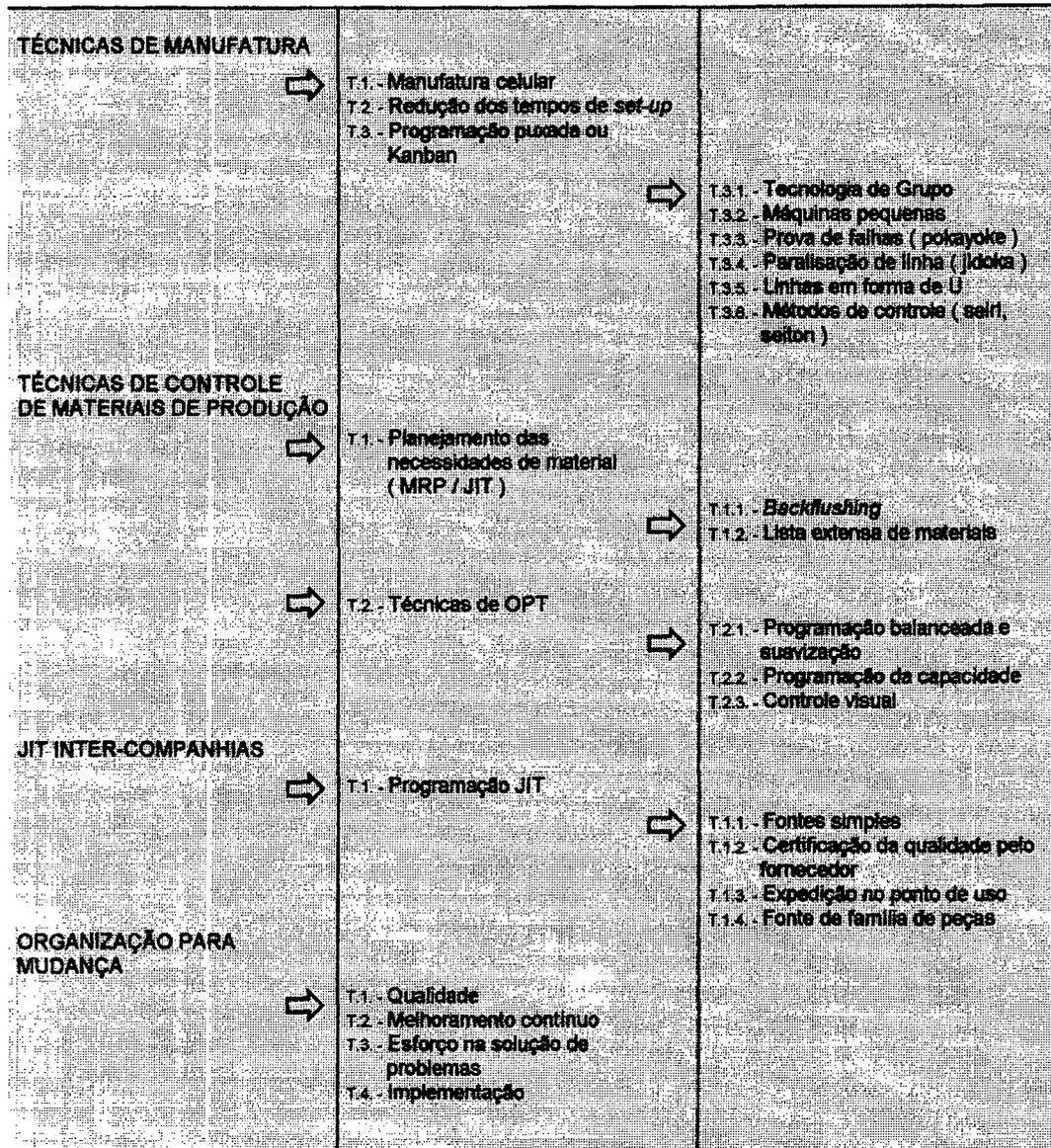


FIGURA 2.9 - CLASSIFICAÇÃO DAS TÉCNICAS DE GERENCIAMENTO JIT  
FONTE: Voss (1987).

Nesse sentido, os métodos de manufatura celular, os sistemas de produção de fluxo puxado, as operações de controle kanban, os procedimentos de manufatura integrada por computador e as configurações de sistemas flexíveis de produção, são apresentados como unidades de produção independentes, com características e padrões operacionais distintos.

Trata-se assim de um procedimento de natureza estritamente organizacional, o que não significa que o sistema de produção JIT exclui essas técnicas. Na verdade, esta separação, além de melhor sistematizar o escopo do trabalho, explicita uma alternativa amplamente usada pelas empresas, que é a implantação parcial das ferramentas *just-in-time*, como sistemas modernos e independentes de

manufatura. Além destas novas configurações de sistemas produtivos, apresenta-se também o sistema CIM de manufatura, complementando assim o modelo teórico sobre os novos conceitos de produção.

Segundo as observações de McLain e Thomas (1985, p.125-133), um processo de produção pode ser estruturado de diferentes formas, assumindo características de robotizado, flexível, adaptável, versátil ou, ainda, incorporar ao mesmo tempo, estas duas últimas características. Nas seções a seguir, apresenta-se uma descrição dos principais sistemas avançados de produção, incluindo tanto aqueles de tecnologia *hardware*, como os de tecnologia *software*.

## 2.4 - O SISTEMA DE PRODUÇÃO JUST-IN-TIME

A partir de meados da década de 70, uma nova filosofia de administração da produção e dos materiais começa a formalizar-se, contrapondo-se radicalmente à filosofia tradicional. Essa nova filosofia, conhecida como JIT (*just-in-time*), procura atender dinâmica e instantaneamente à variada demanda do mercado, produzindo, normalmente, em lotes de pequena dimensão.

O JIT começou algum tempo após a Segunda Guerra Mundial, com o sistema de produção da Toyota. Até o final dos anos 70, o sistema se limitava à Toyota e à sua cadeia de fornecedores-chave. No entanto, desde 1976, o JIT tem se espalhado mais e mais pelas atividades produtivas japonesas, chegando aos Estados Unidos (inicialmente) e à América, através daquilo que a literatura aponta como "ocidentalização do JIT".

Na verdade, o sistema de produção JIT possui sua base de definição no conceito de linha de montagem fordista. Segundo Crouhy e Greif (1991, p.227), o exemplo da linha de montagem é um excelente elemento para se entender o *just-in-time*, pois a idéia central é justamente a de fazer circular o fluxo, como se a organização fosse uma cadeia, permitindo que o sistema logístico permaneça fisicamente flexível e polivalente. Assim, os autores assumem que o JIT busca conciliar as vantagens:

[A] da produção em "grande série", quais sejam a circulação rápida do fluxo, a simplicidade da gestão e a economia de espaço;

[B] da produção em "pequena série", como a variedade das referências, flexibilidade da programação e enriquecimento do trabalho.

Nesse sentido, explicita-se que o objetivo do sistema é o de resolver o clássico dilema entre uma produtividade ótima e um bom nível de flexibilidade, daí porque é bastante comum, a nível da literatura, definir-se o JIT como uma filosofia.

A abordagem de H. Molet (1993), "*une nouvelle gestion industrielle*", por exemplo, define o *just-in-time* como um conjunto de estudos, de trabalhos e de procedimentos de melhoras progressivas e permanentes no tempo, mobilizando uma reflexão coletiva entre os atores, de modo à alcançar uma produtividade à longo prazo, superior aos concorrentes.

Nas observações de Laverty e Demeestère (1990, p.153), o *just-in-time* é um conceito que pode ser resumido simplesmente em: *comprar ou produzir somente a quantidade necessária (nem mais — nem menos), para satisfazer a demanda no momento necessário (nem antes — nem depois) e na qualidade desejada*. Trata-se, conforme os autores, de uma filosofia que envolve toda a empresa industrial, desde as unidades de produção, passando pelos serviços de apoio (métodos, treinamento, estudos, qualidade, etc), até os serviços gerais (compras, segurança, etc).

Nesta mesma linha de raciocínio, Salerno (1985) argumenta que o JIT, enquanto filosofia, constitui uma estratégia de produção, cuja ênfase está centrada na redução da quantidade de produtos em processo, permitindo uma maior circulação do capital.

A caracterização do sistema JIT envolve, portanto, princípios e elementos conceituais, que são particulares e específicos do modo de produzir. Chu e Shih (1992, p.2574) enfatizam que o termo JIT tem sido tradicionalmente relacionado como um conceito ou uma abordagem de produzir somente os itens certos, apenas nas quantidades requeridas e no tempo certo, caracterizando uma filosofia de melhoramentos contínuos.

Desse modo, segundo os autores, os problemas tratados no âmbito dessa abordagem, dizem respeito à eliminação de desperdícios, garantia de qualidade, redução de custos, balanceamento de quotas de produção, programação integral das entregas, desenvolvimento de novos produtos, melhoramento da produtividade e gerenciamento do fornecedor. A literatura disponível é bastante rica, em relação à definição das características que podem ser encontradas nos sistemas de produção de filosofia JIT, conforme ilustra a Figura 2.10.

CARACTERÍSTICAS	REFERÊNCIAS SELECIONADAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Produção focalizada</li> <li>▪ Redução do tempo de <i>set-up</i></li> <li>▪ Redução do tamanho do lote</li> <li>▪ Projeto de célula e tecnologia de grupo</li> <li>▪ Manutenção preventiva total</li> <li>▪ Mão-de-obra treinada e flexível</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Huang et al. (1983)</li> <li>▪ Gupta and Gupta (1989), Huang et al. (1983)</li> <li>▪ Huang et al. (1983), Kimura and Terada (1981)</li> <li>▪ Schonberger (1982)</li> <li>▪ Huang et al. (1983), Schonberger (1982)</li> <li>▪ Changchit and Terrell (1988), Huang et al. (1983), Krajewski et al. (1987), Ritzman et al. (1984), Villeda et al. (1982)</li> <li>▪ Ebrahimpour and Fathi (1984), Sarker and Harris (1988)</li> <li>▪ Gupta and Gupta (1989), Huang et al. (1983), Krajewski et al. (1987), Ritzman et al. (1984)</li> <li>▪ Changchit and Terrell (1988), Ebrahimpour and Fathi (1984), Gupta and Gupta (1989), Huang et al. (1983), Kimura and Terada (1981), Krajewski et al. (1987), Lu et al. (1989), Ritzman et al. (1984), Sarker and Harris (1988), Schroer et al. (1984, 1985), Villeda et al. (1988)</li> <li>▪ Schonberger (1982)</li> <li>▪ Huang et al. (1983), Kimura and Terada (1981)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cargas de trabalho uniforme</li> <li>▪ Controle de qualidade na fonte</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cartões Kanban</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Controle total da qualidade</li> <li>▪ Descentralização</li> </ul>	

FIGURA 2.10 - CARACTERÍSTICAS DA PRODUÇÃO JIT

FONTE: Chu e Shih (1992, p.2575).

Assumindo o *just-in-time* como uma filosofia de produção, alguns princípios básicos se impõem na literatura corrente. Esses princípios servem para orientar sua implantação nas organizações e referem-se, basicamente, a princípios e valores culturais, que a organização deve aceitar e assumir, de modo a facilitar a implementação do JIT. Dentre esses princípios, vale ressaltar:

- P.1 Mudanças na mentalidade da alta e média administração, buscando a utilização da gerência por consenso;
- P.2 Propiciar uma maior participação dos trabalhadores em geral;
- P.3 Delegação de maiores responsabilidades (em todos os níveis);
- P.4 Criação de um programa de motivação (do tipo CCQ, por exemplo);
- P.5 Desenvolvimento de um programa de estabilidade no emprego, para algumas funções julgadas essenciais para o bom andamento das atividades da empresa.

Em termos econômicos, o princípio fundamental da filosofia JIT consiste em aumentar a flexibilidade e a capacidade competitiva da organização, através da adaptação das estruturas de produção das empresas à uma demanda diversificada e localizada, utilizando a flexibilização dos processos produtivos. É nesse sentido

que Yamashina (1988, p.25) enfatiza a redução dos tempos consumidos na preparação das máquinas, como elemento importante para proporcionar uma maior flexibilidade e capacidade competitiva à empresa.

As considerações sobre o JIT, sustentam igualmente que o sistema produtivo deve ser estruturado, de maneira a evitar qualquer tipo de atividade que não adicione valor ao produto. No entendimento de Hay (1992), a principal consequência da filosofia JIT é que os estoques, tanto os de matérias-primas, quanto os de produtos em processo e acabados, passam a ser visualizados como perdas, uma vez que significam capital circulante, assim como um tempo de processamento, não remunerados.

Os estudos realizados sobre a aplicação operacional do *just-in-time*, mostram que esse sistema pode permitir extraordinários ganhos à organização, tais como melhoramento da produtividade, redução do tempo de *set-up*, redução dos estoques, melhoramento da qualidade, economia de espaço, redução do ciclo de fabricação, etc. Os dados apontados na sinopse abaixo, extraídos de Schonberger e Moisy (1987) e de Buffa e Sarin (1987), ilustram alguns dos benefícios que foram obtidos, nas empresas estudadas.

**HEWLETT PACKARD** (leitores de disquetes) – Estoques de produtos em processo reduzidos de 22 para 1 dia.

**OMARK** (cadeias de serras) – Ciclo de produção reduzido de 30 para 2 dias; Defeitos reduzidos em 50%; Redução de 40% da planta industrial.

**GENERAL ELETRIC** (máquinas de lavar) – Ciclo de produção reduzido de 6 dias para 18 horas; Refugos e retoques reduzidos em 51%.

**TECKTRONICS** (terminais gráficos) – Ciclo de produção reduzido de 35 para 5 dias.

**HONEYWELL** (climatizadores) – Estoques de produtos em processo reduzidos em 80%; Redução dos refugos e dos re-trabalhos em 54%; Planta industrial reduzida em 15%; Produtividade aumentada em 15%.

**HARLEY DAVIDSON** (motos) – Aceleração na rotação dos estoques de 6 para 19,6; Produtividade aumentada em 38%.

**BUICK CITY** (automóveis) – Estoques de pará-choques reduzidos de 10 dias para 8 horas; Redução do percurso de 2.500 para 40 metros.

**MOTOROLA** (instrumentação eletrônica) – Redução de 75% dos estoques.

**CANON** (câmaras, equipamentos, etc) – Aumento do índice de produtividade de 100 para 250; Eliminação de desperdícios: 15 \$ milhões em 1976 para 98 \$ milhões em 1982; Redução do *set-up* nas operações de peças de acessórios de 4 minutos para 15 segundos; Redução de 50% dos estoques entre 1976 e 1982; Redução de 45% dos defeitos em três meses.

**HITACHI** (circuitos integrados, computadores, transporte industrial, etc) – Aumento do índice de produtividade de 100 para 178; Redução do *set-up* em diversas operações; Redução do índice de estoque de 100 (1976) para 60 (1981); Tempo de fabricação reduzido de 20 para 3 dias.

**TOKAI RIKA** (peças automotivas) – Aumento do índice de produtividade de 100 para 145; Redução do índice de estoque de 17 dias (1975) para 6 dias (1976); importantes ganhos em qualidade e economia de espaço.

**TOYO KOGO** (automóveis) – Aumento do índice de produtividade de 100 para 215; Redução do tempo de *set-up* em 55%; Redução do índice de estoque de 100 (1973) para 31 (1981); importantes ganhos em qualidade e *lead times*.

**YANMAR** (peças automotivas) – Aumento do índice de produtividade de 100 para 191; Redução dos defeitos do produto A de 100 para 56 e no produto B de 100 para 18; importantes ganhos na redução de *set-up* e *lead times*.

A literatura disponível aponta que, a medida do grau de utilização, com sucesso, dos sistemas *just-in-time*, poderá ser dada pela redução progressiva dos estoques, o que, no limite, implicará na idéia de estoques nulos (*zero inventory*), bem como pela crescente diminuição dos tempos do ciclo de fabricação (*lead-time*), que trarão como consequência final, um aumento da flexibilidade da produção.

A vasta literatura sobre as formas de implantação da Filosofia JIT, indicam a existência de alguns requisitos ou ações preliminares, indispensáveis à esse processo. Tais requisitos, uma vez implantados, estabelecem as condições para que o sistema produza e entregue produtos de natureza *just-in-time* para serem vendidos; subconjuntos *just-in-time* para serem montados em produtos acabados; peças fabricadas *just-in-time* para os subconjuntos de produção, assim como materiais comprados *just-in-time* para serem transformados em peças fabricadas, conforme assinala Schonberger (1982), apud Fawcet e Birou (1993). Alguns desses requisitos e ações podem ser apresentados como segue:

**R.1 - REDEFINIÇÃO DOS FLUXOS FÍSICOS INTERNOS** - As unidades de produção são implantadas de maneira a facilitar e acelerar o escoamento dos materiais e dos produtos, bem como de forma a eliminar todas as operações que não incorporam valor à produção. Os equipamentos de produção são reagrupados em *lay-out* de tipo celular ou em linhas de produtos, permitindo uma linearização do processo produtivo. Essa reorganização da unidade produtiva em mini-células de fabricação, permite uma maior flexibilidade do processo, bem como redução do espaço utilizado, simplicidade de ordenamento, ciclos curtos e, conseqüentemente, uma circulação rápida e regular dos fluxos físicos.

**R.2 - SINCRONIZAÇÃO DA PRODUÇÃO COM A DEMANDA DO CLIENTE** - A idéia é atribuir ao processo de transformação, uma cadência de produção diretamente vinculada ao ritmo das vendas. Este procedimento requer a supressão das contingências de produção, o encurtamento dos ciclos de fabricação decorrente da eliminação dos tempos improdutivos (espera, manutenção), a redução dos tempos de preparação das máquinas visando a minimização dos custos relacionados com a complexidade da estrutura produtiva, a produção realizada em lotes de tamanho reduzido e a adoção dos meios de produção flexíveis.

**R.3 - REDEFINIÇÃO DOS FLUXOS FÍSICOS EXTERNOS** - O sistema *just-in-time* requer uma interação holística do ciclo completo de fabricação, desde a compra das matérias-primas, peças e componentes de produção, até a entrega dos produtos acabados aos clientes. Desse modo, a relação cliente-fornecedor, freqüentemente definida em bases antagônicas, passa a funcionar como uma cooperação, denominada "parceria". Esta cooperação deve resultar num melhoramento dos serviços prestados pelos fornecedores que, por sua vez, pode colaborar largamente para os objetivos de redução dos prazos de entrega da empresa em direção à seus clientes, bem como num melhoramento importante da qualidade dos produtos e na redução dos custos de produção.

Conforme observa Gupta (1990, p.35), os benefícios das compras de natureza JIT são traduzidos pelo pagamento justo das peças e materiais comprados, pelas entregas seguras e confiáveis de lotes de pequeno tamanho, pela redução do *lead time* de entrega, bem como pela entrega de peças e materiais de alta qualidade, em quantidades certas. Assim, a instauração dessas relações de parceria, a redução do número de fornecedores e o conseqüente treinamento dos mesmos, constituem elementos significativos do sistema *just-in-time*.

**R.4 - MELHORAMENTO DA QUALIDADE DOS PRODUTOS E REORGANIZAÇÃO DO CONTROLE DE QUALIDADE** - A implantação de uma sistemática de controle total de qualidade (*Total Quality Control - TQC*), representa um dos mais importantes mecanismos do sistema *just-in-time*. O sistema impõe o estabelecimento de critérios e especificações bastante rigorosos de qualidade, para serem observados e alcançados tanto internamente, ou seja, por todas as unidades da empresa, como externamente, pelos fornecedores agregados.

O objetivo é garantir a obtenção da qualidade total dos produtos fabricados, perseguindo o *slogan* "qualidade na fonte", através dos seguintes princípios: estabelecimento de controle de qualidade em cada estação de trabalho; definição de diagramas e mapas de qualidade, com indicadores visíveis e mensuráveis, para

manter os operadores e gerentes informados acerca da qualidade; insistência na conformidade com os padrões de qualidade; atribuição de autoridade aos operadores, inclusive para desligar a linha de produção, de modo a implementar a insistência com a conformidade; auto-correção de erros como responsabilidade de cada operário; cem por cento de inspeção, especialmente para produtos acabados; engajamento dos operários em círculos de controle de qualidade, com o objetivo de levantar problemas de qualidade e propor soluções.

**R.5 - IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA PREVENTIVO E PERMANENTE DE MANUTENÇÃO** - O ambiente de trabalho *just-in-time* requer um programa permanente de manutenção dos equipamentos de produção. O envolvimento e treinamento dos empregados nos programas de manutenção, permite a realização de manutenções preventivas e, raramente corretivas, uma vez que estas últimas, além de não agregarem valor aos produtos, proporcionam a interrupção do fluxo de trabalho. O desenvolvimento e adoção do princípio de "automanutenção", apresenta o mesmo objetivo dos mecanismos de TQC, ou seja, melhorar os resultados da organização, responsabilizando e motivando o conjunto dos empregados nesta tarefa. A operacionalização desses requisitos, entre outros, produz um fluxo de sinergia em torno do sistema de produção, como pode ser observado na Figura 2.11.

De acordo com a exposição de Buffa e Sarin (1987, p.441), os melhoramentos obtidos sobre o sistema de produção, decorrentes da aplicação das técnicas JIT na cadeia operacional, se traduzem em "ganhos ou efeitos de produtividade".

Segundo os autores, esses ganhos de produtividade decorrem dos esforços e engajamento dos trabalhadores, como parte estreitamente ligada do sistema. Nesse sentido e assumindo as características de estrutura e do modo de operação das técnicas JIT, pode-se definir uma classificação de sistemas de manufatura, baseados na filosofia *just-in-time*.

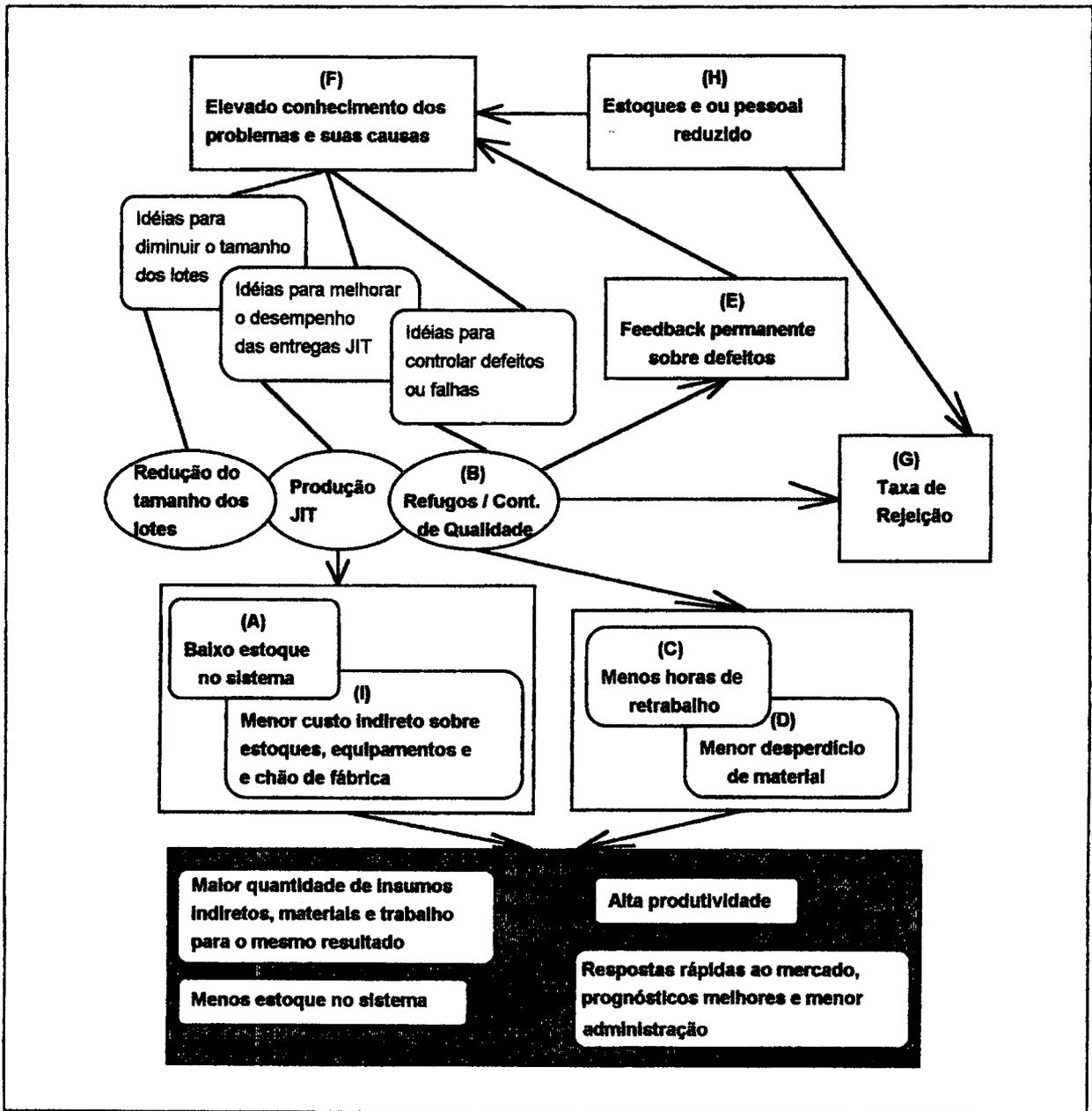


FIGURA 2.11 - EFEITOS SINÉRGICOS DA PRODUÇÃO JUST-IN-TIME

FONTE: Adaptado de Schonberger, "Japanese Manufacturing Techniques: Nine Hidden Lessons in Simplicity", 1982.

## 2.5 - SISTEMA DE MANUFATURA CELULAR E PRODUÇÃO FOCALIZADA

Segundo as observações de Miyake et al. (1990, p.146), o sistema de produção definido como Manufatura Celular (MC), corresponde a um novo paradigma de organização industrial, resultante da tentativa de se "linearizar" o fluxo de materiais, num sistema de produção intermitente sem, no entanto, sacrificar demais a flexibilidade inerente à organização funcional. Assim, o arranjo celular representa um meio termo entre o arranjo funcional e o arranjo linear e, por conseguinte, apresenta características intermediárias entre as das mesmas.

Uma definição genérica da MC, apresentada por Gusmão (1992, p.169), considera que este é um sistema de produção que visa a maior otimização no uso dos recursos de manufatura, através da integração dos processos, máquinas e mão-de-obra, e da adoção de uma metodologia de trabalho dinâmica, capaz de absorver conceitos modernos de qualidade, produtividade e flexibilidade.

A abordagem da manufatura celular tem sua origem no conceito de tecnologia de grupo (TG), cujo advento representa um importante mecanismo no aperfeiçoamento das operações industriais. Trata-se de um recurso que utiliza o conceito de família de itens, onde procura-se agrupar artigos com base na similaridade de forma, tamanho, processo de produção, etc.

As considerações apresentadas por Wemmerlöv e Hyer (1989, p.1511) sugerem que a Tecnologia de Grupo é, essencialmente, um amplo conceito, que consiste na identificação da similaridade ou equivalência entre peças e atividades recorrentes, bem como na exploração de seus efeitos, tanto nas atividades de projeto, como nas de manufatura.

Nesta mesma linha de raciocínio, Min e Shin (1993, p.2307) apresentam o conceito de TG, como sendo o agrupamento em famílias, de peças e/ou produtos com características similares, assim como a formação de células de produção, envolvendo máquinas e processos semelhantes. Os autores concluem, finalmente, que o sistema de produção celular está estreitamente associado ao conceito de TG, constituindo elemento de importância referencial nos problemas operacionais da manufatura, tais como a redução dos tempos de *set-up* e a eficiência produtiva.

A abordagem apresentada por Voss (1987) preconiza justamente essa idéia, definindo a MC como um grupo ou coleção de máquinas, projetadas e organizadas para produzir um grupo específico de peças componentes e/ou produtos. A mesma abordagem aponta, ainda, a idéia de que não existe uma teoria de base para o

desenho ou projeto do sistema celular, mas apenas algumas poucas e específicas regras.

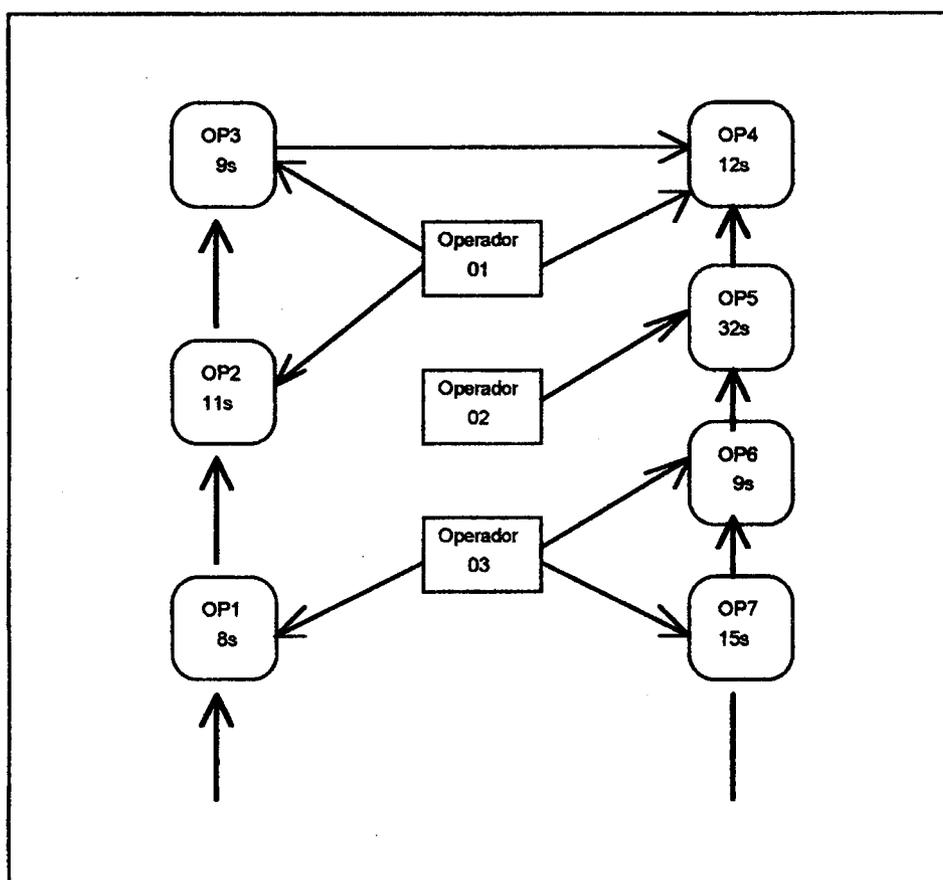
Sobre este aspecto, as considerações de Sridhar e Rajendran (1993, p.2927), estabelecem três fases distintas no processo de implementação do sistema celular, quais sejam [1] a formação das células, [2] definição do *lay-out* celular e [3] a programação das tarefas pertinentes à cada célula. As duas primeiras fases envolvem problemas característicos de projeto, enquanto a última está relacionada com o planejamento da produção celular.

O referencial literário acerca do problema de concepção e projeto da MC, é particularmente vasto. Diversos modelos matemáticos, envolvendo variáveis de capacidade, funcionamento, operadores, número de máquinas, e etc, são fartamente propostos. De modo particular, a literatura especializada aponta alguns elementos básicos, os quais devem ser considerados no desenho e concepção do sistema celular. Entre esses elementos básicos, Heragu e Gupta (1994, p.126-127) ressaltam a importância específica de quatro itens:

- A) Dimensionamento da capacidade das máquinas, de modo que produtos ou peças de uma mesma família, possam ser processados na mesma célula de produção;
- [B] Definição do limite máximo para o tamanho da célula e, por conseguinte, para o número de máquinas na célula, tendo em vista o número de operadores e sua multifuncionalidade operacional;
- [C] Determinação da quantidade máxima de células de produção, restringida pela disponibilidade de operadores polivalentes, de modo que o sistema minimize os deslocamentos intercelulares;
- [D] Adequação do sistema celular às necessidades impostas pelos requerimentos de tecnologia, segurança, flexibilidade e movimentação do fluxo de material.

Analisando alguns estudos recentes desenvolvidos sobre esta questão, Dahel e Smith (1993, p.933) sugerem que o elemento "flexibilidade" é, sem dúvida, a mais importante característica que deve ser atribuída ao projeto da manufatura celular. Os autores sustentam, inclusive, que o desempenho em termos de performance é bem melhor naqueles sistemas, onde cada célula apresenta flexibilidade suficiente para acomodar um grande conjunto de produtos ou peças, diferentemente, portanto, das células projetadas sob a idéia de uma especificação restrita de tipos de produtos.

Na verdade, a manufatura celular constitui um modo de organização original, radicalmente diferente da fábrica funcional, apresentando, no entanto, alguns pontos comuns com o sistema em linha. Em um sistema de produção celular, a disposição dos postos de trabalho deve permitir a maior aproximação física possível entre o posto à jusante e o posto à montante, de modo que um mesmo operador possa efetuar várias operações diferentes, com um deslocamento mínimo de peças. A Figura 2.12 exemplifica o funcionamento de uma unidade produtiva de organização celular.



**FIGURA 2.12 - CONFIGURAÇÃO ORGANIZACIONAL DA CÉLULA DE PRODUÇÃO**

FONTE: Adaptado de Laverty e Demeestère (1990, p.174).

A abordagem da manufatura celular prescreve que um mesmo operador deve poder operar várias máquinas diferentes, funcionando simultâneo ou sucessivamente, ou seja, que o operador abasteça uma primeira máquina e, enquanto esta completa o processamento, ele descarregue, por exemplo, os produtos liberados por uma segunda máquina. Assim sendo, uma regra fundamental

que se impõe, é que o projeto de MC apresente uma adequada capacidade de flexibilidade, de modo a incorporar outros componentes, ou mesmo ser modificado, para incluir elementos adicionais na linha de produção. Na verdade, o objetivo é direcionar os esforços, de forma a interligar todas as células, em um grande sistema integrado de produção.

Em geral, a célula de produção apresenta um *lay-out* em forma de U, à fim de facilitar a intervenção consecutiva do operador sobre vários postos de trabalho, bem como economizar seus movimentos no interior da célula. Assim, uma das primeiras conseqüências dessa prática, é a redução das distâncias separando os postos de trabalho. Esta organização garante, portanto, um ganho substancial das áreas ocupadas na planta industrial, além de favorecer a flexibilidade buscada e a redução das operações de manutenção.

A descrição da produção celular apresentada por Laverty e Demeestère (1990, p.173-175), estabelece a definição da célula de manufatura como o reagrupamento dos meios de produção (técnicos e humanos), destinados à fabricação de um grupo de produtos (*focused facilities*), que apresentam as mesmas etapas de produção. Contrariamente ao ateliê funcional, o sistema celular apresenta uma justaposição do trabalho manual e do trabalho automatizado, impondo tecnologias diferentes e competências diversificadas.

Segundo os autores, a célula de produção constitui um conjunto homogêneo, caracterizado por um escoamento fluido de produtos, que pressupõe uma certa regularidade no volume dos fluxos. Considerando, porém, a natureza diversificada dos componentes que entram em uma célula, como peças compradas, matéria-prima, ou mesmo subconjuntos fabricados fora da unidade de produção, muitas vezes produzidos em sistemas diferentes e não-celulares, torna-se importante assegurar uma boa e otimizada gestão dos estoques.

Assim sendo, a célula de manufatura constitui uma fábrica em miniatura: ela recebe as matérias-primas e os componentes, e entrega os produtos acabados. Seus postos de trabalho são diretamente abastecidos por fornecedores externos, ou mesmo pelas outras unidades de produção. Ela executa também os serviços de apoio necessários, tais como manutenção, conservação, controle de qualidade, etc, anteriormente fornecidos pelas funções de apoio à produção.

De um modo geral, tanto máquinas convencionais, como máquinas mais modernas de base microeletrônica, têm sido utilizadas na montagem das células e, portanto, existem desde células que fazem uso intensivo de mão-de-obra, até células completamente robotizadas. Em muitos casos, as células estão equipadas com todos os equipamentos necessários aos processos de sua pertinência, o que facilita as trocas de ferramentas nos *set-up's*. Assim sendo, cada célula torna-se

uma unidade quase que auto-suficiente, funcionando como um conjunto de "mini-fábricas" dentro das fábricas.

A vastíssima literatura sobre os conceitos, características, projeto e configuração da manufatura celular, apresenta uma certa homogeneidade no que diz respeito aos benefícios decorrentes de sua implantação. Conforme os dados estimados de Wemmerlöv e Hyer (1989), Figura 2.13, esses benefícios, em termos de produtividade, são de maior grandeza em relação [1] à redução das paradas de máquina, decorrentes do "enxugamento" da variedade de itens com que as máquinas trabalham na MC e, [2] às reduções nos deslocamentos de materiais, resultantes da disposição dos postos de trabalho nas células, orientado à minimização dos movimentos intra-celulares.

PRINCIPAIS BENEFÍCIOS	MELHORIA RELATIVA MÉDIA - EM %
# Redução dos tempos de <i>set-up</i>	41
# Redução nos deslocamentos de materiais	21
# Redução do <i>lead-time</i> de produção	24
# Redução do nível de material em processo	19
# Redução da quantidade de ferramentas de produção	34
# Redução da área ocupada com a produção na planta	16
# Aumento na utilização da capacidade das máquinas	23
# Melhoria da qualidade	15

FIGURA 2.13 - BENEFÍCIOS DECORRENTES DA MANUFATURA CELULAR

FONTE: Wemmerlöv e Hyer (1989)

A implantação bem sucedida do sistema de manufatura celular, pode resultar em extraordinários ganhos à empresa. Entre os muitos benefícios atribuídos ao sistema celular, Jordan e Frazier (1993, p.70-71) consideram que a redução dos tempos de *set-up's* é, sem dúvida, a maior contribuição desse sistema. De fato, dos 16 benefícios atribuídos à MC<sup>2</sup>, listados na Figura 2.14, oito deles podem ser associados à redução do tempo de *set-up*. Nesse sentido, os autores assumem que, considerando o papel precursor da redução dos *set-up's* na consecução desses outros benefícios, este pode ser definido como o objetivo principal da formação e programação celular.

<sup>2</sup> A listagem apresentada por Jordan e Frazier (1990, p. 71), refere-se aos benefícios atribuídos à Manufatura Celular, no âmbito da literatura disponível. O autor registra especificamente os trabalhos de: Fry, T. D. e M. A. Breen, (1987, p. 4-6); Hollier R. H. (1980, p. 71-78); Hyer, N. L. (1984, p. 183-202); e Wemmerlöv, U. e Hyer, N. L. (1989, p. 1511-1530).

01 -	Redução dos tempos de <i>set-up's</i>
02 -	Diminuição do tamanho dos lotes
03 -	Redução dos tempos de espera
04 -	Redução do tempo de processamento
05 -	Redução dos estoques de trabalho em processo
06 -	Redução dos estoques de produtos acabados
07 -	Aumento de <i>output</i>
08 -	Redução do custo de mão-de-obra
09 -	Melhoramento do controle de qualidade
10 -	Redução dos desperdícios de material
11 -	Utilização otimizada do espaço de produção
12 -	Aumento no nível de satisfação, comunicação e moral das tarefas
13 -	Melhoria do controle de produção
14 -	Redução das ferramentas e das instalações de produção
15 -	Redução de sobras e de re-trabalhos
16 -	Simplificação do processo de planejamento

FIGURA 2.14 - OUTROS BENEFÍCIOS DA MANUFATURA CELULAR

FONTE: Jordan e Frazier (1993 p.71)

Assumindo a lógica de operação do sistema celular, as células de fabricação podem ser classificadas em duas grandes categorias: as células dirigidas e as células não-dirigidas.

[C.1] As células dirigidas são formadas por máquinas-ferramenta, do tipo convencional ou programável (comando numérico), com operadores de produção treinados e habilitados na fabricação de diferentes produtos, no âmbito da mesma célula. A eficiência dessa categoria de células é medida pela sua capacidade de ajustamento do número de operadores, de acordo com as necessidades de produção e os resultados desejados.

Segundo as observações de Monden (1983), o projeto das células dirigidas inclui as linhas em forma de U, para garantir maior flexibilidade de gerenciamento, uma vez que as tarefas atribuídas ao operador multifuncional, podem ser aumentadas e diminuídas, conforme o andamento da produção. Essas observações explicam a argumentação de Voss (1987), de que o papel das células dirigidas é exatamente revogar a Lei de Parkinson. O autor sustenta a idéia de que, sendo reduzidas as necessidades de produção da célula, o número de operadores é concomitantemente reduzido, uma vez que os operadores não podem expandir as tarefas, apenas para preencher o incremento de tempo disponível.

[c.2] As células não-dirigidas são formadas essencialmente por máquinas programáveis (de controle numérico), ou outros equipamentos automatizados, com pouquíssimos ou quase nenhum operador na célula. Estas células podem se apresentar em duas configurações diferentes: automatizada fixa e automatizada flexível.

As células automatizadas fixas são organizadas em linhas, círculos, ou ainda em forma de U, caracterizando-se pela produção de peças em lotes relativamente grandes. Essas células possuem uma correia-transportadora, que localiza as peças e as transporta até a estação de máquinas, sendo que a linha é programada para que as peças gastem a mesma soma de tempo, em cada estação. Normalmente o volume de peças é muito grande e a variedade bastante pequena, de modo que essas células não são muito flexíveis.

As células automatizadas flexíveis se apresentam em duas configurações: a célula robótica e o sistema flexível de manufatura (FMS). A célula robótica possui poucas máquinas e é tipicamente projetada de forma circular, de modo que um robot possa carregar e descarregar as máquinas, assim como mudar seus equipamentos, quando necessário. O FMS, por sua vez, é geralmente organizado de forma retangular, com máquinas programáveis e uma correia-transportadora controlada por computador, para transportar as peças entre as máquinas. Permite a introdução de peças no sistema, em qualquer ordem, e trabalha com uma família de peças-componentes de pequenos lotes.

## 2.6 - MANUFATURA INTEGRADA POR COMPUTADOR – CIM

O avanço das pressões competitivas no ambiente da produção industrial suscitaram a descoberta de tecnologias e métodos modernos de manufatura, conforme indicam as seções precedentes. Entre essas inovações no mundo da manufatura, duas estratégias dominantes têm emergido: o sistema de manufatura *just-in-time* (JIT) e a abordagem da manufatura integrada por computador (CIM).

Uma exposição sobre a concepção, implementação e desempenho dos sistemas CIM, impõe necessariamente uma cuidadosa leitura da escassa bibliografia disponível, como forma de evitar as freqüentes confusões de conceitos e técnicas que normalmente são endereçadas ao assunto. Desse modo, uma definição dos sistemas CIM pressupõe a articulação obrigatória e *à priori* de três

elementos básicos desses sistemas: os serviços de informação computacional, os mecanismos de integração das atividades operacionais e, por último, as tecnologias avançadas de produção.

Nesse sentido, Vail (1992) apud Johnson e LaBarre (1993) descreve o CIM como sendo uma filosofia gerencial. De acordo com suas observações, todas as técnicas, os *hardwares*, os componentes, as estruturas de dados, a programação e todos os outros equipamentos utilizados em um ambiente CIM, estão baseados em tecnologias já conhecidas e estabelecidas, não existindo nada de revolucionário que possa ser encontrado nesse sistema. A partir destas considerações, o sistema CIM é tratado muito mais como uma filosofia de gerenciamento operacional, que integra as atividades organizacionais em sua totalidade, do que mesmo como um conceito meramente tecnológico.

Duimering et al. (1993) apresentam o CIM como um sistema que utiliza mecanismos de informação computacional, com o objetivo de integrar ilhas de automação e ilhas de informação, bem como tecnologias de produção flexível e avançada, através do sistema organizacional de manufatura. Os autores sustentam que existe bastante similaridade entre os objetivos do CIM e os do JIT, principalmente no que diz respeito aos benefícios esperados de cada um destes sistemas.

Conforme argumentação desenvolvida através de trabalho recente<sup>3</sup>, no qual são feitas algumas comparações entre os dois sistemas, o CIM apresenta características bastantes específicas do seu modo de operação. Essas características podem ser descritas resumidamente em dois pontos, como segue:

— O sistema CIM permite a integração completa da organização, utilizando processos específicos de automatização dos fluxos de informações. Os autores argumentam que essa automatização ocorre tanto sobre os dados relacionados com os processos operacionais, como àqueles concernentes às funções organizacionais (ilhas de automação). Visando obter esta integração de atividades e funções correlatas, o sistema utiliza maciçamente as tecnologias avançadas de produção, mais precisamente os equipamentos robóticos e as máquinas de comando numérico.

— O sistema CIM utiliza um conceito bem mais amplo de redução dos tempos operacionais, incluindo não apenas o tempo de processamento da produção, mas também o tempo de elaboração das atividades gerenciais e administrativas. Esse último diz respeito aos tempos de processamento das ordens de fabricação, de

<sup>3</sup> Os autores apresentaram uma versão anterior deste paper durante o Eighth International Conference on CAD / CAM Robotics and Factories of the Future. Para maior detalhamento de dados, ver: "Future Factories and Today's Organizations", *Proceedings of the Eighth International Conference on CAD / CAM Robotics and Factories of the Future*, Metz, France, 17-19 August 1992 (Amsterdam: Elsevier, 1992).

desenvolvimento do produto, etc. O uso de tecnologias de informação computacional, que transmite informações instantâneas para o sistema, por exemplo, permite uma redução drástica desses tempos.

Analisando os aspectos estratégicos do CIM, Cunha (1989) sugere que este conceito designa um sistema computacional, que coordena um fluxo de informações voltado para o planejamento, controle, organização e execução do processo produtivo. Este fluxo de informações, por sua vez, constitui um vetor de dados à disposição do usuário (máquina ou operador humano) no momento necessário, apoiando dessa forma, o processo de integração das atividades organizacionais.

Do ponto de vista de seus elementos estruturais, o CIM é definido por Aguiar et al. (1989), apud Cunha (1989) como sendo a integração logística, informacional e técnica de todas as áreas de uma organização industrial, desde o pedido de vendas até a entrega do produto. Para atender à esta proposição de objetivos, o CIM é estruturado a partir de um conjunto de recursos computacionais, os quais podem ser definidos sucintamente de acordo com o esquema da Figura 2.15.

**RC.1 - CAD/COMPUTER AIDED  
DESIGN**

Projeto Auxiliado por Computador - Trata-se de um sistema que permite, através de suas facilidades de *hardware* e *software*, auxiliar o processo de projeto nos aspectos de concepção, análise, dimensionamento, validação, representação final, simulação e testes.

**RC.2 - CAM/COMPUTER AIDED  
MANUFACTURING**

Manufatura Auxiliada por Computador - É um sistema baseado em máquinas de controle numérico, comandadas por computador (CNC). O sistema é bastante utilizado no monitoramento das funções de produção, manipulação, transporte e armazenagem.

**RC.3 - CIPM/COMPUTER  
INTEGRATED PRODUCTION  
MANAGEMENT SYSTEMS**

Sistemas de Gerenciamento da Produção Integrados por Computador - Corresponde à um sistema computacional que permite atribuir características de mobilidade e flexibilidade às funções tradicionais do PCP. Essa atribuição ocorre através da introdução de controles na linha de produção, bem como através das técnicas do MRP.

**RC.4 - CAPP/COMPUTER AIDED  
PROCESS PLANNING**

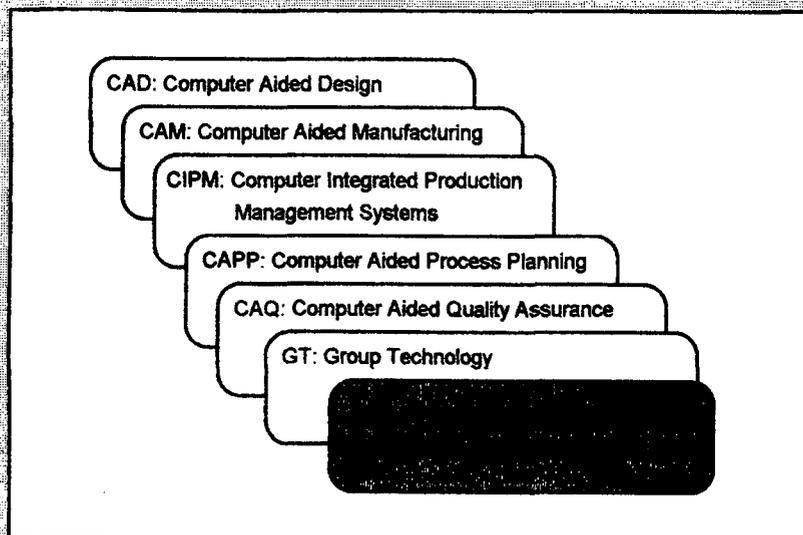
Planejamento do Processo Auxiliado por Computador - Refere-se ao sistema que trata do planejamento computacional das atividades inerentes ao processo produtivo e à sua seqüência, da escolha dos métodos de fabricação e montagem, bem como do tratamento dos dados para o controle das atividades de um sistema CAM.

**RC.5 - GT/GROUP TECHNOLOGY**

Tecnologia de Grupo - É um sistema que procura reunir peças ou subconjuntos semelhantes à serem produzidos, através de uma classificação que considera características geométricas e processos de fabricação.

**RC.6 - CAQ/COMPUTER AIDED  
QUALITY ASSURANCE**

Garantia da Qualidade Auxiliada por Computador - Trata-se de um sistema computacional orientado para o planejamento e a execução do controle de qualidade, a partir de informações geradas pelos sistemas CAD, CAM e CAP.



**FIGURA 2.15 - ELEMENTOS ESTRUTURAIS DO SISTEMA CIM**

FONTE: Dados da pesquisa realizada

Segundo as considerações apresentadas por Cziulik e Rosa (1988), todos

esses recursos estão integrados entre si e trabalham em torno de uma mesma base de dados, de modo que há uma modificação em curso em relação ao conceito de CIM. Conforme os autores, começa a haver uma percepção de que a indústria não precisará de todas estas peças, para chegar à integração da manufatura. Nesse sentido, consideram que o conceito moderno de CIM passa a ser um conceito funcional, onde a integração global da manufatura precisa ser entendida como um objetivo, que consiste em fazer a organização trabalhar como um conjunto harmônico e eficiente, com alta velocidade de resposta às demandas do mercado onde atua.

Normalmente, a implantação de um sistema CIM ocorre de forma gradual, conforme os interesses e condições da organização proponente. A literatura disponível sugere uma metodologia de implantação modular do sistema, onde os diversos recursos ou elementos, tais como o CAD, o CAM, o CIPM, entre outros, vão sendo instalados gradualmente pela companhia, até que se organize as condições necessárias para a instalação completa do CIM. Conforme explicita Cunha (1989), a implantação de sistemas CIM impõe o atendimento de algumas condições, as quais tanto podem ser de natureza técnica, quanto de ordem organizacional. Estas condições estão ilustradas na Figura 2.16.

CONDIÇÕES TÉCNICAS	CONDIÇÕES ORGANIZACIONAIS
⇒ Disponibilidade de um <i>software</i> adequado;	⇒ Concepção de uma estrutura organizacional compatível com as necessidades do sistema CIM;
⇒ Disponibilidade de um dispositivo economicamente viável, para o armazenamento de dados;	⇒ Concepção de um processo de produção que seja favorável à implantação do CIM;
⇒ Possibilidade de transferência de dados, entre diferentes lugares do trabalho;	⇒ Aceitação do sistema CIM por parte dos operários e da gerência;
⇒ Condições fáceis de uso.	⇒ Disponibilidade de pessoal qualificado.

FIGURA 2.16 - CONDIÇÕES PARA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA CIM  
FONTE: CUNHA (1989)

As vantagens decorrentes da implantação do sistema CIM são largamente conhecidas. De um modo geral, essas vantagens podem ser descritas como segue:

- V1** Diminuição dos estoques, como consequência de uma melhor comunicação com os clientes, com outras unidades produtoras e dentro da própria fábrica;
- V2** Redução do chão de fábrica necessário, devido à diminuição dos estoques de matérias-primas, produtos em processo e produtos acabados;
- V3** Definição de um controle permanente de qualidade;
- V4** Aumento da capacidade de adaptação e ajustamento ao mercado, em função do menor tempo de preparação dos pedidos, do pequeno lote de produção e da relativa flexibilidade do sistema de manufatura;
- V5** Redução do tempo de produção, devido a integração das diversas etapas do processo produtivo;
- V6** Sinergia e aprendizado pelo contato com novas tecnologias.

## **2.7 - SISTEMAS FLEXÍVEIS DE MANUFATURA – FMS**

Os novos padrões e atributos da competitividade, determinam que os sistemas de manufatura produzam de acordo com as conformidades e exigências do cliente, atendendo indicadores crescentes de produtividade. Neste sentido, o conceito de manufatura flexível se apresenta como uma resposta adequada à esse problema, particularmente quando a organização trabalha em um ambiente de produção de baixo ou médio volume, conforme explicita Nagarur (1992, p.799).

Uma definição geral dos sistemas flexíveis, apresentada por Byrnett et al. (1988 p.15), estabelece que um Sistema de Manufatura Flexível (FMS) é um sistema de produção, formado por grupos de máquinas numericamente controladas (centros de máquinas), além de um mecanismo para processamento de material, os quais operam juntos, de acordo com um computador central.

Considerando a capacidade ou o desempenho de um FMS típico, Kaltwasser et al. (1986, p.38) sustentam a idéia de que os Sistemas de Manufatura Flexível são sistemas de produção altamente automatizados, capacitados a produzir uma grande variedade de diferentes peças / produtos, usando o mesmo equipamento e o mesmo sistema de controle.

A literatura especializada apresenta um emaranhado de definições e abordagens conceituais acerca dos FMS's. Muitos desses conceitos são apresentados através de terminologias diferentes, impondo uma certa confusão

conceitual sobre a definição da manufatura flexível. Em função das diversas configurações que esses sistemas podem assumir, a literatura apresenta também diferentes categorias ou tipos de FMS's, conforme a visão atribuída por cada autor.

A partir de um estudo detalhado da ampla literatura disponível, MacCarthy e Liu (1993) propuseram uma classificação dos FMS's, levando em consideração diferentes fatores de *design*, tais como, configuração operacional, capacidade, níveis de flexibilidade, automatização-robotização, níveis de controle, etc. O esquema de classificação dos autores é decorrente da análise das diversas definições propostas, e constitui uma excelente sistematização dos conceitos disponíveis sobre a manufatura flexível. A Figura 2.17 apresenta um extrato do rastreamento conceitual realizado pelos autores, no exercício de formulação do modelo classificatório.

AUTOR (ES)	REVISTA N°	PÁGINAS	CSP <sup>1</sup>	SPM <sup>2</sup>	DENOMINAÇÃO NO ARTIGO	TIPO DE FMS
Ishii and Talavage	12.91	2501-2520	04	3 AGV's*	FMS	MMFMS
Chen and Chung	11.91	2209-2225	06	Ilimitado	FMS	MMFMS
Mukhopadhyay et al.	10.91	2003-2024	04	2 AGV's	FMS	MMFMS
Mewman et al.	10.91	2117-2133	06	36 Carretas	FMS	MMFMS
Ohashi and Hitomi	08.91	1603-1613	01	Trocadores Automáticos	Célula de Máquina Flexível	SFM
Lee and Iwata	07.91	1309-1323	04	1 AGV	FMS	FMC
Cariapa	05.91	1069-1079	04	1 Robot	FMS	FMC
Mellichamp et al.	11.90	2013-2024	06	1 Robot e 1 Correla	FMS	MCFMS
Mahadevan and Narendran	09.90	1611-1622	06	3 AGV's	FMS	MMFMS
Garetti et al.	07.90	1271-1292	06	2 AGV's	FMS	MMFMS
Montazeri and Van Wassenhove	04.90	785 - 802	05	3 Carregadores	FMS	MMFMS
Elsayed and Kao	03.90	489 - 501	05	1 Sistema Células completo	Sistema de produ ção Flow Shop	MCFMS
Ro and Kim	01.90	47 - 63	4	2 AGV's	FMS	MMFMS

FIGURA 2.17 - DESCRIÇÃO DOS FMS's NOS VOLUMES 28 E 29 DE "INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH"

FONTE: Adaptado de MacCarthy e Liu (1993, p.305).

**CSP<sup>1</sup>** Configuração do sistema de processamento, em termos de número de máquinas e/ou células;

**SPM<sup>2</sup>** Natureza ou tipo do sistema para processamento dos materiais empregado;

**AGV's\*** Veículos automatizados de transporte.

Segundo a abordagem apresentada pelos mesmos, de um modo geral, a configuração de um FMS deve apresentar os três seguintes subsistemas:

[1] **UM SISTEMA DE PROCESSAMENTO**, formado a partir de um grupo de máquinas de comando numérico (NC) ou máquinas de comando numérico computadorizado (CNC), com capacidade para troca de equipamentos. Esses elementos capacitam o FMS a processar, ao mesmo tempo, diferentes tipos de produtos, atribuindo-lhe flexibilidade de peça.

[2] **UM SISTEMA PARA PROCESSAMENTO E ARMAZENAMENTO DE MATERIAL**, destinado à provisão e gerenciamento do material, a partir de equipamentos robotizados e/ou automatizados. Através desses elementos, o sistema adquire flexibilidade de movimentação.

[3] **UM SISTEMA DE CONTROLE COMPUTADORIZADO**, encarregado de efetuar o controle operacional do conjunto do sistema.

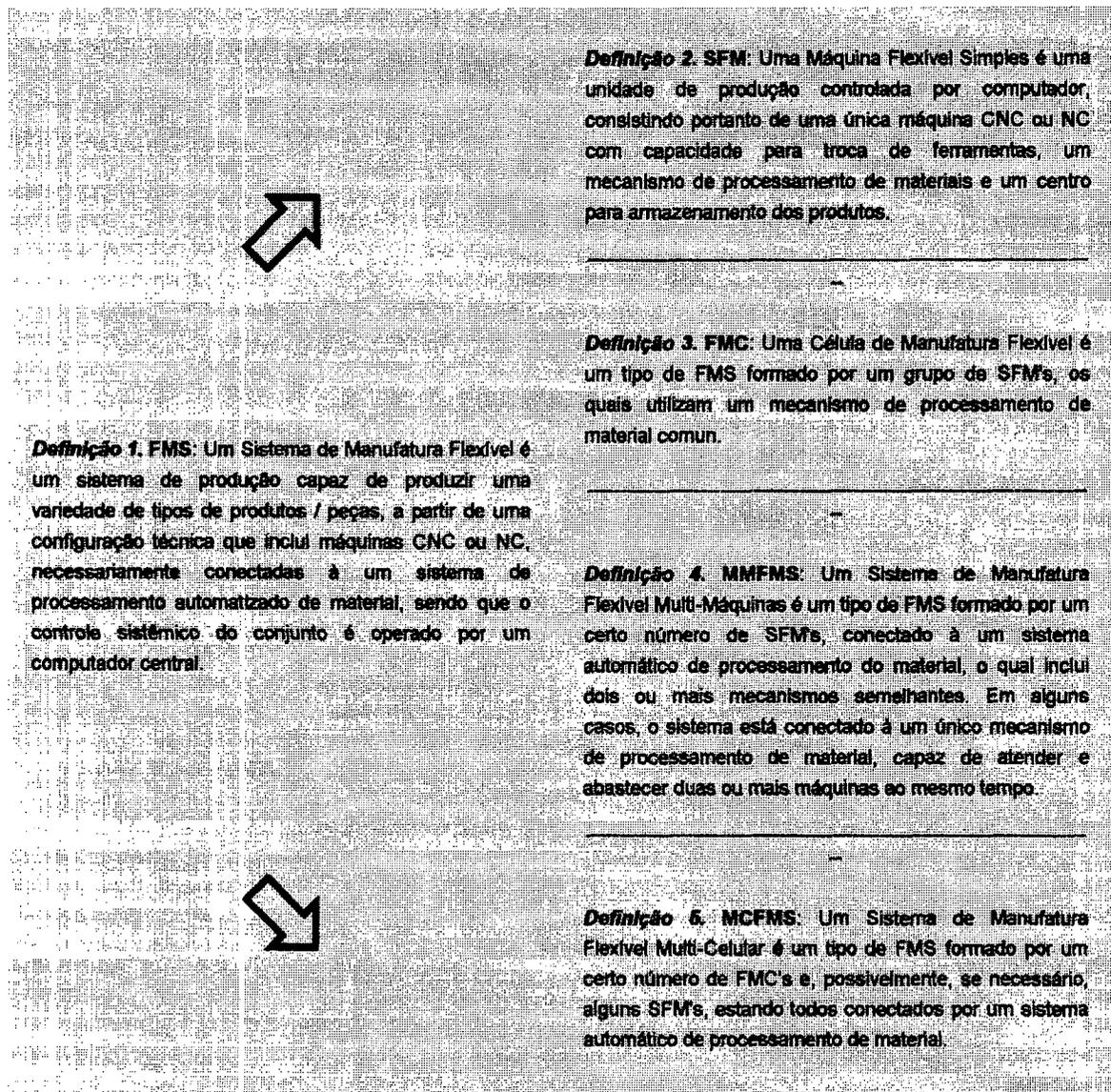
Os três elementos apresentados pelos autores, constituem a base de definição conceitual de um FMS. Assumindo portanto esta base conceitual e, considerando a diversidade dos tipos e categorias de sistemas flexíveis, os autores propõem uma classificação desses sistemas em quatro grupos de configurações, a saber:

- A - Máquina Flexível Simples - SFM;
- B - Célula Flexível de Manufatura - FMC;
- C - Sistema de Manufatura Flexível Multi-Máquina - MMFMS;
- D - Sistema de Manufatura Flexível Multi-Célula - MCFMS.

Esta classificação permite estabelecer um parâmetro padrão para a compreensão da manufatura flexível, definindo os elementos que são comuns aos diversos tipos e/ou configurações de sistemas flexíveis. Ela também pode ser útil para melhor analisar e gerenciar os problemas apresentados, no âmbito da manufatura flexível. A sinopse apresentada na Figura 2.18, ilustra a definição de cada um desses sistemas, tomando o FMS como o eixo conceitual de todas as outras categorias de manufatura flexível.

A partir das definições apresentadas na sinopse acima, observa-se que os sistemas flexíveis podem assumir diferentes configurações. As categorias FMC e MMFMS, por exemplo, contêm e são formadas, cada uma delas, por mais de um sistema SFM. Elas são distintas, no entanto, em relação às características de seus sistemas para processamento de material. No caso do FMC, em particular, existe apenas um mecanismo dessa natureza, que atende por sua vez a todas as máquinas na célula. Contrariamente, os MMFMS's são equipados com mais de um

mecanismo desses, de modo que duas ou mais máquinas possam ser servidas ao mesmo tempo.



**FIGURA 2.18 - CLASSIFICAÇÃO E DEFINIÇÃO CONCEITUAL DOS SISTEMAS DE MANUFATURA FLEXÍVEL**

FONTE: Adaptado de MacCarthy e Liu (1993, p.302)

É importante observar ainda, que todas as quatro categorias de sistemas apresentados nessa classificação, satisfazem igualmente a definição fundamental de um FMS, ou seja, todos eles estão configurados para produzir uma determinada variedade de tipos de produtos, são igualmente controlados por computador, incorporam um mecanismo de processamento de material e apresentam um sistema técnico baseado em uma ou mais máquinas CNC ou NC. As duas primeiras

condições não aparecem explicitamente nas definições 3 e 5, porque o emprego do termo FMS nesses conceitos, traduz exatamente essas condições.

O entendimento dessas considerações estabelece que o SFM é um tipo simplificado da configuração FMS, podendo ser usado como um componente na construção de configurações mais complexas. Nesta mesma linha de análise, o MCFMS pode ser definido como a configuração de forma mais geral, entre os quatro tipos de FMS apresentados. As características e especificidades do sistema para processamento de material, apontadas nas definições dos autores (ver Figura 2.18), constituem importantes elementos na diferenciação das diversas configurações de FMS, especialmente em relação às configurações FMC e MMFMS.

Considerações mais detalhadas sobre as configurações de manufatura flexível, permitem observar ainda as interrelações e limites entre essas quatro tipologias, conforme indica o diagrama esquematizado na Figura 2.19.

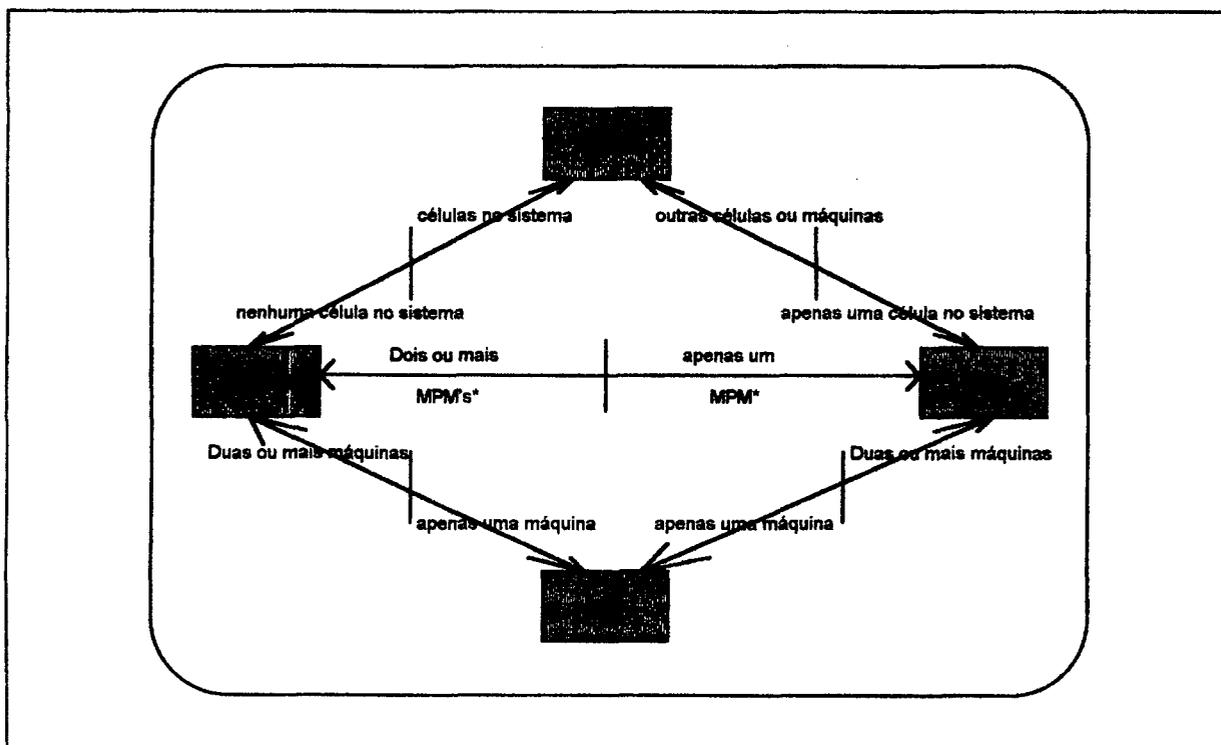


FIGURA 2.19 - CONFIGURAÇÕES DE FMS's E SUAS INTERRELAÇÕES

FONTE: Adaptado de MacCarthy e Liu (1993, p.304).

(\*) MPM - Mecanismo para Processamento de Material

Em um sentido mais amplo, é possível considerar as configurações SFM, FMC e MMFMS, como casos especiais da configuração geral MCFMS. Neste

aspecto, um MMFMS seria um tipo especial de MCFMS, comportando apenas uma máquina em cada célula do sistema. Uma vez requerendo apenas uma máquina no sistema, essa estrutura se caracterizaria assim como um caso específico de SFM.

Similarmente, um sistema FMC poderia igualmente caracterizar um caso especial de MCFMS, nas situações em que essa configuração comportasse uma célula de máquinas no sistema. Neste caso, no entanto, não haveria o sistema para processamento de material que faz a interligação entre as células (porquanto teria apenas uma célula no sistema), mas apenas um mecanismo desses dentro da própria célula. Novamente, considerando que existisse apenas uma máquina na célula, esse sistema se caracterizaria como um SFM.

No entanto, assumindo os limites claramente estabelecidos entre os diferentes tipos de sistemas, as configurações MMFMS e FMC, por exemplo, não podem ser mencionadas como estruturas de MCFMS, assim como a configuração SFM não pode ser tratada como uma estrutura MMFMS ou FMC. Todas esses sistemas porém, poderiam ser mencionados como configurações do tipo FMS.

Um importante elemento na configuração dos FMS's é, sem dúvida, a flexibilidade inerente ao sistema produtivo. Segundo Kochikar e Narendran (1992, p.2873), a componente "flexibilidade" é a *peça de resistência* do FMS, de modo que o valor estratégico da manufatura flexível deriva, justamente, de sua intrínseca capacidade de flexibilidade, isto é, a possibilidade de responder rápido e efetivamente às mudanças ambientais – como variações na demanda, mudanças nas especificações do produto e modificações na qualidade dos insumos –, assim como às situações dinâmicas inerentes ao sistema produtivo, como os gargalos e os colapsos das máquinas.

Entre os diversos modelos que tratam da avaliação e das medidas de flexibilidade, parece haver um consenso de que um importante passo no entendimento conceitual da flexibilidade, é justamente definir que tipo de flexibilidade se quer incorporar ao sistema produtivo. Em geral, são apresentados diversos tipos de flexibilidade, que podem (ou não) ser agregados ao sistema flexível. Os principais tipos de flexibilidade definidos na literatura são:

[F1] **FLEXIBILIDADE AO NÍVEL DA MÁQUINA**, definida como a habilidade de uma máquina ou estação de trabalho, para desempenhar diversas operações, de forma eficiente.

[F2] **FLEXIBILIDADE AO NÍVEL DE ROTEIRO**, definida como a habilidade do sistema para produzir produtos, através de uma variedade de diferentes sequências de operações.

[F3] **FLEXIBILIDADE DO MIX DE PRODUTOS**, definida como a capacidade da planta produtiva, para produzir uma variedade simultânea de produtos, e seus relativos volumes de produção.

O estudo de Farhoomand et al. (1990, p.228) realça a importância de se incluir os elementos de flexibilidade, tanto no projeto, como nos procedimentos de gerenciamento dos FMS's. O mesmo estudo mostra que, ao analisar a implementação da automação flexível, os gerentes industriais consideram que o melhoramento obtido em flexibilidade, é muito mais significativo do que mesmo os aspectos de custos. Definir e quantificar os benefícios da flexibilidade, têm impulsionado um considerável interesse de pesquisa, conforme pode ser constatado na literatura especializada.

Na tentativa de aumentar a produtividade, muitas organizações têm aderido aos sistemas de manufatura flexível. Entretanto, ao tratar dos benefícios obtidos com a implementação desses sistemas, a literatura disponível tem demonstrado uma certa dificuldade, assumindo que o número de instalações de FMS's "com história", é ainda relativamente curto, conforme observam Das e Nagendra (1993, p.2337).

Os autores prescrevem também que, além da diversidade tecnológica em termos de FMS's, que dificulta estimar a generalidade dos resultados relatados, existe ainda o fato de que a grande parte dos artigos sobre essas implementações, tendem à ser escritos sob uma orientação de "história bem sucedida". Nesta mesma orientação, o trabalho de Adler (1988, p.34) sugere que grande parte dos FMS's, é utilizada simplesmente como instalações de automação de alta velocidade, limitada apenas à incorporação dos componentes de flexibilidade, indicando que, muitas vezes, os benefícios da automação são confundidos com aqueles relativos à flexibilidade.

Entre os benefícios potenciais atribuídos aos FMS's, apontados por Aly e Subramaniam (1993, p.2257), destacam-se a capacidade desses sistemas para operar com equipamentos de alta tecnologia, o reduzido tempo de produção requerido pelo sistema, a garantia de obtenção de uma melhor qualidade dos produtos, além de respostas rápidas às mudanças do mercado. Os autores destacam, no entanto, que nem sempre é possível obter tais benefícios com a implementação da manufatura flexível. Para uma implementação bem sucedida, acompanhada da conseqüente obtenção desses potenciais benefícios, é necessário definir uma eficiente metodologia de planejamento, assim como planos de controle para todos os níveis de operação do sistema.

## 2.8 - OS SISTEMAS DE PRODUÇÃO COM CONTROLE KANBAN

O desenvolvimento do conceito de "produção puxada", no âmbito da filosofia *just-in-time* de manufatura, pressupõe a definição de técnicas e mecanismos de controle da produção, conforme explicita a seção 2.4 deste capítulo. Nesse contexto de acepções modernas sobre os sistemas de produção, o sistema kanban apresenta igualmente uma particular importância, decorrente dos princípios e características que ele assume.

Na linguagem japonesa, o termo "kanban" designa elementos de expressão visual, tais como cartão, ticket, placa, etc. Na abordagem gerencial dos sistemas de produção, o termo designa um sistema para autorizar a operacionalização da produção, assim como a redução dos estoques intermediários e final, através da utilização de sinais que informam, por exemplo, que a operação "B" está pronta para receber o trabalho processado na operação "A".

Na literatura especializada, é bastante comum confundir-se o sistema kanban de gestão dos fluxos, com o sistema *just-in-time* de produção. Conforme esclarece Giard (1988, p.620), o kanban é um modo de gestão descentralizada dos fluxos de informação e dos fluxos de produção, constituindo portanto um dos componentes do *just-in-time*.

Descrevendo o sistema kanban, Crouhy e Greif (1991) explicam que, inicialmente, este método foi desenvolvido junto à indústria automobilística (precisamente junto à Toyota japonesa), mas que atualmente o sistema tem sido espetacularmente desenvolvido no Ocidente, em diversos outros setores industriais. De acordo com a descrição apresentada pelos autores, o sistema kanban repousa sobre três regras fundamentais, definidas como segue:

[R1] **Um kanban para cada contentor** - Os produtos são estocados em contentores padronizados, de modo que um cartão kanban corresponde à uma quantidade precisa de produtos. Assim, o contentor é a unidade elementar de pilotagem do fluxo, sendo que o cartão kanban representa o equivalente à uma ordem de fabricação, em um sistema tradicional.

[R2] **Não produzir nunca sem um kanban aberto** - O cartão kanban autoriza o processamento das operações de produção, de modo que ele se encontra permanentemente em circulação entre o posto à montante e o posto à jusante do

processo produtivo. É o cartão kanban que faz fluir o fluxo físico através do contentor, bem como o monitoramento do fluxo de informações, em sentido inverso.

⇒ AO POSTO À MONTANTE, O KANBAN É UTILIZADO COMO ORDEM DE FABRICAÇÃO (A).

⇒ UMA VEZ QUE O CONTENTOR ESTÁ CHEIO, O KANBAN O ACOMPANHA ATÉ O POSTO À JUSANTE (B).

⇒ OS CONTENTORES SÃO COLOCADOS EM ESPERA, PERTO DO POSTO À JUSANTE. O OPERADOR UTILIZA OS PRODUTOS E, QUANDO O CONTENTOR É ESVAZIADO, ELE RETORNA O KANBAN AO POSTO À MONTANTE.

**[R3] A prioridade de produção é dada à referência cujo kanban está mais próximo do sinalizador** - Um posto à montante recebe momentaneamente os kanbans de várias referências, posicionando-os em colunas, sobre um quadro, ou seja, exatamente igual à um fornecedor que possui os pedidos em talão, e os trata de acordo com sua relativa urgência.

Em função da diversidade de conceitos e características encontrados na literatura, uma grande lista de elementos caracterizadores do sistema kanban pode ser efetuada. De conformidade com os mesmos autores e, assumindo igualmente as considerações apresentadas por Boyst e Belt (1992, p.34-35), pode-se resumir essas características em três grupos, como segue:

**[C1] REATIVIDADE DO FLUXO À MONTANTE** - O sistema kanban procura reduzir o tamanho do lote, permitindo a circulação de um fluxo rápido e contínuo. Esta aceleração do fluxo é obtida a partir [1] da rapidez de circulação da informação, uma vez que as formalidades administrativas são consideravelmente reduzidas, permitindo assim o retorno imediato do kanban, de modo que o fornecedor conhece periodicamente tanto o estoque de seu cliente, como o seu ritmo de consumo e [2] pela flexibilidade do posto fornecedor, que é capaz de passar rapidamente de uma referência à outra.

**[C2] REGULARIDADE DO FLUXO À JUSANTE** - O funcionamento do kanban pressupõe que o fluxo à sua jusante seja regular, ou seja, que haja uniformidade e ajustamento da demanda.

**[C3] PROGRESSIVIDADE PERMANENTE DO FLUXO** - O método kanban requer que cliente (posto à jusante) e fornecedor (posto à montante) estejam estreitamente ligados através do fluxo físico e do fluxo de informações, de modo que haja um melhoramento permanente na diminuição dos prazos, na redução do tamanho dos

lotes, nos níveis de qualidade, etc. Portanto, a progressividade está implícita na lógica do kanban, sendo diretamente colocada sob a responsabilidade daqueles que realizam a produção.

Na prática, segundo observam Bounine e Suzaki (1989, p.115), utiliza-se normalmente duas categorias de kanbans, quais sejam os "kanbans de produção" e os "kanbans de transferência".

Os **kanbans de produção** servem para transmitir as ordens de fabricação de um posto de trabalho à outro. Trata-se, portanto, do cartão que autoriza a fabricação do componente, da peça ou do produto, contendo seu respectivo número ou código de classificação, denominação, etapa operacional, procedimento e todos os outros elementos e especificações, necessários à elaboração do produto.

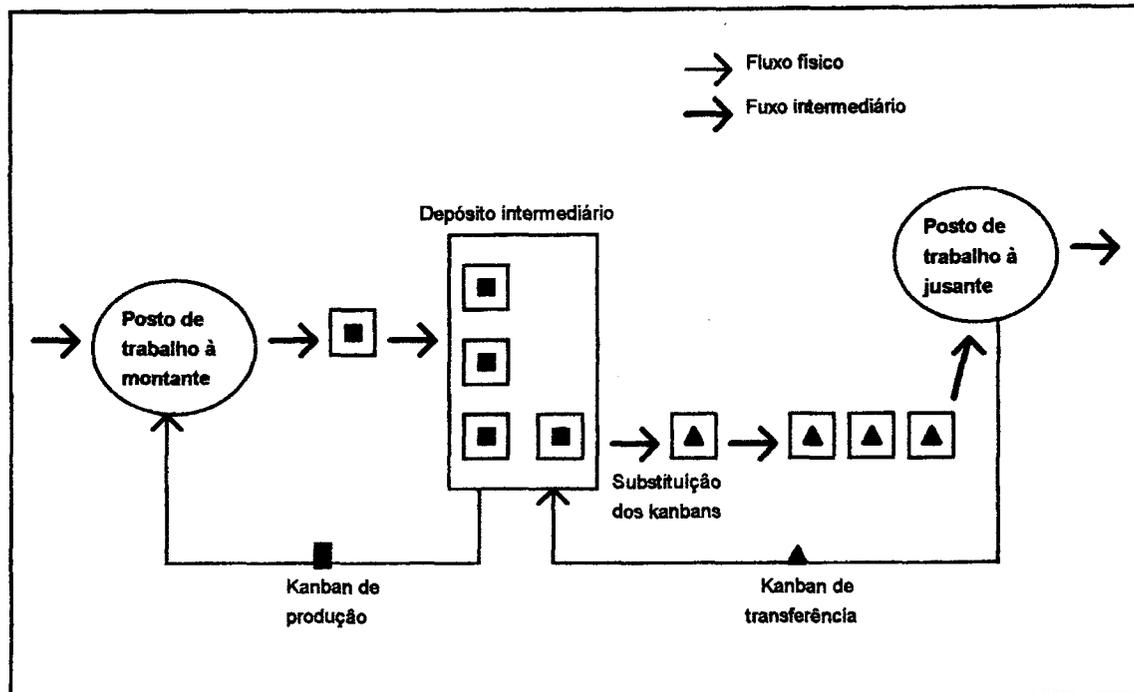
Os **kanbans de transferência** autorizam os deslocamentos dos sub-componentes ou dos produtos, aos seus respectivos fornecedores. Contêm igualmente as informações e especificações necessárias à sua identificação.

Os sistemas que utilizam essas duas categorias de cartões, são denominados "sistemas kanban de duplo cartão", cujo funcionamento está ilustrado na Figura 2.20.

Apesar de serem encontrados em menor escala, existem também os "sistemas kanban de um único cartão", onde o mesmo cartão serve tanto como ordem de fabricação, para o posto à montante, como de ordem de transferência, em relação ao posto à jusante.

Uma descrição do funcionamento geral de um sistema kanban é apresentada por Nollet et al. (1986, p.707-711), com base nos modelos japoneses de operações kanban. Em termos gerais, para cada peça, componente ou produto, se define um tipo específico de contentor, previsto para conter um número pré-determinado de conjuntos de unidades. Para cada contentor, se dispõe igualmente de dois cartões kanbans (um kanban de produção e um kanban de transferência), sobre os quais se registra os dados e especificações necessários ao processamento das operações.

Segundo os autores, o número de contentores e, por conseguinte, o número de kanbans (de produção e de transferência), deve ser estabelecido pelos responsáveis das operações. Este número determina, por sua vez, a taxa de produção e de estoque requeridos. Apesar da tendência ao ambiente de estoque zero, o estoque kanban não é nunca realmente igual a zero, mas constitui, na verdade, uma massa média de estoque mínimo normalmente equivalente à 10% da produção diária.



**FIGURA 2.20 - MECANISMO OPERACIONAL DO SISTEMA KANBAN DE DUPLO CARTÃO**

FONTE: Adaptado de Crouhy e Greif (1991, p.193)

NOTA: No depósito intermediário, ocorre a substituição do kanban de transferência pelo kanban de produção. Este último retorna em seguida ao posto à montante.

A literatura especializada apresenta uma série de modelos, fórmulas e equações matemáticas, com o objetivo de orientar a determinação do número adequado de kanbans, num processo produtivo. Assumindo que esta preocupação não se inclui nos objetivos deste trabalho, apresenta-se, de modo apenas ilustrativo, a equação proposta por Monden (1981), como unidade de medida do número de kanbans. Ressalta-se porém, que esta é apenas uma alternativa, entre as diversas possibilidades sugeridas pela literatura corrente.

$$K = (UD + V) / C$$

Onde:

- K = Número adequado de kanbans;
- U = Demanda unitária ou número de unidades à produzir por unidade de tempo;
- D = Prazo de fabricação, ou seja, tempo de operação + tempo de espera + tempo de transferência entre as operações;
- C = Capacidade nominal de um contentor;

V = Variável estabelecida pelos responsáveis de produção (não excedente à 10% de UD), idealmente igual a zero. Esta variável permite um mínimo de estoques de produtos disponíveis.

É bastante comum verificar uma certa associação entre o problema de definição do número adequado de kanbans, e a questão do nível de desempenho do sistema controlado por kanban. De acordo com Berkley (1994, p.93), a determinação de um nível mínimo de desempenho para o sistema, constitui um problema que antecede à questão do número de kanbans.

O autor considera que o problema gerencial é justamente determinar o nível mínimo de desempenho para cada posto ou estação de trabalho, de modo a se obter a taxa de produção desejada para a linha operacional. A partir daí, caberá ao supervisor do posto de trabalho verificar o número de cartões necessários à consecução desta taxa de produção. Considerando a flexibilidade inerente ao sistema de produção, esse número de kanbans será sempre uma função do nível de desempenho desejado.

O autor sustenta, ainda, que o sistema kanban cria incentivos para a redução dos estoques, assim como do *lead time* de produção, atribuindo aos supervisores das linhas a autoridade para a definição do número de kanbans, bem como a responsabilidade pelos níveis de estoque. De um modo geral, a literatura corrente apresenta um certo consenso sobre os benefícios decorrentes do sistema kanban, conforme explicita a Figura 2.21.

B.01	Redução dos desperdícios, fora e dentro do chão de fábrica;
B.02	Melhoria do nível de controle da fábrica, pela descentralização e simplificação dos processos operacionais; Redução do tempo de duração do processo ( <i>lead-time</i> );
B.03	Aumento da capacidade reativa da empresa (resposta aos clientes);
B.04	Elevação do nível de participação e engajamento das pessoas, através da descentralização do processo decisório;
B.05	Ajustamento dos estoques à flutuação regular da demanda;
B.06	Redução dos estoques de produtos-em-processo;
B.07	Diminuição do tamanho dos lotes de produção;
B.08	Eliminação dos estoques intermediários e de segurança;
B.09	Sistematização e aperfeiçoamento do fluxo de informações, assim como dos mecanismos de comunicação entre o pessoal de produção;
B.10	Integração do controle de produção nos demais mecanismos de flexibilidade da empresa;
B.11	Major facilidade na programação da produção.
B.12	

FIGURA 2.21 - BENEFÍCIOS ATRIBUÍDOS AOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO COM CONTROLE KANBAN

A operacionalização adequada de um sistema de produção de controle kanban, requer a satisfação de algumas pré-condições mínimas, de modo que o sistema esteja articulado para desenvolver as operações kanbans. Estas pré-condições são apresentadas de maneira bastante diversificada na literatura, sendo que Carillon (1986, p.112) as descreve em relativa consonância com aquelas definidas pela *Japan Management Association* (1986). De uma forma geral, essas condições podem ser listadas de acordo com o seguinte esquema:

C1 - O posto de trabalho à montante deve fornecer os componentes, peças e/ou produtos sem nenhum defeito de qualidade, respeitando sempre o princípio de que "produtos defeituosos não são enviados ao processo subsequente".

C2 - O posto de trabalho à jusante deve retirar suas necessidades apenas no momento exato, depositando sempre o cartão onde registra-se a operação. Atende-se assim, ao princípio de que "a etapa subsequente retira apenas o que necessita da etapa anterior, num processo em que a produção é puxada do término para o início da linha".

C3 - O posto de trabalho à montante deve produzir apenas sob recepção de cartões "utilizados" pelo posto à jusante, de modo que "a quantidade produzida equivale sempre à quantidade retirada".

C4 - Os artigos devem ser padronizados e tecnicamente estabilizados, o que não exclui as ocasionais evoluções técnicas, pois o cartão kanban pode ser alterado em qualquer momento.

C5 - O processo deve ser estabilizado e racionalizado, admitindo a ocorrência de paradas nos equipamentos, devidas à falhas no processo ou no produto, bem como por falta de demanda. O acompanhamento das peças ou materiais durante o fluxo produtivo, é também uniformizado.

C6 - As responsabilidades devem ser descentralizadas, num processo que requer o engajamento de todo o pessoal de produção, buscando criar e desenvolver uma dinâmica de progresso constante (kaizen). A sincronização e controle da manufatura devem ser responsabilidade do pessoal de produção (auto-contrôle).

O atendimento destas pré-condições, definidas também como "princípios gerais" do sistema kanban, permite que este método se constitua num fator de

progresso para a organização. Em suma, parece claro que o número de kanbans dentro de uma fábrica, além de representar o nível máximo dos estoques intermediários autorizados, nos diferentes estados do processo produtivo, é também o número ou a medida de rigidez da organização.

Em outras palavras, o número de kanbans revela as dificuldades de uma organização, em direção à tendência ideal de fluidez total da produção, bem como da harmonização perfeita dos postos de trabalho.

## 2.9 - CONCLUSÕES DO CAPÍTULO

O rastreamento teórico desenvolvido ao longo deste segundo capítulo, coloca em evidência a evolução conceitual assumida pelos sistemas de produção, apresentando o *design* das diversas configurações, que articulam e definem essa evolução. A experiência desse processo de rastreamento bibliográfico, permitiu a formulação de algumas considerações gerais que, além de se definirem pertinentes ao estado da arte, se apresentam, também, como pontos de reflexão e introdução ao terceiro capítulo deste trabalho.

De um modo geral, a tipologia estabelecida acerca dos sistemas operacionais, prescreve duas grandes categorias de organização da produção, quais sejam: os sistemas tradicionais e os sistemas avançados. É bem verdade, porém, que entre essas duas categorias, assim como entre as diversas sub-tipologias encontradas entre ambos os grupos, um conjunto de similaridades e divergências operacionais, disputam os traços e os elementos de caracterização de cada tipo de sistema produtivo.

Nesse sentido, é imperativo considerar que a passagem gradual dos sistemas tradicionais para os sistemas ditos modernos, é profundamente marcada pela nova lógica dos mercados e das tecnologias que, a partir dos anos 70, começa a ser redefinida. Assim, a reconfiguração dos sistemas operacionais parece constituir quase que uma exigência dessa nova lógica, assumindo os novos conceitos de produtos e processos, impostos pelo desenvolvimento da tecnologia e pelo ajustamento da nova ordem econômica dos mercados internacionais.

No âmbito dessa reconfiguração, surgem os sistemas avançados de produção, alicerçados nos imperativos tecnológicos de produtividade, flexibilidade e qualidade, e fundamentados nos conceitos assumidos pela automatização e pela robótica. Neste aspecto, os modelos japoneses de organização e gestão de

sistemas produtivos, constituem o primado das modernas configurações, inspirando versões e adaptações em todo o mundo industrializado. Muito mais que uma estratégia, e menos que uma filosofia, a abordagem *just-in-time* de manufatura se impõe como prerrogativa dos novos modos de produzir, desenvolvidos num contexto de mudanças e adaptações cada vez mais crescentes.

Indubitavelmente, o desenho operacional, nesse contexto de mudanças, incorpora as tendências das organizações reativas e flexíveis, com estruturas de produção integradas às demandas do mercado, e tecnicamente orientadas à toda eliminação de desperdícios. Neste contexto de considerações, estabelece-se o conceito de "sistemas avançados de produção", para designar todos os sistemas operacionais, cujas estruturas de operação incorporam, parcial ou integralmente, os avançados *hardwares* e *softwares* de produção.

Estes sistemas, conforme explicita o capítulo que se conclui, operacionalizam na verdade, os conceitos prescritos pela abordagem *just-in-time* de produção, apesar de assumirem, cada um deles, mecanismos e elementos organizacionais de configurações relativamente diferentes. Desse modo, analisando as configurações atribuídas aos sistemas JIT, à Manufatura Celular, aos FMS's, aos sistemas CIM e às organizações de controle kanban, verifica-se que seus objetivos operacionais, em termos de resultados a serem alcançados, são linearmente similares.

Estas similaridades podem ser apresentadas em termos de sincronização do fluxo produtivo, da eliminação total de desperdícios, da redução dos estoques intermediários e finais, da diminuição dos tempos improdutivo, do melhoramento da qualidade dos produtos, da integração das atividades organizacionais, da otimização das atividades de seqüenciamento, entre outros.

Estes resultados, também expressos como variáveis do desempenho desses sistemas, designam portanto a configuração avançada do sistema produtivo, em relação à conceituação tradicional. Na verdade, cada uma das estruturas apresentadas, representam alternativas modernas de sistemas operacionais, com similaridades de objetivos e diferenças organo-estruturais.

Determinar e discutir o desempenho desses sistemas, em termos de produtividade global, constitui o grande objetivo deste trabalho, conforme estabelece o capítulo um. Desse modo e, buscando sincronização na definição do pólo teórico do estudo proposto, o terceiro capítulo sumariza uma revisão dos diversos modelos de avaliação de desempenho, assumindo, inclusive, a evolução conceitual da produtividade face aos novos sistemas de produção.

## TERCEIRO CAPÍTULO

### MEDIDAS DE PRODUTIVIDADE E DESEMPENHO GLOBAL DOS SISTEMAS AVANÇADOS DE PRODUÇÃO

" Quando consegues medir aquilo que faias e exprimi-lo em números, é porque sabes algo sobre isso; mas quando tu não consegues medi-lo... é porque teu conhecimento é fugaz e insatisfatório."

Lord Kelvin's.

#### 3.1 - INTRODUÇÃO

A configuração tecnológica dos sistemas descritos no capítulo dois, assim como a dos sistemas derivados de suas matrizes, incluem modernas técnicas de produção, cujo desempenho em termos de produtividade constitui objeto de investigação científica em diversas áreas do conhecimento. Ao longo dos anos, os termos "produção" e "produtividade" têm sido largamente confundidos, apesar dos significados extremamente diferentes que os envolve.

Conforme foi colocado anteriormente, o conceito de produção designa a transformação de entradas escolhidas, em saídas desejadas. Com o desenvolvimento das atividades de processamento e a organização do setor terciário, o termo "produção" foi estendido ao de "operação", para designar também as atividades de realização de serviços.

Para avaliar e medir os benefícios ou resultados de um sistema produtivo, de uma organização ou mesmo de uma nação, conhece-se o conceito e as medidas de produtividade. Desse modo e, atendendo-se aos objetivos prescritos desse trabalho, o presente capítulo discute a definição e os problemas de mensuração da produtividade, atribuída especificamente às organizações produtivas.

Em função da abundante literatura sobre o tema, o capítulo está organizado em seis seções, contendo cada uma delas, aspectos e nuances diferentes da

proposição temática. Nesse sentido, esta primeira seção introduz as considerações gerais sobre a esquematização do discurso, de modo a contextualizar as diversas abordagens que o capítulo analisa.

A segunda seção apresenta a problemática e a definição da produtividade, analisando os diversos aspectos dos conceitos atribuídos ao termo, de modo a dissipar as confusões de terminologias comumente encontradas na literatura. Em seguida, a terceira seção discute a evolução conceitual das medidas de produtividade, apresentando as diferentes abordagens sobre a avaliação do desempenho produtivo, com enfoque especial sobre as unidades de medida ao nível da empresa. Analisa-se, desta maneira, o significado e a legitimação das medidas de produtividade, como instrumentos gerenciais das organizações.

O caso ilustrativo esquematizado na quarta seção tem por objetivo a explicitação de algumas idéias sobre como examinar problemas relacionados com a gestão de produção, utilizando as medidas de produtividade. A quinta seção aborda a questão da avaliação do desempenho em ambientes de tecnologia avançada, apresentando o conceito de produtividade como um atributo de valores. A seção discute igualmente os fundamentos e a aplicação do modelo de avaliação do desempenho global, analisando os parâmetros de medida utilizados em sua formulação.

Finalmente, a sexta seção contém algumas considerações finais sobre a proposição temática apresentada, resultantes do processo de leitura e avaliação da literatura disponível.

### **3.2 - PROBLEMÁTICA E DEFINIÇÃO DA PRODUTIVIDADE**

A definição do termo "produtividade" constitui um procedimento bastante usual na vastíssima literatura sobre economia industrial, bem como aquela relativa à gestão da produção, e caracteriza também a primeira e mais importante etapa no processo de elaboração de indicadores de rendimentos da manufatura.

Historicamente, as primeiras análises e interpretações do conceito de produtividade, estiveram associadas à avaliação do trabalho exclusivamente manual, como forma de individualizar mecanismos de remuneração do operariado, em função de seu rendimento. Essa argumentação é teoricamente sustentada pela Escola de Administração Científica, a partir dos postulados desenvolvidos por

Taylor (1986, p.46), cujas observações indicavam que o "carregamento médio de 12,5 toneladas por dia e por homem, quando executado pelos melhores carregadores, poderia transportar entre 47 e 48 toneladas por dia".

O desenvolvimento industrial ampliou as dimensões conceituais de produtividade, inserindo novas variáveis de definição. Essas variáveis reproduzem a interação dos fatores de produção (T.L.K)<sup>1</sup>, com o sistema produtivo propriamente dito, sugerindo assim um horizonte de acepções mais amplo sobre o significado do rendimento da manufatura.

Existe um consenso entre patrões, sindicatos, governos e indivíduos, para manter os esforços relativos ao crescimento da produtividade, em termos globais. No entanto, os meios apresentados para alcançar esta meta, variam de acordo com diferentes pontos de vista, conforme explicita Nollet (1984), apud Nollet et al. (1986). Por exemplo, um operário ficará satisfeito e contente em poder adquirir um automóvel por um preço que corresponde à uma percentagem de seu salário anual, inferior àquela de dez anos atrás. Deste mesmo trabalhador, no entanto, espera-se que ele seja radicalmente contra o fato de ser substituído, numa linha de montagem de um fabricante de automóveis, por um robot mais produtivo.

Esta observação vale igualmente para o conjunto da sociedade. Os consumidores e a nação inteira, beneficiam-se economicamente de todo e qualquer aumento de produtividade. Assumindo os objetivos do trabalho em pauta, considera-se aqui apenas a produtividade gerada no âmbito da empresa, caracterizada pelas conseqüências das ações organizacionais.

A idéia de iniciar este exercício de definição teórica pelo grau mais genérico possível de conceituação, permite uma certa otimização do entendimento de toda a abordagem existente sobre o tema. Nesse sentido, tradicionalmente a produtividade é definida como sendo a relação entre as saídas geradas por um sistema, e os insumos necessários à produção dessas saídas, ou seja, a comparação entre as saídas e as entradas de um sistema de fabricação. Em termos de taxa, a produtividade pode ser definida da seguinte forma:

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{Soma das Saídas}}{\text{Soma das Entradas}}$$

<sup>1</sup> As variáveis T, L e K, indicando respectivamente, Terra, Trabalho e Capital, definem as três categorias clássicas dos fatores de produção. Os economistas modernos acrescentam à essa classificação outras variáveis, tais como: capacidade empresarial, tecnologia e inovação tecnológica, sistema de informações, etc.

Conforme descreve a *Encyclopaedia Britannica* (1974), a produtividade em sentido econômico, é dada pelo rateio entre o que é produzido, e o que é requerido para produzir. Usualmente essa rateio se apresenta na forma de uma média, expressando o total de *output* de uma dada categoria de bens, dividido pelo total de *input*. Segundo Devescovi e Toledo (1989, p.3), a definição de produtividade como relação entre resultados e recursos aplicados, decorre de uma visão genérica, que coloca a empresa como um sistema, cujos processos internos não são explicitados.

Na verdade, esta definição tem um caráter bastante limitado, uma vez que não se considera o aspecto da eficiência de utilização dos recursos. Esta eficiência, segundo os manuais de engenharia industrial, tanto pode resultar da redução da quantidade de entradas necessária à produção de um dado volume de saídas, como do aumento da quantidade produzida a partir de um mesmo volume de entradas, ou ainda de uma combinação destes dois fenômenos. A Figura 3.1 ilustra a idéia de eficiência aplicada ao conceito de produtividade.

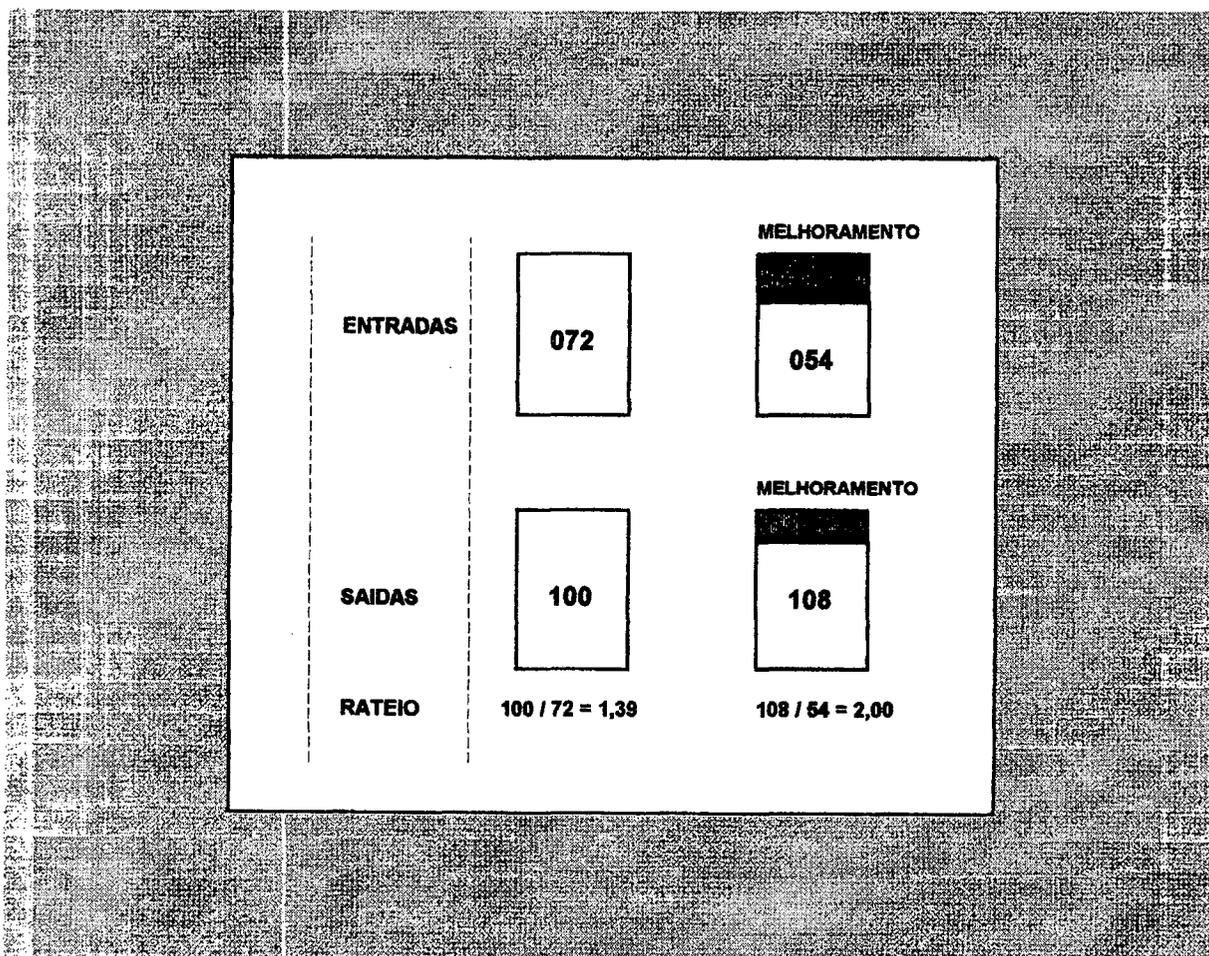


FIGURA 3.1 - RATEIO DE MELHORAMENTO DA PRODUTIVIDADE

FONTE: Adaptado de Nollet et al. (1986, pp.765)

Analisando essa questão, Moreira (1988, p.3) conclui que, assim colocada, a produtividade parece conduzir ao conceito de eficácia, tal como definido em engenharia, relatando porém, que nem sempre a relação é direta. Nesse mesmo contexto, Diorio (1980, p.89) sugere uma definição de produtividade, estreitamente associada à noção de eficácia. Segundo o autor, produtividade é a economia dos meios de produção na busca de um determinado objetivo; é uma combinação da eficácia e da eficiência, ou seja, o alcance de resultados com a melhor utilização possível dos recursos.

No entendimento desse trabalho, a acepção geral da produtividade pode ser resumida como sendo a eficiência com que os recursos de produção são usados, para produzir os produtos. Esse mesmo entendimento, sugere uma particularização do conceito de produtividade, sustentado pelo princípio de que os recursos de produção agem e participam de modo diferente no sistema produtivo.

Quando se considera que a relação *output-input* pode se estender a todos os recursos, a uma parte deles ou apenas a um de cada vez, chega-se ao famoso conceito de produtividade como "família de relações", ligando produção e insumos, apresentado por Siegel (1980, pp.75-80).

Essa abordagem justifica a argumentação de que, para cada unidade de *input*, ou para uma dada categoria de recursos, existe uma correspondente relação de produtividade, em função da unidade de produção que é elaborada. Desse modo, considerando que o processo produtivo envolve uma série de fatores de produção, e tendo presente a idéia conceitual do autor, pode-se individualizar outras três definições de produtividade, como segue:

**D1 - Produtividade Total dos Fatores** - Segundo os estudos de produtividade, esse conceito é obtido relacionando-se alguma medida de produção, com dois insumos combinados: capital e trabalho, por exemplo.

**D2 - Produtividade Múltipla dos Fatores** - Esse termo foi criado por Kendrick (1984), para designar a relação entre alguma medida de produção e todos os fatores de produção: capital, trabalho, matérias-primas, energia, etc.

**D3 - Produtividade Parcial** - Relaciona alguma medida de produção a algum fator específico, tomado isoladamente. Moreira, citado anteriormente, considera que a produtividade parcial reflete não apenas a eficácia no uso do fator escolhido, mas também efeitos de substituição com os outros fatores. A mais popular medida parcial refere-se à mão-de-obra, medida tanto em termos de pessoas empregadas, como em termos de horas pagas ou trabalhadas.

As acepções em torno do conceito de produtividade, mesmo partindo de visões e perspectivas diferentes, parecem convergir para a mesma idéia de rendimento associada à eficiência. Segundo a abordagem apresentada por Ghobadian e Husband (1990), a discussão adjacente ao conceito de produtividade é, provavelmente, devido ao fato de que o assunto atrai o interesse de pessoas com *backgrounds* variados e perspectivas bastante diferentes. Para o autor, de um modo geral, as definições de produtividade se enquadram em três categorias: os conceitos de natureza tecnológica, econômica e de engenharia.

Nesta perspectiva, o conceito tecnológico sugere que a produtividade deve ser definida em termos do rateio entre o resultado (*output*), e os insumos gastos na produção. A engenharia, por sua vez, trata a produtividade numa visão de eficiência, definida pela relação entre os resultados atual e potencial de um processo. Finalmente, a teoria econômica estabelece que a produtividade deve ser definida como a eficiência da alocação de recursos.

O interesse interdisciplinar sobre a abordagem da produtividade, constitui igualmente uma característica das recentes tendências da pesquisa sobre o assunto. De modo muito interessante, Tuttle (1983) apud Armitage e Atkinson (1990) analisa conceitualmente essa interdisciplinaridade, apontando as diferentes definições apresentadas pelos pesquisadores:

***Economista***

Produtividade é a relação entre *output* e seus *inputs* associados, quando ambos são expressos em termos reais (volume físico).

***Engenheiro***

Produtividade é vista como um conceito de eficiência, ou seja, o rateio entre o trabalho útil e a energia utilizada.

***Contador***

Os indicadores (rateios) financeiros servem tipicamente como ferramentas para monitorar o desempenho financeiro.

***Gerente***

As opiniões mostram que 80% dos gerentes entrevistados incluiriam elementos como eficiência, eficácia e qualidade em sua definição de produtividade. Outros 70% deles também incluiriam interrupção, sabotagem, absenteísmo e rotatividade, assim como os fatores relacionados com o *output*, ainda que estes sejam difíceis de medir.

### 3.2.1 - O CONCEITO DE PRODUTIVIDADE ASSOCIADO ÀS PRÁTICAS GERENCIAIS DAS EMPRESAS

O desenvolvimento tecnológico das duas últimas décadas, permitiu a construção de um ambiente de elevada amplitude, para as empresas de todo o mundo, conduzindo-as, ao mesmo tempo, à busca incessante de maior produtividade de seus sistemas produtivos, bem como melhor qualidade de seus produtos.

Nesse contexto, a produção de vantagens competitivas aparece como elemento preponderante para as empresas que, cada vez mais preocupadas com o reordenamento do mercado internacional<sup>2</sup>, começam a rediscutir seus procedimentos gerenciais. Desse modo, o conceito de produtividade passou a ser entendido como uma medida de eficiência gerencial das organizações, apoiada por um conjunto de postulados teóricos, desenvolvido a partir da década de 70.

Leibenstein (1966), apud Kendrick (1984), desenvolveu a abordagem de que, fatores gerenciais e motivacionais (organização do trabalho, motivação, supervisão, monitoramento e controle da mão-de-obra, etc), tinham uma contribuição muito mais significativa para a produtividade, do que mesmo a eficiência alocativa.

A partir desses pressupostos e assumindo a estreita interface entre produtividade e tecnologias de gestão (essa última, entendida como sendo as competências de práticas gerenciais e de manufatura), Gold (1973) desenvolve o conceito de produtividade global. A abordagem da autora sugere que esta produtividade envolve dois fluxos distintos, que se completam: os fluxos físico e econômico. Esses dois fluxos dão origem a duas outras definições de produtividade, a saber:

**D4 - Produtividade Técnica**, indicando a eficiência total dos fatores produtivos empregados, em relação à produção obtida. A produtividade técnica de um sistema produtivo pode, assim, ser representada pela relação entre a saída física de produtos e a quantidade de fatores utilizados;

**D5 - Produtividade Econômica**, indicando a monetarização das relações técnicas que formam o processo de produção. Esse conceito apresenta um caráter fundamentalmente operacional, preocupado em monetizar os recursos e os resultados.

---

<sup>2</sup> Os principais determinantes do processo de reordenamento do mercado internacional, são: o elevado poder de competitividade das empresas japonesas, a acentuada queda de produtividade da economia americana, o fortalecimento do Mercado Comum Europeu, a economia emergente dos chamados "Tigres Asiáticos", entre outros.

Conforme esclarece Devescovi, citado anteriormente, a definição de produtividade global corresponde ao resultado final pretendido, sendo portanto, uma função do nível de qualidade do sistema como um todo. Este, por sua vez, caracteriza uma resultante da integração de diversas eficiências, tais como: eficiência financeira, da produção, das vendas, etc. Segundo o autor, ao relacionar lucros com investimentos, este conceito tem um caráter estratégico, expressando a capacidade da empresa em garantir sua sobrevivência e o seu crescimento.

### **3.3 - EVOLUÇÃO CONCEITUAL DAS MEDIDAS DE PRODUTIVIDADE**

Os primeiros estudos sobre produtividade datam do século passado, preparados pelo *Bureau of Labor*, agência do governo norte-americano. Com a II Grande Guerra, esses estudos passam por uma evolução significativa, mas é a partir da década de 60 que o mundo empresarial começa a tratar a produtividade como uma questão estratégica e até mesmo de auto-sobrevivência. Os países industrializados, particularmente os Estados Unidos, Japão e Alemanha Ocidental, desenvolveram importante papel na popularização dos estudos de produtividade, bem como na criação de centros especializados para tratar do assunto.

As considerações de Siegel (1980) mostram que, vista de sua perspectiva histórica, a medida da produtividade deve ser considerada como uma arte em via de desenvolvimento, uma vez que esta é uma área de conhecimento onde existe ainda muita coisa a ser feita. Problemas clássicos como os de conceitualização, de quantificação, ajustamento qualitativo, de deflação e de obtenção de dados, persistem ainda neste campo de pesquisa.

Os estudos sobre produtividade enfatizam a idéia de que, segundo o critério utilizado, a medida da produtividade permite avaliar o desempenho de uma organização, fornecendo elementos ao processo de planejamento das operações e de definição das políticas organizacionais, assim como na tarefa de identificar onde os esforços devem ser concentrados.

As contribuições teóricas são as mais variadas possíveis, e isso tem produzido um conjunto de conceitos e técnicas que ora disputam, ora se completam entre si. Essas diferentes interpretações da produtividade, refletem a diversidade de objetivos dos diferentes campos da ciência que se dedicam ao assunto. Por sua vez, os problemas, as técnicas e os métodos envolvendo a questão da avaliação da produtividade, refletem igualmente essa visão multidisciplinar do assunto. Esta

seção apresenta o esforço de síntese da vastíssima literatura disponível, recuperando os principais modelos de avaliação e mensuração da produtividade.

### 3.3.1 - MODELOS DE AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE AO NÍVEL DA EMPRESA

O esforço para definir e quantificar a produtividade ao nível da empresa, tem merecido dos autores bastante atenção. As duas últimas décadas mostraram-se decisivas na formulação de modelos mais precisos, inclusive definindo e relacionando os diversos fenômenos de variações, como aqueles relativos ao resultado global da empresa, resultante de alterações no trabalho, capital, materiais e outros fatores importantes.

Conforme as observações de Hayes et al. (1988, pp.142-145), estes modelos constituem uma abordagem extremamente útil, no sentido de responder às inúmeras questões colocadas pelas companhias, tais como: *"qual é o desempenho operacional efetivo de nossa unidade produtiva?"*, *"quais são as atividades que estão operando particularmente bem, e que atividades apresentam baixo desempenho?"*, *"a que resultados devemos chegar, para melhorarmos nossa posição competitiva?"*

Para atender a tais objetivos, a abordagem sobre as medidas de produtividade define o cálculo da eficiência (desempenho) com a qual a unidade produtiva converte recursos chaves em *outputs*, permitindo uma análise do comportamento dessas produtividades no tempo, de modo que uma medida de desempenho da produtividade de fator total seja conhecida. Os itens a seguir apresentam um esquema geral da literatura disponível<sup>3</sup>, explicitando as principais proposições dessa abordagem.

**PROPOSIÇÃO 1 - PRODUTIVIDADE DE FATOR SIMPLES** - Fundamentalmente, produtividade é uma medida da eficiência, com a qual insumos físicos são transformados em resultados físicos. Este enfoque sobre as "transformações

<sup>3</sup> Existe uma abundante literatura acerca das medidas de produtividade, com evolução ainda crescente. Esta seção é inspirada numa amostra representativa dessas abordagens, apresentada pelos trabalhos de: John W. Kendrick e Daniel Creamer, "Measuring Company Productivity", *The Conference Board Studies in Business Economics*, n° 89, 1965; John W. Kendrick e Beatrice N. Vacarra, *New Developments in Productivity Measurement and Analysis: Studies in Income and Wealth*, vol. 44, Chicago, University of Chicago Press, 1975; C. E. Craig e C. R. Harris, "Total Productivity Measurement at the Firm Level", *Sloan Management Review* 14(3), 1973, pp.13-29; James Mammone, "Productivity Measurement: A Conceptual Overview", *Management Accounting*, june 1980, pp.36-42.

físicas", decorre da diferença em relação às usuais "medidas financeiras" de desempenho, que traduzem a eficácia com a qual os insumos monetários são convertidos em resultados monetários. Na prática, a operacionalidade de *inputs* e *outputs* físicos apresenta-se muitas vezes difícil, impondo quase sempre o uso de aproximações baseadas em valores monetários.

Quando as medidas físicas (unidades, quilos, toneladas, etc) são conhecidas, pode-se facilmente estimar a produtividade global de uma companhia, calculando a produtividade de fator simples de cada um dos principais recursos (horas de mão-de-obra, material, etc) que são empregados na fabricação de seus produtos. Uma metodologia bastante usual neste cálculo, é a seguinte:

$$sfp_{A,2} = \frac{\text{output do produto A}}{\text{input do recurso 2}}$$

É importante observar que  $sfp_{A,2}$ , não é igual à quantidade do recurso 2 que é utilizada na produção de cada unidade do produto A (que é inclusive a base de muitas análises de custo do produto), mas ela representa apenas a quantidade média do produto A, gerada por cada unidade do recurso 2.

A menos que o processo seja especificado exatamente em função do projeto de equipamento que ele utiliza, ou ainda em função das leis químicas e físicas que o sublinha, raramente existe algum modo de determinar se o valor da taxa de produtividade parcial é bom ou ruim. Em outras palavras, embora seja usualmente possível estimar como muitas horas de trabalho foram consumidas na produção de um dado bem, é difícil saber, por exemplo, como muitas *poderiam* ter sido melhor consumidas.

Desse modo, assumindo a inexistência de medidas objetivas para inferir o valor de quanto *poderia* ser uma determinada taxa, muitas companhias direcionam suas atenções, no sentido de determinar como que essa taxa está mudando no tempo. Admita, por exemplo, o caso de uma empresa que produz o mesmo produto, usando a mesma matéria-prima, durante dois períodos de tempos, e assegurando as quantidades de insumos e *outputs* que são mostradas na Figura 3.2.

Nestas condições, a ocorrência de um aumento da taxa de produtividade de fator simples entre o período 1 e o período 2, indica que foi produzida uma maior quantidade de *output* por unidade de recurso.

RECURSOS	PERÍODO 1		PERÍODO 2	
	Quantidade	sfp	Quantidade	sfp
<b>OUTPUT</b>				
Unidades produzidas (mil)	22,14		24,78	
<b>INPUTS</b>				
Materiais usados:				
– material 1 (Lts)	25,99	0,852	29,08	0,852
– material 2 (m <sup>2</sup> )	19,41	1,141	20,95	1,183
Energia (mil BTU's)	51,30	0,432	56,19	0,441
Mão-de-Obra (mil hrs)	4,73	4,681	5,31	4,667
Equipamento (mil hrs)	3,22	6,876	3,60	6,876
Capital (mil de \$)	68,75	0,322	78,64	0,315

FIGURA 3.2 - RECURSOS UTILIZADOS NA FABRICAÇÃO DO PRODUTO "A"

FONTE: Hayes (1988, p.143)

Contrariamente, uma taxa menor indica decréscimo de produtividade. Essas variações na taxa de produtividade, constituem dificuldades a serem identificadas e acompanhadas pela empresa, principalmente nos casos em que a organização efetua esses cálculos para apenas alguns recursos mais importantes. A Figura 3.3 exemplifica a ocorrência de alterações na taxa de produtividade de fator simples.

TAXAS DE FATOR SIMPLES				
RECURSOS	PERÍODO 1	PERÍODO 2	TAXA	VARIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE (%)
Material 1	0,852	0,852	1,00	0
Material 2	1,141	1,183	1,0368	+3,68
Energia	0,432	0,441	1,0208	+2,08
Trabalho	4,681	4,667	0,9970	-0,30
Equipamento	6,876	6,876	1,00	0
Capital	0,322	0,315	0,9780	-2,2

FIGURA 3.3 - VARIAÇÕES DA PRODUTIVIDADE ENTRE DOIS PERÍODOS

FONTE: Hayes (1988, p.144)

Analisando as aplicações das taxas de produtividade de fator simples, Eilon et al. (1976) estabeleceram uma rede hierárquica de medidas de produtividade, propondo ao menor nível, três medidas parciais: mão de obra, material e capital. Nesse estudo, as quantidades de *outputs* e *inputs* foram medidas em unidades físicas, e em seguida definiu-se três taxas adicionais, mostrando-se a proporção pela qual os *inputs* diretos foram combinados.

Essas medidas parciais de produtividade, conforme se observa abaixo, foram dadas em termos de custos unitários de mão-de-obra e material, bem como em função do nível da capacidade de utilização. Desse modo, os numeradores dessas razões foram estabelecidos em termos monetários, enquanto que seus denominadores foram medidos em unidades físicas.

<b>Vendas em \$</b> <hr/> <b>Número de Horas/Homens</b>	<b>Valor das Saídas</b> <hr/> <b>Horas-Máquinas Utilizadas</b>	<b>Valor da Produção</b> <hr/> <b>Nº de dias Trabalhados</b>
--	---	---

As considerações dos autores pressupõem que o custo unitário, assim como a capacidade de utilização, em termos proporcionais, devem estar vinculados à taxa de retorno sobre o investimento, através de suas razões componentes. O numerador e o denominador dessas razões, por sua vez, foram expressos em termos financeiros. Na verdade, a abordagem propõe uma vinculação das medidas físicas parciais de produtividade, aos elementos componentes e, por último, à taxa de retorno sobre o investimento, que é, provavelmente, a mais usual medida de eficiência global.

A terminologia "*Output* por Homem-Hora", por exemplo, é bastante conhecida pela denominação de produtividade do trabalho. O *Bureau of Labor Statistics*, agência do governo americano, computa suas séries estatísticas de *output* por homem-hora para o setor privado, como o rateio entre o "produto interno bruto originado nos setores privado ou individual" e as "horas correspondentes de todo o pessoal empregado". Este constitui, na verdade, um dos modelos mais tradicionais de medida de produtividade, apresentando grande vantagem operacional, resultante de sua fácil aplicação.

No entanto, quando se considera a visão sistêmica das organizações, a medida do produto/homem-hora constitui apenas um indicador de produtividade parcial, ou seja, uma medida representativa do rendimento do trabalho. Em se tratando de uma medida parcial, é igualmente válido afirmar que este indicador não

deve ser utilizado, por si só, como parâmetro de eficiência global da empresa, da produção, ou mesmo de um determinado setor ou país.

**PROPOSIÇÃO 2 – PRODUTIVIDADE DE VALOR AGREGADO** - Para simplificar os cálculos requeridos e reduzir o impacto das variações de preços de material sobre suas medidas de desempenho, muitas companhias preferem basear seus cálculos de produtividade sobre o conceito de "valor agregado"<sup>4</sup>. Na verdade, algumas organizações definem produtividade como o "valor agregado por empregado", embora esta medida não leve em consideração, por exemplo, nem as variações de preços sobre o próprio montante de valor adicionado, nem as taxas de salários.

Esta proposição apresenta dois inconvenientes adicionais. Primeiro, ela elimina a possibilidade de determinar como o uso mais eficiente dos materiais comprados, pode resultar num ganho de produtividade total para a empresa. Segundo, ela operacionaliza muito mais os melhoramentos de produtividade resultantes da eficiência nas compras de materiais e componentes, do que mesmo os ganhos decorrentes do uso mais eficiente de energia e mão-de-obra. Por exemplo, a deterioração de 0,3 por cento na produtividade do trabalho que é mostrada na Figura 3.3, poderia facilmente ser convertida em um aumento "aparente", se o *output* fosse medido em termos de valor agregado, em vez de unidades produzidas.

Assumindo os fundamentos desta abordagem, Taylor e Davis (1974) apresentaram uma metodologia de cálculo da produtividade, baseada no rateio entre o valor agregado pela organização, e os *inputs* de mão-de-obra e capital. No entanto, as aplicações desse modelo têm mostrado que tanto o numerador, como o denominador da razão proposta, requerem consistência dimensional.

Nesse contexto de observações, Craig e Harris (1973) introduziram os fundamentos de um modelo, cuja base de cálculo considera o rateio entre o resultado (*output*) organizacional e os recursos produtivos empregados. Neste modelo, qualquer medida de *output* deve incluir todos os recursos produzidos pela organização. Similarmente, os *inputs* devem corresponder à quantidade dos recursos que foram empregados na produção dos *outputs*, de modo que a medida da produtividade seja traduzida por uma equação do seguinte tipo:

---

<sup>4</sup> O conceito de valor agregado (valor adicionado, ou ainda, valor incorporado) é dado normalmente pela seguinte equação:

$$Va = Pa - Mu,$$

onde:

Va = valor agregado;

Pa = output ou produto acabado;

Mu = material utilizado.

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{Resultado}}{\text{Soma dos Insumos}}$$

A lógica da abordagem prescreve que as unidades de medida do numerador e do denominador, devem ser compatíveis, ou seja, sua operacionalidade somente poderá ocorrer, se os elementos do numerador e do denominador apresentarem uma unidade comum de mensuração. Nesse sentido, o modelo define uma medida total de produtividade, a qual é representativa do conjunto dos progressos e melhoramentos apresentados pela empresa.

**PROPOSIÇÃO 3 – PRODUTIVIDADE DE FATOR TOTAL** - Normalmente, como mostra o exemplo da Figura 3.3, as taxas de produtividade de fator simples não variam na mesma proporção. A produtividade do material 2, por exemplo, aumentou, embora a produtividade do trabalho tenha diminuído. Nesse sentido, o questionamento colocado é *como determinar se esta compensação (trade-off) é favorável ou desfavorável à organização, ou seja, o processo como um todo, está operando melhor ou pior do que antes?*

Ao se observar as produtividades de apenas um ou dois fatores, como fazem as empresas cujos sistemas contábeis focalizam especial atenção sobre a mão-de-obra direta e a utilização de máquinas, corre-se o risco de se efetuar avaliações gerenciais erradas, acarretando assim uma série de disfuncionamentos para a organização.

Nesse sentido, para determinar se a produtividade global do processo produtivo, que transforma a totalidade de todos esses recursos no produto A aumentou ou diminuiu, é necessário encontrar algum meio de combinar as produtividades dos diversos recursos empregados (horas, pesos, BTU's, etc) em uma produtividade de fator total – TFP. Similarmente, para se determinar a produtividade global da fábrica ou do departamento que produz vários produtos, é igualmente necessário combinar de algum modo suas TFP's individuais.

O índice que representa a produtividade de fator total, é dado pelo rateio da "quantidade de *output* produzido" por "uma combinação representativa das quantidades diferentes de fatores *input* empregados". Indicando a produtividade de fator total por A, e o nível da atividade de produção por B, tem-se:

$$A = V / W_i X_i \quad (1.1)$$

onde,  $X_i$  é a quantidade de fator *input*  $i$ , e  $W_i$  é algum peso de ponderação apropriado para  $i = 1, 2, \dots, n$ . Para dois tipos de *inputs*, por exemplo, capital (K) e trabalho (L), a equação (1.1) pode ser dada por:

$$A = V / (W_L \times L + W_K \times K) \quad (1.2)$$

As observações registradas por Kendrick (1961) sugerem que o "índice aritmético" para a taxa de crescimento da produtividade-de-fator-total (V), do período-base 0 para o período 1, pode ser expresso da seguinte forma:

$$V = dA / A = (V_1 / V_0) / \{ [(W_L \times L_1) + (W_K \times K_1)] + [(W_L \times L_0) + (W_K \times K_0)] \} \quad (1.3)$$

onde  $dA$  indica a taxa de variação da produtividade de fator total com relação ao tempo; 0 é o período-base; e 1, o período atual.

Analisando as proposições acerca da produtividade de fator total, o trabalho de Sink (1980), apud Husband e Ghobadian (1981), propôs e discutiu diversas abordagens, entre as quais duas delas merecem destaque. A primeira, refere-se ao modelo de mensuração da produtividade multifator (MPPMF), cujas raízes estão centradas nas idéias colocadas por Craig e Harris (1973). A segunda, designa o modelo de mensuração da produtividade de fator total (TFPMM), e consiste na computação de índices de produtividade para cada produto, cuja combinação deve resultar em uma medida de peso da produtividade total da empresa.

De acordo com as idéias de Sink, o trabalho de Husband e Ghobadian (1981) examinou a aplicabilidade dos modelos de produtividade de fator total, no ambiente da manufatura de produção em lote. Baseados nas observações produzidas, os autores desenvolveram um modelo para prognosticar a produtividade da organização e o custo unitário total.

### 3.3.2 - A AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE COMO INSTRUMENTO GERENCIAL DA EMPRESA

Todos os modelos descritos acima consideram a produtividade como uma medida, dada em função do resultado obtido e dos recursos gastos em sua produção. Dessa forma, essas técnicas expressam a utilização do conceito tecnológico de eficiência, apresentado anteriormente.

Neste contexto, Ghobadian e Husband (1990, p.1438) sugerem que outros conceitos de eficiência podem ser utilizados, para o tratamento metodológico da produtividade ao nível da empresa. Esses autores introduzem assim o conceito de eficiência dado pela engenharia, explicitando a função de produção como legítima variável representativa desse postulado.

Conforme assinala Katz (1969), a função de produção descreve o relacionamento entre *output* e os fatores produtivos, tais como trabalho, capital, estado da tecnologia, etc. Essas funções são largamente usadas pelos economistas, para efetuar inferências ao nível das questões macro-econômicas, como por exemplo: o impacto do crescimento da produtividade sobre o fator de emprego; a distribuição de elevada produtividade entre os fatores de produção empregados; principais origens do crescimento; etc.

Sabe-se, também, que as funções de produção são muito apropriadas para aplicação nos níveis mais baixos de agregação, uma vez que *inputs* e *outputs* podem ser medidos em diferentes unidades. Neste caso, não existe necessidade de consistência dimensional. Esta argumentação implica em duas questões importantes: (1) é possível medir *outputs* em termos monetários e *inputs* em termos físicos, e; (2) o formato dos dados requeridos, é semelhante àquele que, provavelmente, está prontamente disponível nos níveis mais baixos de agregação.

É bastante consensual a idéia de que os índices de produtividade, tanto podem indicar os objetivos e metas a serem alcançados, como podem servir igualmente de índices de controle do desempenho realizado. Nollet et al. (1986), citados anteriormente, consideram que estes índices representam uma quantificação das operações de uma empresa, de modo que eles podem ser comparados de diferentes formas, no exercício de avaliação organizacional.

Desse modo, o modelo com o qual a produtividade é medida, quase sempre determina o sentido que ela representa. Existem muitos e diferentes métodos pelos quais a produtividade pode ser medida. Assim, a escolha das medidas mais adequadas, pressupõe sempre a definição de critérios preliminares, como sugere

Diorio (1981, p.4). Segundo o autor, cinco critérios devem ser considerados, na avaliação de medidas de produtividade, quais sejam:

- A** **Economicidade** – os benefícios descontados devem ser superiores ao custo de obtenção das informações investigadas;
- B** **Validade** – estas medidas devem ser adaptadas conforme o uso que se quer fazer delas, refletindo sempre o nível de produtividade esperado;
- C** **Utilidade** – os indicadores devem orientar a consecução dos objetivos, bem como a correção ou ajustamento das situações;
- D** **Comparabilidade** – as medidas devem ser homogêneas no tempo e levar também em consideração, os mesmos elementos dos fatores observados;
- E** **Complementaridade** – pelo menos uma das medidas, deve servir à avaliação dos recursos chaves relacionados à uma atividade importante.

O uso das avaliações de produtividade como instrumento de gestão da empresa, pressupõe a definição de conceitos ou referências, que possam ser utilizados no cálculo das medidas de produtividade. Estas referências, portanto, constituem meios de avaliação, que podem (ou não), adequar-se às situações desejadas. Nesse sentido, algumas proposições metodológicas são conhecidas na literatura.

Evitando o uso de indicadores de produtividade parcial, a abordagem de Gold (1973), por exemplo, sugere que a produtividade total, isto é, saídas totais em relação às entradas totais, pode ser medida pela lucratividade, denominada simplesmente produtividade do capital, como segue:

$$\text{Produtividade do Capital} = \text{Lucratividade} = \text{Lucro} / \text{Investimento Total}$$

Neste contexto, a produtividade adquire uma forma sistêmica, integrando o desempenho da empresa ao planejamento estratégico, mediante as seguintes combinações: rede de produtividade, estrutura de custos e índices de controles administrativos. Desse modo, é possível estabelecer índices de produtividade para analisar o desempenho dos diversos níveis hierárquicos da administração, comparando-se os resultados passados e atuais, bem como os objetivos futuros.

De acordo com essa abordagem, uma alteração na produtividade é definida como sendo a resultante da combinação de alterações de várias medidas na rede de produtividade. Essa rede de produtividade, por sua vez, consiste em um sistema de interações, apresentando seis pontos de interface. Esses pontos de interface, bem como o sistema interativo, estão representados na Figura 3.4.

Os três pontos da estrutura triangular, correspondem às entradas (*inputs*) por unidades de saídas, para fatores como salários (mão-de-obra), materiais e ativo fixo. O ativo fixo aqui é comparado com a capacidade de produção, indicando o grau de ocupação ou ociosidade. As três linhas de ligação, indicam as proporções nas quais estes são combinados.

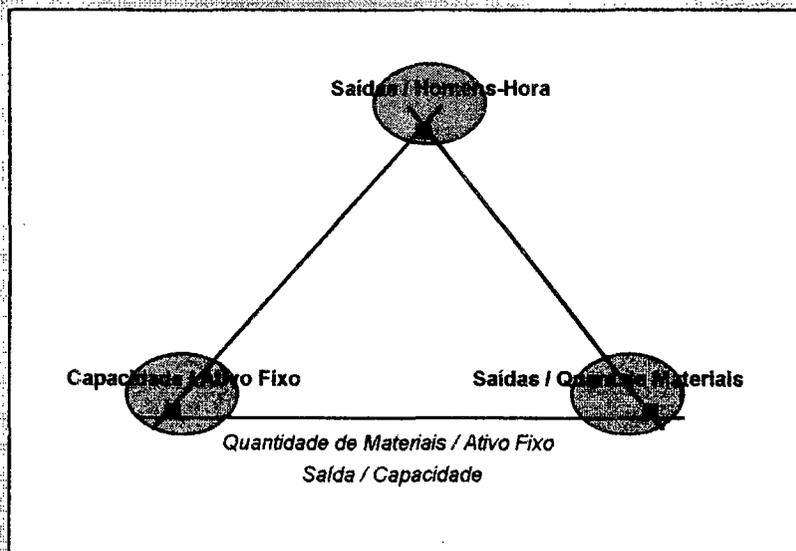


FIGURA 3.4 - OS SEIS PONTOS DE INTERAÇÃO NA REDE DE PRODUTIVIDADE FÍSICA

FONTE: Adaptado de Bela Gold (1976)

A rede de produtividade física, por si só, não subsidia adequadamente a análise dos benefícios de uma melhoria. Essa análise deve ser elaborada, a partir da avaliação dos seis componentes da rede inicialmente proposta, tendo presente também, os efeitos econômicos. Para considerar os efeitos de custos e mudanças nas entradas específicas e relativas, pode-se adicionar uma estrutura de custos na rede de produtividade, conforme demonstrado na Figura 3.5.

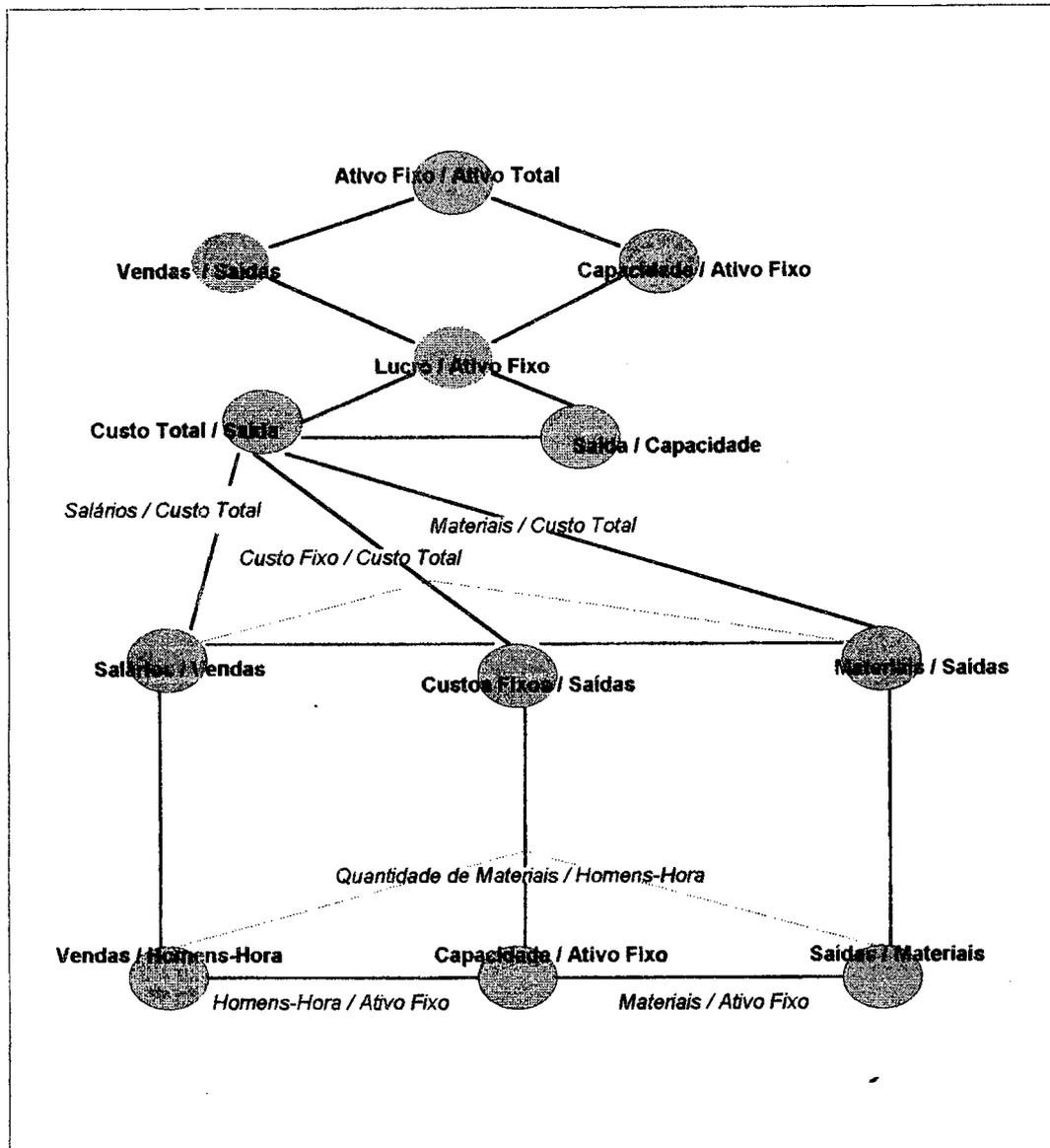


FIGURA 3.5 - ESTRUTURA DE INTERRELAÇÕES COM VARIAÇÕES NA LUCRATIVIDADE  
 FONTE: Adaptado de Gold (1976)

Analisando o modelo de Gold, Moore (1989) considera que essa rede de produtividade apresenta uma série de interações, mostrando que uma alteração em qualquer variável, como a produtividade da mão-de-obra, por exemplo, pode ser apenas o resultado passivo de mudanças iniciadas em outro lugar da rede, pela própria natureza das relações existentes entre os indicadores. Por exemplo, a substituição da mão-de-obra por máquinas adicionais, representa uma diminuição inicial da relação homens-horas por utilização das instalações, resultando uma maior produtividade da mão-de-obra, mesmo se a qualidade desse fator permanecesse inalterada.

Neste sentido, o aumento da produtividade da mão-de-obra poderia significar tanto uma redução nas quantidades de homens-hora, quanto uma redução na quantidade de materiais, mantendo a produção constante. A relação quantidade de materiais por homens-hora diminuiria, desde que a taxa de redução de materiais fosse maior que a taxa de diminuição dos homens-hora, supondo ainda que a substituição inicial de trabalho por máquinas adicionais, não envolveria nenhuma variação nas necessidades específicas de materiais, ou na proporção da capacidade em relação ao ativo fixo.

O modelo de Gold considera, portanto, que as decisões gerenciais, de um modo geral, não podem estar baseadas apenas na minimização de custos totais, dada a importância da taxa de retorno do capital. Para analisar os efeitos reais ou esperados de melhorias tecnológicas, deve-se relacioná-los, de alguma forma, à rede de produtividade de custos, para que sejam analisados os efeitos na lucratividade.

As variações na lucratividade, definidas como lucro/ativo total, podem ser causadas por interações entre preços médio do produto, custo unitário total, porcentagem utilizada da capacidade, produtividade do investimento fixo (ativo fixo/ativo total) e sua relação com o ativo circulante. Essa abordagem resulta no seguinte modelo:

$$\text{Lucro / Ativo Total} = (\text{Lucro / Saídas}) \times (\text{Saídas / Ativo Total}) \quad (1.4)$$

Essa equação pode ser decomposta em outros cinco rateios, denominados pelo autor de "índices de controles gerenciais", os quais devem ser utilizados no planejamento e avaliação da capacidade administrativa. Desse modo, os índices que resultam de (1.4), são:

$$\text{Lucro / Ativo Total} = (\text{preço médio} - \text{custo unitário médio}) \times (\text{taxa de utilização}) \times (\text{produtividade do capital}) \times (\text{alocação do capital}) \quad (1.5)$$

onde:

preço médio	=	vendas / saída;
custo unitário médio	=	custo total / saídas;
taxa de utilização	=	saídas / capacidade;
produtividade do capital	=	capacidade / ativo fixo;
alocação do capital	=	ativo fixo / ativo total;

De acordo com este modelo, os esforços para se aumentar a lucratividade não se resumem apenas a reduções de custos. Deve se observar, também, as variações de preços e a porcentagem da utilização da capacidade produtiva. Efeitos prejudiciais das variações dos preços e utilização da capacidade, podem neutralizar os ganhos esperados de lucratividade, provenientes da redução de custos.

A Figura 3.5 mostra como os índices de controles gerenciais devem estar integrados com a estrutura de produtividade física, e com a rede de índices de custos, para a montagem de uma estrutura unificada, ressaltando também complexas interações que determinam mudanças na lucratividade.

Uma outra abordagem desenvolvida por Leontief et al. (1977) considera que a produção e o consumo de não setores (ou indústrias) de uma economia, podem ser representados por uma equação do seguinte tipo:

$$(1 - \sigma_{ij}) X_{ij} - X_i = 0 \quad (1.6)$$

para  $j = 1, 2, \dots, n$ , onde:

$X_j$  = produto líquido do setor (ou indústria), dado pelo produto total do setor  $j$ , menos a soma dos produtos consumidos dentro do próprio setor  $j$ ;

$X_{ij}$  = produto do setor  $j$  consumido pelo setor  $i$ ;

$\sigma_{ij} = 0$  se  $i \neq j$ , e  $1$  se  $i = j$

Quando se define  $a_{ij}$  por  $i, j = 1, 2, \dots, n$ , como sendo coeficiente de produção (ou *input* coeficiente do produto do setor  $i$  dentro do setor  $j$ ), uma função de produção é introduzida da seguinte forma:

$$X_{ij} = a_{ij} / A_i A'_j \quad (1.7)$$

para  $i, j = 1, 2, \dots, n$ .

Melhoramentos na produtividade, e portanto mudanças na relação entre  $X_i$  e  $X_{ij}$ , devem ser refletidos pela designação adequada de valores para  $A_i$  e  $A'_j$ , nos períodos posteriores. Considerando essa abordagem, pode-se substituir a equação (1.7) em (1.6), de modo a obter-se:

$$(1 - \pi_{ii}) a_{ii} / A_i A'_i (X_i - X_i) = 0 \quad (1.8)$$

para  $j = 1, 2, \dots, n$ .

Conceitualmente  $A_i$  designa o coeficiente de produtividade da indústria  $i$ , e  $A_j$  indica o coeficiente de produtividade da mercadoria  $i$ . Então, se  $A_i$  aumenta, significa que para produzir cada unidade de  $X_i$ , necessita-se menos recursos de outras indústrias. Por outro lado, se  $A_i$  permanece o mesmo, mas  $A_j$  aumenta, significa que cada unidade de produto da indústria  $j$  tornou-se mais eficiente, assim como as outras indústrias podem fazer o mesmo trabalho com menos quantidade de  $X_j$ .

Dogramaci (1981) argumenta que a potencialidade do modelo de Leontief, na análise de interdependências complexas entre diferentes setores de uma economia, revelou-se tão atrativa que, apesar das suposições definidas na equação (1.7), em um certo período de tempo suas aplicações se espalharam por um grande número de países.

O estudo de mudanças tecnológicas e seus efeitos sobre a produtividade, é apenas um dos muitos propósitos para os quais o modelo tem sido utilizado. Um outro exemplo de sua aplicação, é o *United Nations Report's* (1973), preparado por A.G. Armstrong, onde o valor agregado é expresso em termos de recursos primários de uma economia, no contexto do modelo *input-output*.

### 3.4 - AS MEDIDAS DE PRODUTIVIDADE E OS PROBLEMAS DE GESTÃO DA PRODUÇÃO

Esta seção apresenta uma leitura dos principais problemas de produtividade relacionados aos sistemas de produção. Assume-se inicialmente que os sistemas operacionais constituem unidades específicas da empresa, de modo que os problemas levantados não devem ser generalizados para outras unidades da organização. Essa abordagem é particularmente importante para introduzir a discussão sobre o desempenho dos sistemas avançados de produção, cuja avaliação constitui o objetivo central deste trabalho.

Neste sentido, a seção discute os princípios metodológicos da mensuração e avaliação da produtividade, utilizando os conceitos disponíveis em suas formas mais simples e elementares. Explicita-se, igualmente, os instrumentos e objetos de análise para os quais faz sentido calcular a produtividade.

Considerando o sistema físico apresentado na Figura 2.1 (capítulo 2) e assumindo a abordagem desenvolvida por Muscat (1987), a qual pressupõe a existência de um sistema produtivo com um único produto, pode-se estabelecer as seguintes definições:

- Q = quantidade de produto final, produzida e vendida num certo período de tempo;
- R = quantidade total de homens-hora utilizada para a produção de Q;
- G = quantidade total de material gasta na produção de Q;
- C = capacidade teórica nominal de produção, expressa em quantidade de produto final, usada para a produção de Q.

A partir do conceito de produtividade física de um recurso, apresentado por Gold (seção 3.3.2), define-se os seguintes indicadores:

$P_{fe} = Q / C$	(2.1)
$P_{fr} = Q / R$	(2.2)
$P_{fm} = Q / G$	(2.3)

onde:  $P_{fe}$ ,  $P_{fr}$  e  $P_{fm}$ , correspondem às produtividades físicas dos equipamentos, da mão-de-obra e dos materiais, respectivamente.

Note-se que podem haver interações entre tais produtividades, em função de relações existentes entre os recursos utilizados pelo sistema de operação considerado. Assumindo-se que o sistema físico encontra-se inserido em um ambiente, do qual constam os mercados de fatores (mão-de-obra, equipamentos e materiais), bem como o mercado do produto, define-se que o fluxo físico dos recursos e do produto, se dá através de uma contrapartida que são os preços, e que tais fluxos ocorrem entre esses mercados e o sistema de produção.

Suponha-se, por exemplo, que sejam dados os seguintes preços:

- $\mu_e$  valor unitário de recuperação do capital, incluindo o valor depreciado e os juros sobre o capital empatado, acrescido de manutenção do equipamento e seguro;
- $\mu_h$  valor horário da mão-de-obra, incluindo encargos sociais;
- $\mu'_m$  preço unitário da matéria-prima, excluindo impostos que sejam obrigações do consumidor final do produto;
- $\mu'_s$  preço unitário do produto, excluindo impostos que sejam obrigações do consumidor final do produto;
- $i$  taxa de juros e de armazenagem, aplicável sobre os valores dos estoques de matéria-prima e de produto, existentes no início de cada período;
- $\mu_m$  preço unitário da matéria-prima, excluindo impostos que sejam obrigações do consumidor final do produto, e incluindo o custo de estocagem do mesmo;
- $\mu_s$  preço unitário do produto, excluindo impostos que sejam obrigações do consumidor final do produto e excluindo o custo de estocagem do mesmo.

Com esses preços, pode-se valorar a quantidade de cada recurso e do produto, transformando o sistema físico num sistema econômico, conforme esquematiza a Figura 3.6.

Note-se que, para fins de cálculo, deve-se levar em conta o seguinte:

$\mu_m = \mu'_m (1 + \alpha i)$	(2.4)
$\mu_s = \mu'_s (1 - \beta i)$	(2.5)

onde " $\alpha$ " é a relação entre o estoque de material, no início do período em consideração, e o gasto do material; e " $\beta$ " é a relação entre o estoque do produto, no início do período em consideração, e a produção do produto.

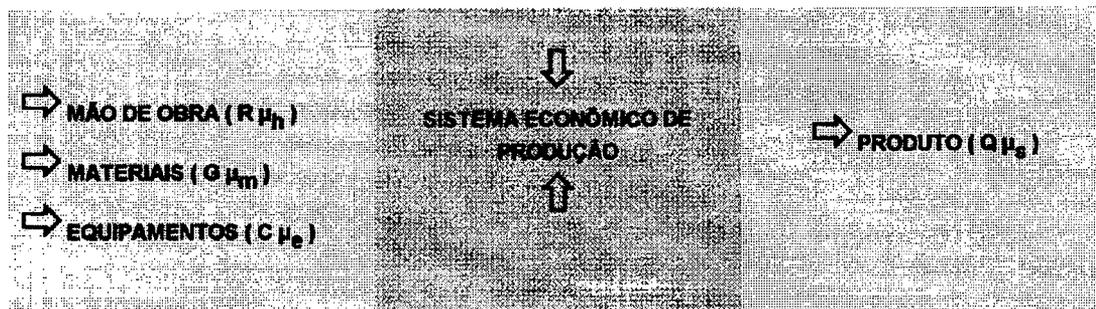


FIGURA 3.6 - SISTEMA ECONÔMICO DE PRODUÇÃO I

FONTE: Adaptado de Muscat (1987)

É importante observar que, ampliando o conceito de produtividade, o inverso do preço de um recurso, bem como o preço de um produto, podem ser vistos, também, como tal. Por exemplo,  $1/\mu_h$  representa a produtividade, em horas, do preço unitário da mão-de-obra. Desse modo, pode-se definir as seguintes produtividades:

$P_{ce} = 1/\mu_e$  produtividade, em quantidade de produto, do valor unitário de recuperação do capital, acrescido de manutenção e seguro;

$P_{ch} = 1/\mu_h$  produtividade, em horas, do valor unitário da mão-de-obra;

$P_{cm} = 1/\mu_m$  produtividade, em quantidade de material, do valor unitário da matéria-prima;

$P_s = \mu_s$  produtividade, em unidade monetária, de uma unidade do produto.

Assim sendo, considerando as produtividades físicas e as "produtividades dos custos unitários", pode-se dar a seguinte interpretação para o seu produto: é a produtividade, em unidades do produto final, do custo total do recurso. Designando por (P) essa produtividade, tem-se:

$P_e = P_{fe} \times P_{ce}$	(2.6)
$P_h = P_{fh} \times P_{ch}$	(2.7)
$P_m = P_{fm} \times P_{cm}$	(2.8)

Para esclarecer melhor o significado das produtividades expressas por (2.6), (2.7) e (2.8), tome-se apenas o caso da mão-de-obra. A produtividade  $P_h$  pode ser decomposta no produto em duas outras produtividades: uma ligada ao mercado de mão-de-obra ( $P_{ch}$ ), e a outra ligada ao sistema físico ( $P_{fh}$ ).

De acordo com o esquema apresentado na Figura 3.6, e considerando apenas um período de tempo para fins de análise, o "indicador de produtividade global" do sistema de produção pode ser definido como:

$$P^t = \text{benefício} / \text{custo} = Q \mu_R / (R \mu_h + G \mu_m + C \mu_e) \quad (2.9)$$

Como pode ser visto a partir de (2.9),  $P^t$  é a relação benefício-custo para o sistema econômico da Figura 3.6, o que corresponde a dizer que apenas os ítems mensuráveis em unidades monetárias, comparecem em (2.9). Espera-se assim que  $P^t$  seja maior ou igual a 1, para que a operação da empresa tenha sentido econômico, exceto no caso em que a empresa receber subsídio.

A expressão (2.9) pode também ser considerada como segue:

$$P^t = \mu_R / [ (R \mu_h / Q) + (G \mu_m / Q) + (C \mu_e / Q) ] \quad (2.10)$$

substituindo (2.6), (2.7) e (2.8) em (2.10), temos:

$$p^t = p^s / [(1/P_h) + (1/P_m) + (1/P_e)] \quad (2.11)$$

O significado de (2.11) está esquematizado na Figura 3.7:

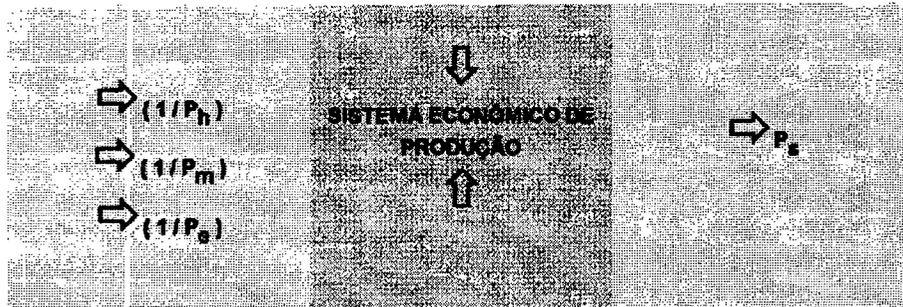


FIGURA 3.7 - SISTEMA ECONÔMICO DE PRODUÇÃO II  
 FONTE: Adaptado de Muscat (1987)

Admitindo que  $P_r$  seja a produtividade do custo total, em unidades do produto final, tem-se:

$$1/P_r = [(1/P_h) + (1/P_m) + (1/P_e)] \quad (2.12)$$

Como pode ser visto por (2.12),  $P_r$  é o inverso do custo total unitário, conseqüentemente:

$$p^t = P_e \times P_r \quad (2.13)$$

A representação gráfica das expressões (2.6), (2.7), (2.8) e de (2.10) a (2.13), mostra como é obtida  $P^t$ , utilizando níveis de decomposição crescentes. A Figura 3.8 esquematiza esse gráfico, indicando apenas a existência das ligações

entre as variáveis, sem registrar a forma de ligação, bem como outras interações pertinentes.

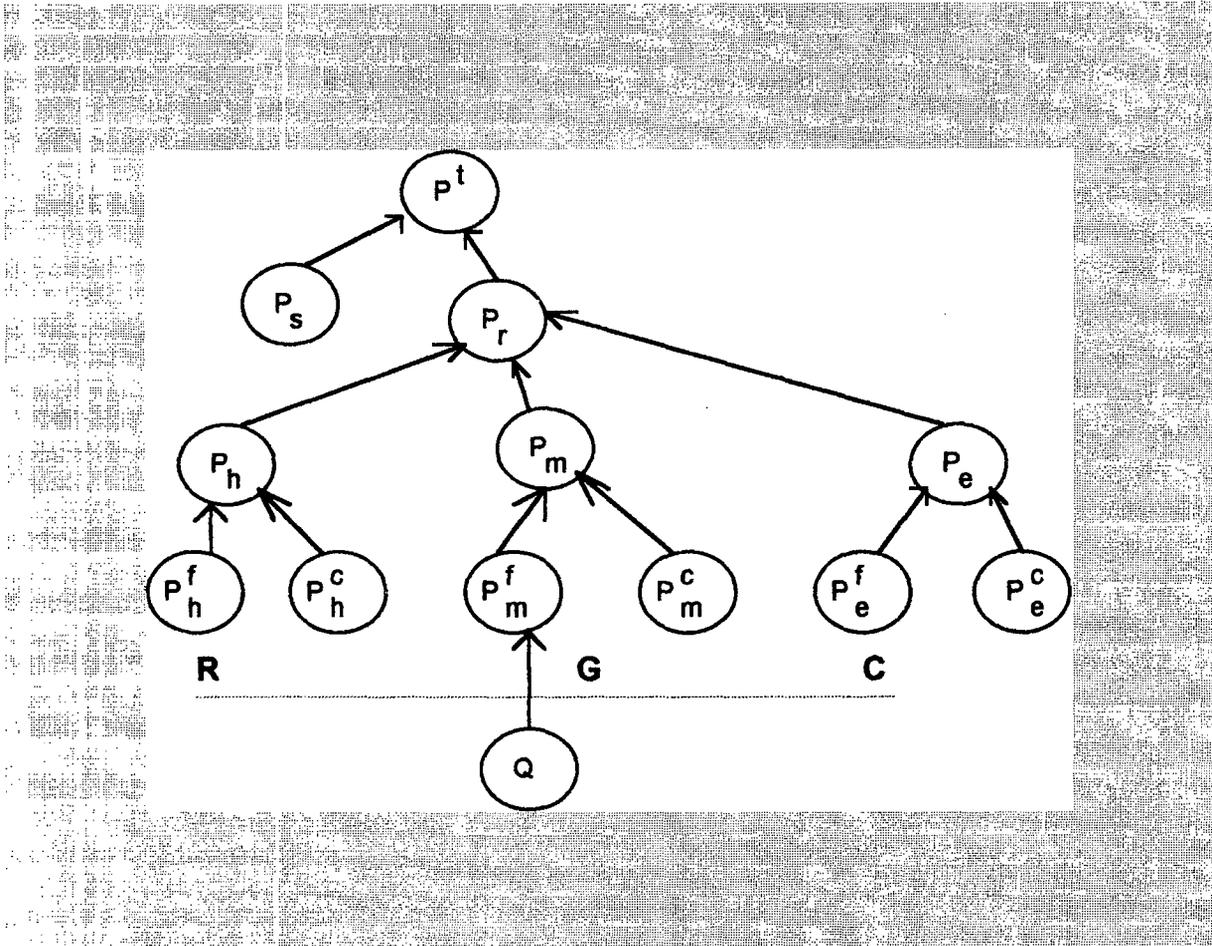


FIGURA 3.8 - DECOMPOSIÇÃO DO ÍNDICE DE PRODUTIVIDADE TOTAL ( $P^T$ )

FONTE: Adaptado de Muscat (1987)

### 3.5 - AS MEDIDAS DE PRODUTIVIDADE E OS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE TECNOLOGIA AVANÇADA

A idéia de discutir a questão da produtividade em ambientes de tecnologia avançada, constitui o ponto central deste trabalho e evidencia o entendimento geral dos capítulos anteriores. Nesta seção, desenvolve-se um esforço de sistematização dessa idéia, assumindo as novas tendências da pesquisa sobre as medidas de desempenho e os modernos sistemas de produção.

A definição do que seja um sistema avançado de produção, parece constituir um conceito relativamente novo, pelo menos ao nível da produção literária. Em termos gerais, os sistemas avançados de produção estão relacionados com as chamadas *novas tecnologias de manufatura*, responsáveis pelos recentes padrões de competitividade das organizações.

Durante a década de 80, conforme assinala Kaplan (1990, p.1), muitas empresas desenvolveram enormes esforços, no sentido de incorporar em suas operações os modernos programas de gerenciamento da qualidade total (TQM), os processos de produção e distribuição de natureza *just-in-time* (JIT), assim como os sistemas flexíveis de manufatura (SFM's).

A implantação destas novas e diferentes técnicas de produção requer necessariamente uma adaptação do sistema contábil-financeiro ao novo ambiente operacional<sup>5</sup> da empresa. Esta consideração se justifica pelo fato de que as tradicionais medidas de desempenho da manufatura, conhecidas como *indicadores de produtividade*, tornaram-se ineficazes para traduzir o nível de desempenho da organização, justamente por estarem vinculadas à um sistema contábil, que controla basicamente apenas os elementos tangíveis da estrutura de custos.

Neste sentido, a abordagem do *custo baseado na atividade* (ABC) propõe a definição de novas regras para o controle de gestão, com importantes implicações para a contabilidade gerencial e de custos. Trata-se, na verdade, de uma moderna abordagem contábil, que permite considerar elementos-chaves dos novos modos de produção.

### 3.5.1 - O ENFOQUE ABC COMO PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DA MANUFATURA

A análise estratégica da manufatura, num ambiente de elevada concorrência, requer um bom conhecimento dos custos de produção, assim como da lucratividade dos produtos e serviços oferecidos ao mercado. De acordo com Diallo (1994, p.29), a ótica do cliente agrega uma dimensão importante ao sistema contábil: a passagem de uma contabilidade dos recursos para uma contabilidade das atividades.

---

<sup>5</sup> O desenvolvimento de um sistema contábil adaptado aos novos paradigmas dos sistemas de manufatura, constitui uma abordagem largamente defendida por diversos autores. O assunto é particularmente tratado nos trabalhos de: Robert S. Kaplan, "Yesterday's Accounting Undermines Production", *Harvard Business Review* (July-August, 1984), 95-101; e H. Thomas Johnson and Robert S. Kaplan, *Relevance Lost: The Rise and Fall of Management Accounting* (Boston: Harvard Business School Press, 1987).

A contabilidade dos recursos, ou seja, a contabilidade analítica "tradicional", está fundamentada sobre uma relação única de causalidade, entre o volume de produtos (a causa) e os custos. A contabilidade das atividades, conhecida como *Activity Based Costing (ABC)*, constitui uma técnica contábil idealizada sobre o princípio da distribuição dos custos, notadamente aquela das despesas fixas por atividade. Trata-se, assim, de uma ferramenta contábil utilizada, sobretudo, para gerenciar as atividades da empresa.

Raciocinando em termos de atividade, as despesas gerais de um processo produtivo passam a ser consideradas como gastos variáveis em relação ao volume de suas respectivas atividades. No longo prazo, este volume de atividades deve corresponder ao volume de produtos acabados, do mesmo modo que todas as cargas de trabalho tornam-se também variáveis. A Figura 3.9 estabelece uma comparação entre os principais princípios da contabilidade dos recursos e da contabilidade das atividades.

CARACTERÍSTICAS	CONTABILIDADE DOS RECURSOS	CONTABILIDADE DAS ATIVIDADES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Objeto</li> <li>• Enfoque principal</li> <li>• Área de interesse</li> <li>• Pontos de medida</li> <li>• Sistema de controle</li> <li>• Padrões</li> <li>• Comportamento induzido</li> <li>• Gestão das atividades pela</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Controle dos custos</li> <li>• Indivíduo ou centro de responsabilidade</li> <li>• Custo de produção</li> <li>• Resultado final</li> <li>• Unicamente financeiro</li> <li>• Pré-estabelecidos, estático</li> <li>• Respeitar o padrão</li> <li>• Minimização dos custos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise do processo</li> <li>• Organização</li> <li>• Custo das atividades</li> <li>• Processo</li> <li>• Físico e financeiro</li> <li>• Meio móvel</li> <li>• Progresso contínuo</li> <li>• Minimização dos custos e maximização do valor</li> </ul>

**FIGURA 3.9 - COMPARAÇÃO ENTRE A CONTABILIDADE DOS RECURSOS E A CONTABILIDADE DAS ATIVIDADES**

FONTE: Adaptado de Michel Lebas, 1992

A análise das atividades permite a elaboração dos procedimentos de gestão das atividades por cliente, a fim de reduzir a importância relativa daquelas atividades, que não agregam valor aos produtos. Conforme o autor, esta análise deve se apoiar sobre um grupo de trabalho, com os seguintes objetivos:

- A Definir e classificar as atividades: principais ou secundárias;
- B Determinar a causa das atividades;

- C Distinguir as atividades com valor agregado e sem valor agregado;
- D Fixar os critérios de avaliação das atividades (nível de serviço)
- e os indicadores de custo;
- E Agir sobre as atividades: simplificar as atividades, reduzir a carga, etc.

Dessa maneira, o processo de análise das atividades constitui um trabalho de reflexão estratégica, devendo ser realizado regularmente (a cada dois ou três anos, por exemplo) pela administração da empresa. Em conformidade com as considerações de Lebas (1992), pode-se distinguir quatro níveis de atividades. A figura abaixo apresenta as relações causais entre estas atividades e seus custos correspondentes. Observe-se que, ao estabelecer as relações causais entre as atividades e os custos, os indutores de custos passam a funcionar como os guias da gestão das atividades.

CAUSA DA ATIVIDADE	CUSTOS ENVOLVIDOS	INDUTORES DE CUSTOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• O volume de produção ou de comercialização</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mão-de-obra direta</li> <li>• Matérias-primas consumidas</li> <li>• Custos de operação das máquinas: treinamento, energia, etc</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de peças fabricadas</li> <li>• Peso ou tamanho das peças fabricadas</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• A forma de organização da produção ou a logística de comercialização</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emissão dos lotes, manutenção</li> <li>• Emissão de pedidos de materiais ou de componentes</li> <li>• Controle de qualidade</li> <li>• Expedição aos clientes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ordem de fabricação</li> <li>• Pedidos de materiais ou de componentes</li> <li>• Controle de qualidade</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• A existência propriamente dita do produto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porte de especificação do produto pela engenharia de método</li> <li>• Número de linhas da cadeia de produção</li> <li>• Modificação da gama de produção</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de referências</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• A existência de uma capacidade de produção</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestão física da fábrica</li> <li>• Força e luz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modificação do dossiê técnico</li> </ul>

FIGURA 3.10 - RELAÇÕES ENTRE OS INDUTORES DE CUSTOS E OS NÍVEIS DE CAUSALIDADE  
 FONTE: Adaptado de Michel Lebas, 1992

Estes indutores devem ser medidos e controlados, podendo ser provenientes tanto da contabilidade analítica (dados financeiros), quanto do setor de índices físicos da fábrica. É absolutamente importante que eles apresentem pertinência de valor, ou seja, que eles possuam um impacto significativo sobre os custos da atividade.

Na avaliação de Sutton (1992), através do método ABC, cada produto alavanca os custos em função do número de unidades de indicadores consumidos. Desta maneira, as mudanças de concepção requeridas por um dado produto, determinam quantas unidades de custo-atividades estão vinculadas à cada produto em particular.

Segundo Boisvert (1991), os métodos de gestão das atividades – *Activity Based Management (ABM)*, inspirados no sistema ABC, podem ter um duplo objetivo: minimizar os custos consumidos pelas atividades e maximizar o valor criado por estas atividades.

### 3.5.2 - PRODUTIVIDADE E TECNOLOGIAS AVANÇADAS DE PRODUÇÃO

Como já mencionado anteriormente, a produtividade global da empresa, na realidade, não resulta apenas do exercício de sua atividade principal (produção de bens ou serviços), mas resulta da interação das diversas ações organizacionais, combinadas com o esforço de todos os atores envolvidos em sua execução.

Neste sentido, Miller (1984, p.145) observa que para aproveitar eficientemente os ganhos de produtividade, a organização necessita definir procedimentos de monitoração do desempenho desses ganhos, identificando ao mesmo tempo, suas oportunidades de melhoramento. De acordo com o autor, esses procedimentos de medida devem permitir a visualização dos pontos de interação entre o desempenho global da empresa (em termos de produtividade), e as variações na lucratividade desta, decorrentes dos melhoramentos de produtividade incorporados.

Nos anos recentes, as tecnologias avançadas de manufatura (AMT's) têm sido responsáveis por um novo paradigma de desempenho dos sistemas produtivos, respondendo assim às oportunidades de melhoramento dos ganhos de produtividade, buscadas pelas organizações.

Fundamentalmente, a preocupação básica das AMT's é com a melhoria da produtividade e qualidade da produção, o que constitui, na verdade, o grande

desafio do desenvolvimento tecnológico. Essas tecnologias, neste trabalho denominadas simplesmente "AMT's", têm caracterizado amplamente os modernos sistemas de manufatura, onde a definição da produção estabelece duas diferentes dimensões da produtividade, quais sejam: produtividade na esfera do projeto, e produtividade na esfera da manufatura. Trata-se, portanto, de um conjunto de alternativas tecnológicas, que podem satisfazer as necessidades de ganhos de produtividade, em diversos aspectos da estrutura operacional da empresa.

Por outro lado, o monitoramento e avaliação dos ganhos de produtividade, decorrentes da aplicação dessas tecnologias, impõe a formulação de modelos de mensuração mais adequados, que permitam avaliar o desempenho global da produção. Considerando que os modernos sistemas de produção estão baseados em AMT's, pode-se compreender que uma medida da produtividade global dessas empresas, deve traduzir obrigatoriamente os novos conceitos de manufaturabilidade, como forma de melhor expressar os resultados deles decorrentes.

Neste contexto de considerações, Son e Park (1987) desenvolveram uma Medida de Desempenho Global de Produção (IMPM – *Integrated Manufacturing Performance Measure*), combinando as três grandes categorias de elementos conceituais das AMT's: qualidade total, flexibilidade e produtividade.

Esse modelo parte do princípio de que o somatório do custo total de um sistema produtivo, envolve custos que estão claramente relacionados com a produtividade das operações; custos diretamente relacionados com a variável qualidade; e, custos claramente orientados para a flexibilidade do sistema. A Figura 3.11 esquematiza a organização desses custos em duas categorias: os custos relativamente bem estruturados (*RWSC – Relatively Well-Structured Costs*) e os custos relativamente mal estruturados (*RISC – Relatively ill-Structured Costs*).

Os custos relativamente bem estruturados (*RWSC*) referem-se aos custos de produtividade, e são denominados assim por se tratarem de itens de *inputs* tangíveis, facilmente quantificáveis e bastante conhecidos pelos contadores. Os elementos do custo de produtividade incluem todas as variáveis mostradas na Figura 3.8, bem como as sub-variáveis delas decorrentes.

Também de acordo com os autores, os custos relativamente mal estruturados (*RISC*) são aqueles para os quais ainda existe uma relativa falta de conhecimento sobre os mesmos, bem como considerável indisposição por parte dos contadores em sua exploração aprofundada. Esses custos referem-se aos custos da qualidade e aos custos da flexibilidade.

<b>CUSTO DA MANUFATURA</b>	<b>CUSTO DE PRODUTIVIDADE</b>	Mão-de-Obra	-----	Produtividade da Mão-de-Obra
		Material	-----	Produtividade do Material
		Depreciação	-----	Produtividade do Capital
		Máquina	-----	Produtividade da Máquina
		Ferramenta	-----	Produtividade da Ferramenta
		Chão de Fábrica	-----	Produtividade da Planta
		Software	-----	Produtividade do Software
	<b>CUSTO DE QUALIDADE</b>	Prevenção	-----	Qualidade do Processo
		Falha	-----	Qualidade do Produto
	<b>CUSTO DE FLEXIBILIDADE</b>	Set-up	-----	Flexibilidade do Produto
		Espera	-----	Flexibilidade do Processo
		Ociosidade	-----	Flexibilidade da Máquina
		Estoque	-----	Flexibilidade da Demanda

**FIGURA 3.11 - SISTEMA DE CUSTOS PARA ANÁLISE DA MANUFATURA AVANÇADA**  
 FONTE: Son Young (1987)

Baseados nestas considerações, os autores estabelecem assim os fundamentos do Modelo de Desempenho Global da Produção (IMPM), cuja matriz de avaliação matemática pode ser representada pela seguinte equação:

$\text{IMPM} = \text{Valor Total de Output} / ( \text{CP} + \text{CQ} + \text{CF} ) \quad (2.14)$
---

onde:

- CP é o custo da produtividade;
- CQ é o custo da qualidade;
- CF é o custo da flexibilidade.

### 3.5.3 - OS FUNDAMENTOS DO MODELO DE DESEMPENHO GLOBAL

A Escola Americana de Economia e Gestão das Organizações pode ser facilmente considerada pioneira no desenvolvimento de estudos voltados para a avaliação econômica dos sistemas avançados de produção. É desta escola o trabalho de Son (1990), que definiu um sistema de custos para apoiar a análise dos sistemas avançados de manufatura, conforme ilustra a Figura 3.11.

De acordo com a abordagem apresentada, o custo total de produção em um ambiente avançado de manufatura, inclui os custos de produtividade (definidos como os custos dos itens de entrada das medidas convencionais de produtividade), os custos de qualidade e os custos de flexibilidade, correspondendo, respectivamente, aos custos dos elementos de entrada das medidas de qualidade e de flexibilidade.

O autor classifica esses três grupos de custos, em duas categorias: a dos custos relativamente bem-estruturados (*RWSC - Relatively Well-Structured Costs*) e a dos custos relativamente mal-estruturados (*RISC - Relatively Ill-Structured Costs*).

Os termos "relativamente bem-estruturados e relativamente mal-estruturados", são similares aos termos "programados e não-programados" de Simon (1960), assim como aos "estruturados e não-estruturados" de Gorry e Scott Morton (1971), ambos citados pelo autor. A diferença entre esses termos reside, principalmente, na ênfase sobre o termo "relativamente", uma vez que se considera a idéia de que a definição de tais custos, é ainda uma área com bastante densidade de investigações científicas.

Os custos *RWSC* envolvem os elementos tangíveis do processo produtivo, e são facilmente quantificáveis, recebendo por isso, a denominação de custos relativamente bem-estruturados. Os custos *RISC*, por sua vez, apesar de serem quantificáveis, apresentam dificuldades de definição no âmbito do sistema de produção, de modo que, normalmente, eles não são controlados pela gestão contábil. Keen e Scott Morton (1978) apresentam duas razões para a "má-estruturação" desses custos, quais sejam: a falta de conhecimento e muita má vontade por parte dos contadores para explorar o problema em profundidade.

Os elementos do custo *RWSC* (de produtividade), podem ser sintetizados em sete itens (ver Figura 3.11), definidos e quantificados da seguinte forma:

**CP.1 - MÃO-DE-OBRA** - O custo combinado da mão-de-obra corresponde ao custo do trabalho direto e indireto, requerido pelas atividades de produção, incluindo salários, encargos e vantagens. Diferentemente do que ocorre em um sistema

convencional, nos sistemas de manufatura avançada o operador multifuncional é treinado para lidar com diferentes máquinas.

Assim sendo, a remuneração do operador deve ser determinada em função das diferentes taxas de remuneração, bem como dos vários indicadores de produção, atribuídas para cada máquina. Nesse sentido, o custo combinado da mão-de-obra corresponde ao *input* para a produtividade do trabalho. A proposição do modelo sugere que a equação para definição do custo de mão-de-obra deve ter as seguintes variáveis:

$$C_L = \sum L1c_d n_d + \sum L2c_i n_i + c_{fr}$$

$$C_L = ( \text{custo da mão-de-obra direta} ) + ( \text{custo da mão-de-obra indireta} ) + ( \text{vantagens} )$$

onde:

- L1        é o número das diferentes tarefas usando mão-de-obra direta;
- c<sub>d</sub>        é o salário da tarefa d por unidade de tempo;
- n<sub>d</sub>        é a quantidade de mão-de-obra direta requerida pela tarefa d;
- L2        é o número de diferentes tarefas usando mão-de-obra indireta;
- c<sub>i</sub>        é o salário da tarefa i durante o horizonte de planejamento;
- n<sub>i</sub>        é a quantidade de mão-de-obra indireta requerida pela tarefa i;
- c<sub>fr</sub>        são as vantagens pagas à mão-de-obra direta e indireta no  
horizonte de planejamento.

**CP.2 - MATERIAL** - Refere-se ao custo combinado de todos os materiais utilizados na produção, incluindo os materiais diretos e indiretos, bem como os custos de ordenamento desses materiais. No entendimento do modelo proposto, o custo desses recursos corresponde ao *input* para a produtividade do material, e deve ser calculado da seguinte forma:

$$C_R = \sum C_d( J ) n_d( J ) + C_{id} + C_o$$

$$C_R = ( \text{custo do material direto} ) + ( \text{custo do material indireto} ) + ( \text{custo de ordenamento} )$$

onde:

- J                    é o número das diferentes peças;  
 $C_d(J)$             é o custo do material direto utilizado na peça J;  
 $n_d(j)$             é a quantidade de material direto usado na peça J;  
 $C_{id}$                 é o custo do material indireto, exceto ferramentas;  
 $C_o$                  é o custo total de ordenamento dos materiais.

**CP.3 - MÁQUINA** - O custo de máquina é a contrapartida do custo da mão-de-obra, em um ambiente de elevada configuração tecnológica. O cálculo desse custo inclui os itens de energia, manutenção, reparos, seguro e juros sobre o capital empatado. Nesse sentido, o procedimento de cálculo envolve as seguintes variáveis:

$$C_M = \Sigma \{ c_u(k) T_m(k) + c_{mt}(k) T_{mt}(k) + c_r(k) T_r(k) + aF_k + bF_k \}$$

$$C_M = (\text{Energia}) + (\text{Manutenção}) + (\text{Reparos}) + (\text{Seguro}) + (\text{Juros sobre o Capital})$$

onde:

- $c_u(k)$             é o custo de energia da máquina k por unidade de tempo;  
 $T_m(k)$             é o tempo total, em horas de máquina, da máquina k;  
 $c_{mt}(k)$             é o custo de manutenção da máquina k, por unidade de tempo;  
 $T_{mt}(k)$             é o tempo total, em horas de manutenção, da máquina k;  
 $c_r(k)$             é o custo de reparo da máquina k, por unidade de tempo;  
 $T_r(k)$             é o tempo total, em horas de reparo, da máquina k;  
a                    é a taxa de seguro;  
 $F_k$                 é o valor de compra da máquina k;  
b                    é a taxa normal de juros.

**CP.4 - CHÃO DE FÁBRICA** - diz respeito ao custo de energia, manutenção, reparos, seguro e juros sobre o capital, associados à planta de produção. Corresponde ao custo do espaço ocupado pelas máquinas, equipamentos de produção, produtos em processo e em estoque, bem como pelas inversões de apoio como restaurante, cantina e salas de lazer. Em ambientes de manufatura avançada, esse custo tende a ser bem menor em relação à produção convencional, uma vez que o arranjo celular reduz as necessidades de espaço. A permanente redução de estoques e o

uso de instalações flexíveis, também colaboram com a diminuição desse custo. A metodologia de cálculo prevê a seguinte equação:

$$C_S = c_{SD} S_M$$

onde:

$c_{SD}$  é o custo, por metro quadrado, do chão de fábrica;

$S_M$  é o tamanho, em metro quadrado, da planta de produção.

**CP.5 - FERRAMENTAS** - Está relacionado com o custo de manutenção e reposição dos equipamentos, devido ao uso e/ou perdas. O princípio da reposição regular das ferramentas permite minimizar as quebras e/ou panes de ferramentas e máquinas, bem como a qualidade do processo, através da inspeção preventiva. Em geral esse custo é determinado pelas seguintes variáveis:

$$C_T = \sum c_U(m) \{ n_W(m) + n_B(m) \}$$

$$C_T = (\text{custo unitário por equipamento}) + (\text{número total de equipamentos substituídos})$$

onde:

$M$  é o número de diferentes equipamentos;

$c_U$  é o custo unitário do equipamento do tipo  $m$ ;

$n_W$  é o número de equipamentos usados do tipo  $m$ ;

$n_B$  é o número de equipamentos quebrados do tipo  $m$ .

**CP.6 - SOFTWARE** - Trata-se do custo de manutenção dos diversos *softwares* utilizados pelo sistema de produção, tais como o sistema operacional (OS), equipamentos de programação automática (APT's) para máquinas de comando numérico, sistema de gerenciamento de base de dados (DBMS), planejamento das necessidades de material (MRP), tecnologia de produção otimizada (OPT), entre outros. Esse custo deve ser calculado através das seguintes variáveis:

$$C_C = \sum c_{MS}(s) n_{SW}(s)$$

onde:

$c_{ms}(s)$  é o valor da quota de sócio do *software* de tipo "s", no horizonte de planejamento;

$n_{sw}(s)$  é o número de *softwares* do tipo "s".

**CP.7 - DEPRECIÇÃO** - É talvez o elemento mais importante do custo de manufatura, uma vez que as novas tecnologias de produção custam muito caro. Corresponde, assim, ao custo de reposição dos equipamentos e instalações de produção, quando tornados inúteis pelo uso ou com o tempo. A obsolescência devida ao progresso tecnológico, deve também ser calculada como custo de depreciação. Na acepção desse modelo o custo de depreciação constitui um ítem de *input* da produtividade do capital.

Os custos mal-estruturados (RISC) por sua vez, envolvem tanto os custos de qualidade, quanto os custos de flexibilidade. Os custos de qualidade apresentam-se organizados em quatro categorias: prevenção, avaliação, falhas internas e falhas externas. Em função da nova orientação sobre controle de qualidade, os custos de prevenção e avaliação apresentam-se combinados sob a denominação de "custos de prevenção", enquanto que os custos de falhas internas e externas apresentam-se como "custos de falhas".

**CQ.1 - PREVENÇÃO** - O custo de prevenção está relacionado com as atividades de prevenção de defeitos dos produtos (acabados), através de checagem e correção de problemas de qualidade no processo, antes da inspeção final. Seus valores decorrem dos custos de atividades de treinamento de operadores, serviços de consultoria de qualidade, testes de laboratório, montagem e acompanhamento de gráficos de controle e processos de capacidade. A determinação do custo de prevenção deve seguir a seguinte equação de cálculo:

$$C_D = \sum \sum c_D(j, k) N$$

onde:

$c_D(j, k)$  = é o custo de prevenção da peça j para a máquina k, por unidade de tempo;

N = é o número de peças e de processos de máquinas.

cq.2 - **FALHAS** - O custo de falhas está relacionado com os produtos acabados que não alcançaram o padrão de qualidade desejado. Esse custo inclui as despesas com falhas internas, relacionadas com desperdício de material e retrabalho, assim como as despesas com falhas externas, decorrentes de reclamações e litígio, pagamento/reposição de garantia e reparos de produtos devolvidos. Uma metodologia que permite determinar o custo de falhas, é a seguinte:

$$C_F = \sum c_f(j) Q_j$$

onde:

$c_f(j)$  é o valor do custo de falha da peça  $j$ ;

$Q_j$  é a quantidade de peças  $j$  produzida.

O estudo de Son e Hsu (1991) evidencia o fato de que o melhoramento da qualidade do produto, encontra-se atualmente no topo da lista de prioridades dos fabricantes. Os autores argumentam que os custos da qualidade não aparecem nos relatórios da contabilidade (apesar de corresponderem de 25 a 35% do custo da manufatura), por dois motivos: primeiro, porque eles são relativamente novos e mal-estruturados, o que torna difícil sua mensuração objetiva; e, segundo, por que o sistema contábil convencional está atrasado e, portanto, inadequado, para acomodar essa categoria de custos.

A abordagem desenvolvida por Son (1990) considera que os quatro custos não-convencionais de *set-up*, espera, ociosidade e estoque, são na verdade, componentes do custo de flexibilidade. Eles são usados para medir as flexibilidades do produto, do processo, das máquinas/equipamentos e da demanda, respectivamente.

cf.1 - **SET-UP** - Trata-se do custo de preparação das máquinas para cada fase do processo produtivo. Assumindo que o custo de *set-up* pode ser reduzido em função dos lotes de pequeno tamanho, considera-se então que o sistema de manufatura é adaptável à mudanças em um mix de produtos. Esta adaptabilidade é definida como "flexibilidade do produto", de modo que o custo de *set-up* pode representar um indicador dessa flexibilidade. Um método pelo qual esse custo pode ser determinado, é o seguinte:

$$A = \sum C_{SU}(k) T_{SU}(k)$$

onde:

$C_{SU}(k)$  é o custo de *set-up*, por unidade de tempo, para a máquina  $k$ ;

$T_{SU}(k)$  é o tempo total de *set-up* para a máquina  $k$ , durante o horizonte de planejamento.

**CF.2 - ESPERA** - Refere-se ao custo de oportunidade de peças que estão esperando por serviço, em algum ponto do processo de produção, de modo que esse custo pode ser considerado como o custo do estoque de trabalho-em-processo. Normalmente identificam-se duas fontes de espera para uma peça: o atraso do lote (tempo necessário para que o lote esteja completo) e o atraso do processo (decorrente de desequilíbrios verificados no processo). A redução do custo de espera indica que o processo de manufatura está apto para responder integralmente aos problemas de gargalos, causados pelo tempo de processamento desbalanceado, quebras de máquinas, etc. Esta habilidade é definida como "flexibilidade do processo". Esse custo apresenta a seguinte composição:

$$C_w = v [\sum \sum T_w(j, k) \{n(j, k-1) - n(j, k)\} + \sum T_w(j, K_i + 1) n(j, K_i + 1)]$$

$$C_w = (\text{custo de espera por unidade de tempo}) (\text{tempo total de espera das peças produzidas})$$

onde:

$v$  é o custo de oportunidade por unidade de tempo;

$K_j$  é o número de processos dos quais a peça  $j$  faz parte;

$T_w(j, k)$  é o tempo de espera acumulado da peça  $j$  sobre o processo  $k$ ;

$n(j, -1)$  é a quantidade de matéria-prima da peça  $j$  em área de produção;

$n(j, k)$  é o número de peças  $j$  que passaram pelo processo  $k$ ;

$\{n(j, k-1) - n(j, k)\}$  é a quantidade de peças em elaboração entre os processos  $k - 1$  e  $k$ ;  
 $n(j, K_j + 1)$  é o número total de peças acabadas  $j$ ;

**CF.3 - OCIOSIDADE OU SUB-UTILIZAÇÃO** - Trata-se de um outro custo de oportunidade associado com a sub-utilização dos equipamentos de produção. Quando se reduz os custos de ociosidade, tem-se que as máquinas e os equipamentos de manufatura estão bem utilizados, apesar da introdução freqüente de novos produtos, ou seja, o maquinário é flexível. Esta flexibilidade é definida como "flexibilidade da máquina ou do equipamento". Neste sentido, o custo de ociosidade pode ser facilmente calculado pela equação:

$$C_I = v \sum (1 - u_k) N$$

$$C_I = (\text{custo de ociosidade por unidade de tempo}) (\text{tempo total de ociosidade do equip.})$$

onde:

$v$  é o custo de oportunidade por unidade de tempo;

$u_k$  é a utilização da máquina  $k$ ;

**CF.4 - ESTOQUE** - Refere-se ao custo do estoque, em alta ou em baixa, de matérias-primas e produtos acabados. Os produtos em processo são contabilizados no custo de espera. As reduções no custo de estoque, provenientes de sua rotatividade, indicam uma boa capacidade de resposta à demanda interna para matérias-primas e produtos acabados, ou seja, assume-se assim que o sistema de produção está adaptado às mudanças na taxa de demanda. Esta adaptabilidade é definida como "flexibilidade da demanda". Uma metodologia de cálculo pode assumir o seguinte procedimento:

$$C_H = c_{SD} S_I + \sum [c_{sm}(j) \{I_{om}(j) + U_i - W_i\} + c_{sf}(j)] \{I_{of}(j) + Q_i - D_i\} \\ + \sum [c_{bm}(j) \{W_i - U_i - I_{om}(j)\} + c_{bf}(j)] \{D_i - Q_i - I_{of}(j)\}$$

onde:

$S_I$  é a área de depósito do estoque;

$c_{sm}(j)$  é o custo de transportar uma unidade de matéria-prima

- da peça  $j$ ;
- $I_{om}(j)$  é o estoque inicial de matéria-prima da peça  $j$ ;
- $U_j$  é a quantidade de matéria-prima obtida dos fornecedores;
- $c_{sf}(j)$  é o custo de transportar uma unidade do produto acabado da peça  $j$ ;
- $I_{of}(j)$  é o estoque inicial de produtos acabados da peça  $j$ ;
- $D_j$  é a taxa de demanda para a peça  $j$ ;
- $c_{bm}(j)$  é o custo de escassez (falta) de uma unidade de matéria-prima da peça  $j$ ;
- $c_{bf}(j)$  é o custo de escassez (falta) de uma unidade de produto acabado da peça  $j$ .

Considerando que o desempenho global do sistema de produção corresponde a uma medida correta da produtividade da empresa, a argumentação dos autores sugere um conceito amplo de produtividade, baseado na eficiência tridimensional do sistema, ou seja, eficiência dos recursos, dos processos e dos produtos. Desse modo, o modelo de determinação de desempenho desenvolvido nesta abordagem, permite um questionamento importante sobre o paradoxo da produtividade, apresentado por Skinner (1986).

#### 3.5.4. - APLICAÇÃO DO MODELO DE DESEMPENHO GLOBAL

Na verdade, o IMPM (*integrated manufacturing performance measure*) é um modelo de definição da produtividade do sistema, que desconsidera totalmente a idéia da produtividade dos recursos, dissociada da produtividade dos processos (flexibilidade do sistema) e da produtividade dos produtos (qualidade).

Uma ampla revisão da literatura realizada por Son (1991), permite que o autor estabeleça algumas considerações sobre as tendências da pesquisa na área de economia de tecnologia avançada de produção (AMT economics). Inicialmente, o autor sugere que essas tendências têm apresentado uma significativa mudança, passando dos aspectos isolado, qualitativo, localizado e míope, para estudos de natureza integrada, quantitativa, estratégica e macro, conforme ilustrado na Figura 3.12.

Os primeiros estudos sobre economia de AMT, envolvendo medidas de desempenho, estimativa de custo e análise de decisão, foram realizados em áreas

separadas, constituindo campos isolados de pesquisa. De um modo geral, os estudos dessa fase estão voltados, especificamente, para os benefícios tangíveis das tecnologias avançadas de produção, os quais são tratados sob um ponto de vista qualitativo e elementar.

Em estudos recentes, essas três áreas de pesquisa (medidas de desempenho, estimativa de custos e análise de decisão) têm sido integradas, resultando em mudanças significativas. Alguns benefícios de natureza intangível das AMT's, como qualidade e flexibilidade, passaram a ser quantificáveis, permitindo a definição de medidas de desempenho e modelos de análise de decisão, incluindo tais variáveis. Essa integração das áreas de pesquisa caracteriza portanto, um avanço no campo do conhecimento, a partir do qual se poderá definir medidas de desempenho global da produção, bem como modelos de decisão estratégica.

VARIÁVEIS	PESQUISAS ANTERIORES	PESQUISAS ATUAIS
• CARACTERÍSTICAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Isolada</li> <li>• Qualitativa</li> <li>• Localizada</li> <li>• Míope</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integrada</li> <li>• Quantitativa</li> <li>• Macro</li> <li>• Estratégica</li> </ul>
• MEDIDA DE DESEMPENHO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mede a produtividade;</li> <li>• Sem referência ao sistema de custo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mede qualidade e flexibilidade, associando-as à produtividade;</li> <li>• Com referência ao sistema de custo.</li> </ul>
• ESTIMATIVA DE CUSTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utiliza componentes tangíveis na definição do custo do produto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantifica os elementos intangíveis do custo, na previsão dos benefícios econômicos das AMT's.</li> </ul>
• ANÁLISE DE DECISÃO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Justificar os sub-sistemas;</li> <li>• Medidas de curto prazo;</li> <li>• Baseada no velho sistema de custo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Justificar o sistema global;</li> <li>• Medidas de longo prazo;</li> <li>• Baseada no novo sistema de custo.</li> </ul>

FIGURA 3.12 - TENDÊNCIAS DA PESQUISA SOBRE ECONOMIAS DE AMT's

FONTE: Adaptado de Son (1991)

O autor chama atenção especificamente para o fato de que esse novo campo do conhecimento permite a realização de estudos sobre o ciclo que define as medidas de desempenho da produção, de modo que os benefícios relativamente mal-definidos do sistema de manufatura possam ser quantificados.

Nessa nova abordagem, a quantificação desses benefícios (aumentos de qualidade, flexibilidade, aprendizagem, respostas às mudanças do mercado, ou ainda as reduções dos tempos de *set-up*, processamento e *lead time*, bem como de estoque, sub-utilização do equipamento e tempos de espera), constitui a preocupação central dos esforços de pesquisa.

Baseado sobre um novo sistema de custos, o IMPM (*integrated manufacturing performance measure*) é definido como o rateio do valor total do *output* pela soma dos custos de produtividade, qualidade e flexibilidade (equação 2.14). Neste sentido, existem grandes diferenças conceituais entre as medidas tradicionais de produtividade e o modelo IMPM.

Em geral, o *input* ou denominador de uma medida tradicional de produtividade representa apenas o custo de produtividade, enquanto que o *output* ou numerador indica o valor de todos os itens que são produzidos, sem nenhuma referência àqueles que são realmente vendidos. Assim apresentada, a medida de produtividade avalia apenas a *eficiência* do sistema produtivo, sem considerar se os itens produzidos geraram lucros ou não através das vendas.

Em contrapartida, o Modelo de Desempenho Global (IMPM) considera não apenas as unidades tradicionais de *input*, mas também aquelas unidades não-tradicionais, tais como os custos de qualidade e de flexibilidade. Observando a equação (2.14), por exemplo, pode-se inferir as seguintes considerações:

Uma diminuição do custo de estoque (que representa um elemento do custo de flexibilidade), indica que as vendas aumentam, uma vez que o montante do estoque é dado pela diferença entre o valor da produção e o valor das vendas ( $E = P - V$ ); quando o custo de estoque é zero, isto significa que todos os produtos são vendidos. Assim, uma redução do custo de falhas externas (que é um elemento do custo de qualidade), assinala uma diminuição nas devoluções dos produtos vendidos, indicando um aumento da satisfação do cliente.

Este modelo representa, portanto, uma medida da eficácia do sistema de produção, uma vez que envolve variáveis que estão estreitamente relacionadas com a própria configuração tecnológica do sistema, ou seja, os elementos de produtividade, qualidade e flexibilidade da manufatura.

Para ilustrar a abordagem conceitual desta medida de desempenho, Son estabelece um exemplo numérico (ver Figura 3.13), descrevendo os valores da produção de uma empresa hipotética de manufatura.

		1988	1989
<i>Output</i>	Taxa de Produção _____	2000	2000
	Preço Deflacionado _____	20	20
	<i>Output Total</i>	40,000	40,000
<i>Input</i>	Custo de Produtividade _____	30,000	32,000
	Custo da Mão-de-Obra	3,000	2,000
	Custo do Capital	2,000	5,000
	Custo de Qualidade _____	6,000	3,000
	Custo de Flexibilidade _____	6,000	1,000
	<i>Input Total</i>	42,000	37,000
		1988	1989
	Produtividade da Mão-de-Obra	$40,000 / 3,000 = 13.33$	$40,000 / 2,000 = 20.00$
	Produtividade do Capital	$40,000 / 2,000 = 20.00$	$40,000 / 5,000 = 8.00$
	Produtividade Total	$40,000 / 30,000 = 1.33$	$40,000 / 32,000 = 1.25$
	IMPM	$40,000 / 42,000 = 0,95$	$40,000 / 37,000 = 1.11$

FIGURA 3.13 - EXEMPLO NUMÉRICO-DEMONSTRATIVO DO CÁLCULO DO IMPM

FONTE: Adaptado de Son (1990, p.42)

A ilustração da figura em pauta apresenta o caso de uma companhia que fabrica diversos tipos de produtos, cada um dos quais apresentando diferentes taxas de produção. Todos esses produtos, no entanto, podem ser agregados em uma mesma unidade de valor, uma vez que seus preços são igualmente deflacionados pela mesma referência de valor. Observa-se assim que, em 1988, o valor total de *output* é menor que o valor total de *input*. Este resultado pode ser atribuído aos eventuais desperdícios de produção, traduzidos pelos elevados índices de sucateamento e retrabalho, de custos de garantia e *set-up*, bem como os de estoque de matérias-primas, produtos em processo e acabados.

Considerando apenas os indicadores convencionais de produtividade (produtividade da mão-de-obra, produtividade do capital e produtividade total) e, embora a companhia continue sofrendo perdas, gerentes e administradores insensatos podem admitir a existência de uma boa performance de manufatura, uma vez que tais indicadores são todos maiores que 1 – o *primeiro paradoxo da produtividade*.

Em meados de 1989, a companhia implementou um pacote de tecnologias avançadas de produção, com o objetivo de melhorar sua lucratividade. Assim, a automação da fábrica encurtou significativamente o valor global de *input*, apesar do elevado aumento do custo de capital, decorrente do investimento em novas tecnologias. Isto pode ser explicado, entretanto, pela diminuição dos custos de mão-de-obra, qualidade e flexibilidade, resultante da redução de desperdícios imposta

pelas novas tecnologias. Desse modo, o aumento do custo de capital é extraordinariamente compensado pela diminuição dos outros custos.

Por outro lado, o valor total de *output* permanece inalterado, uma vez que os dois exercícios utilizam a mesma taxa de produção, bem como o mesmo preço deflacionado. Portanto, é correto afirmar que a companhia realmente obteve lucros após os investimentos, pois o *output* total excede o *input* total.

Neste caso, avaliar as mudanças ocorridas no desempenho da produção durante os dois exercícios, tomando por base apenas os indicadores parciais de produtividade, pode sem dúvida levar a resultados contraditórios. Isso porque, enquanto a produtividade da mão-de-obra indica o desempenho melhorado, a produtividade do capital representa uma redução do desempenho.

Desta maneira, ao utilizar o indicador de produtividade total, a companhia é igualmente induzida a acreditar que gerou lucros, uma vez que o resultado é todavia positivo. Na verdade, esse resultado é conceitualmente confuso, pois o índice de produtividade total indica apenas um decréscimo do desempenho da manufatura – o *segundo paradoxo da produtividade*.

Utilizando o IMPM como indicador de desempenho global da manufatura, pode-se verificar a impertinência de ambos os paradoxos. No caso do primeiro paradoxo da produtividade, por exemplo, o IMPM aponta um índice de 0.95 (menor que 1), contrariamente portanto aos índices registrados pelos indicadores parciais (todos maiores que 1). Em relação ao segundo paradoxo, o IMPM estabelece um índice de aumento (de 0.95 para 1.11), contrariando novamente o índice convencional de produtividade total, que registra um decréscimo do desempenho.

A partir destas demonstrações, o autor conclui que o método do IMPM avalia sobretudo a eficácia da manufatura num horizonte de longo prazo, integrando unidades de produtividade, de qualidade e flexibilidade, para indicar o grau de realização ou consecução das metas de produção.

### 3.6 - CONCLUSÕES DO CAPÍTULO

Os modelos de avaliação da produtividade têm passado por um considerável processo de evolução, permitindo assim o avanço da aplicação de suas medidas, nos mais diversos setores do mundo produtivo. Entre as abordagens discutidas neste capítulo, duas correntes de avaliação são exaustivamente analisadas, com amplo rastreamento na bibliografia disponível. Desse processo de análise e

discussão, algumas considerações podem ser apresentadas, como resultados da apreciação realizada.

É incontestável o fato de que o uso de medidas de desempenho baseadas na produtividade de fator total, constitui um importante mecanismo para a verificação do desempenho dinâmico da organização, sobretudo quando esse desempenho pode ser comparado com os resultados obtidos pelos concorrentes. Essa abordagem permite, dessa maneira, a identificação de perspectivas e *insights* sobre as capacidades, oportunidades e vulnerabilidades da organização em questão.

Na verdade, muitas das medidas conhecidas no contexto dessa abordagem, apresentam no entanto algumas limitações, principalmente quando analisadas do ponto de vista de sua aplicação para a criação de vantagens competitivas. Nesse sentido, estas medidas carecem de parâmetros de mensuração mais globais, com caracteres de integração igualmente mais amplos.

As novas configurações tecnológicas da produção, associadas aos novos sistemas organizacionais, impõem a criação de uma perspectiva mais dinâmica dos sistemas de avaliação da produtividade. A discussão emergente é que os atuais parâmetros de medida devem ser ampliados, de modo a expressarem uma maior grandeza de valor.

A construção de um sistema de avaliação mais adequado, requer, portanto, a formulação de uma perspectiva dinâmica em torno das unidades de mensuração. Essa perspectiva deve incluir a definição de um sistema de informações seguras para apoiar os procedimentos de avaliação, incluindo dados do tipo: padrões de *output* e *input* no tempo, conhecimento dos competidores, estratégias da concorrência, etc.

Por outro lado, os procedimentos de avaliação que estão sendo propostos para aferir o desempenho da manufatura avançada, padecem da inadequação dos atuais sistemas contábeis, que não respondem às necessidades de acompanhamento e controle de muitas unidades importantes de sua estrutura de custos. A contabilidade das atividades ou o método ABC de apuração dos custos, aparece como uma alternativa importante ao sistema contábil tradicional, devendo ser testado como ferramenta de análise.

Os esforços para a integração da pesquisa em áreas interdisciplinares do processo de gestão, pode permitir o desenvolvimento de sistemas contábeis mais adequados às novas configurações organo-produtivas, assegurando assim a viabilidade operacional de métodos de avaliação mais adequados.

## QUARTO CAPÍTULO

# SISTEMAS PRODUTIVOS, DESEMPENHO E TENDÊNCIAS OPERACIONAIS NA INDÚSTRIA AGRO-ALIMENTAR

"No mundo dos negócios, o único objetivo que se impõe, é o de fazer melhor que a concorrência".  
Oliver Wight

### 4.1 - INTRODUÇÃO

As duas últimas décadas, caracterizadas pela revolução tecnológica e pelo acirramento da competitividade mercadológica, marcaram também um período de profundas transformações para a indústria alimentar. Ao nível da atividade industrial, apareceram os novos métodos de produção, aliados aos conceitos de gestão e de organização da produção, estimulando assim um intenso processo de mudanças nessa indústria. Segundo as observações de Nakhla (1993), as transformações verificadas na indústria de alimentos têm suas origens na instabilidade do ambiente organizacional, traduzida pelo encurtamento dos ciclos de vida dos produtos e da grande variedade desses produtos sobre o mercado.

A maior parte das classificações atribuída aos sistemas produtivos — ver capítulo 2, ou mais detalhadamente Gousty e Kieffer (1988) e Woodward (1965) —, estabelece que as indústrias de processo, notadamente as de processos alimentares, tanto podem ser consideradas como relativamente homogêneas ao nível do processamento que efetuam, como portadoras de uma grande heterogeneidade de processos, correspondendo muitas vezes a diversos tipos pertinentes. Na verdade, a literatura disponível indica que essa indústria integra

diversos modos de produção, sendo perfeitamente possível que uma unidade operacional comporte diferentes sistemas de manufatura.

Nesse sentido, considera-se por exemplo que, muitas vezes, uma mesma unidade produtiva pode comportar um sistema de montagem na sua fase de condicionamento, combinado com um sistema de transformação que deve operar sob uma base de previsão em relação à demanda dos clientes, e/ou produzindo, simultaneamente, produtos específicos e padronizados.

A produção literária sobre a modernização das operações industriais, principalmente no que diz respeito aos mecanismos de reatividade das organizações, já é ao mesmo tempo abundante e conhecida. Existe igualmente uma vasta literatura sobre a implantação dos modos flexíveis de produção, registrando um enorme avanço dos sistemas operacionais em direção à automatização, bem como à flexibilidade e ao alto desempenho das atividades de manufatura. Apesar disso, a aplicação desses métodos de pilotagem, de gestão e de organização operacional na indústria alimentar, continua ainda pouco estudado, de modo que a literatura disponível sobre estes aspectos é extremamente rara.

Este capítulo apresenta os aspectos relevantes da indústria agro-alimentar, ou seja, as esferas de análise e estudo dessa indústria inseridas neste trabalho. Trata-se na verdade de apresentar o objeto de análise da presente pesquisa, identificando as diversas unidades de observação e discussão que fundamentam os objetivos propostos. Nesse sentido, o capítulo analisa a configuração organizacional e tecnológica dos sistemas produtivos na indústria de alimentos, procurando apresentar as diferentes tipologias registradas, os avanços incorporados na gestão e controle desses sistemas, bem como as tendências operacionais que podem ser definidas em relação à indústria.

O capítulo está organizado, portanto, em cinco seções, sendo que cada uma delas constitui uma referência específica do trabalho, conforme pode ser observado nas páginas seguintes. A primeira seção apresenta as considerações iniciais sobre a reflexão e análise produzida, definindo o ordenamento dos itens estudados ao longo do capítulo. Colocada logo em seguida, a segunda seção estabelece algumas observações sobre a estrutura dos mercados agro-alimentares, priorizando a definição dos termos utilizados no capítulo, bem como os aspectos mercadológicos relevantes da indústria, tais como: as principais estratégias das companhias agro-alimentares, os dispositivos de expansão estratégica do setor, o processo de

internacionalização da indústria alimentar, e o desempenho tecnológico obtido nos últimos anos.

A terceira seção discute a configuração organizacional e tecnológica dos sistemas de produção utilizados pelas indústrias do setor, prescrevendo uma classificação desses sistemas de acordo com diferentes critérios, como por exemplo, de acordo com a função de processamento, com o tipo de organização industrial, e ainda segundo a natureza dos fluxos empregados. Esta seção analisa também as tendências operacionais da indústria, face aos novos conceitos de produção.

A quarta seção apresenta uma tipologia conceitual dos sistemas avançados de produção na indústria de alimentos, esquematizando uma classificação dessas indústrias com base em diversas variáveis que integram os modernos sistemas produtivos. Nesse sentido, o esquema classificatório apresenta diversas configurações de indústrias, utilizando como critérios de definição, variáveis do tipo: natureza dos ciclos operatórios, gestão dos fluxos, sistemas combinados, flexibilidade de produção, coordenação e contrato multiatores, integração computacional e gestão na incerteza. Finalmente, a última seção contém as considerações finais do capítulo, resultantes do trabalho de discussão e análise dos pontos abordados.

#### **4.2 - ESTRUTURA DOS MERCADOS, ESTRATÉGIAS E DESEMPENHO TECNOLÓGICO DAS COMPANHIAS AGRO-ALIMENTARES**

O mercado alimentar, contrariamente a outros tipos de mercado, é dominado pela imagem tradicional que os consumidores têm dos alimentos. Vários estudos mostram que nos países desenvolvidos os valores dominantes são aqueles que decorrem da pesquisa de produtos saudáveis e frescos, associados ao pragmatismo da longa conservação, da adaptabilidade às diversas necessidades, da facilidade de acesso, da informação e da diferenciação. Com base nestas duas referências extremas de "produtos naturais" e "alimentos adaptados" às múltiplas necessidades dos consumidores, Green e Rocha dos Santos (1993) consideram que o setor alimentar é caracterizado por duas tendências convergentes e interativas.

De acordo com os autores, existe uma tendência à concentração e internacionalização da oferta produtiva, ligada à consolidação das formas de distribuição mais concentradas, e que por sua vez permitem a aplicação de novas técnicas de gestão das vendas. Uma outra tendência, completando assim as características atualmente dominantes, é aquela da adaptação permanente ao mercado, sem esquecer a modernização das técnicas de produção e de circulação das mercadorias.

Esta abordagem sustenta ainda que a diminuição do número de operadores industriais e da distribuição, foi acompanhada por uma tendência à multiplicação dos produtos alimentares oferecidos. Neste aspecto, em um país europeu, por exemplo, as referências de produtos alimentares contabilizam milhares de artigos<sup>1</sup>.

Em termos de organização industrial, o estudo dos sistemas agro-alimentares permite estabelecer uma relação estreita entre a empresa e o seu ambiente. Na sua forma mais simples, esse estudo substitui o comportamento do conjunto dos atores (empresas, grupos de empresas, organismos de intervenção, governos, etc), no que diz respeito ao contexto decisório. Por outro lado, ele faz a ligação entre os resultados das diferentes decisões tomadas por estes atores, e as transformações sofridas pelos sistemas de produção agro-alimentares, assim como o seu ambiente organizacional.

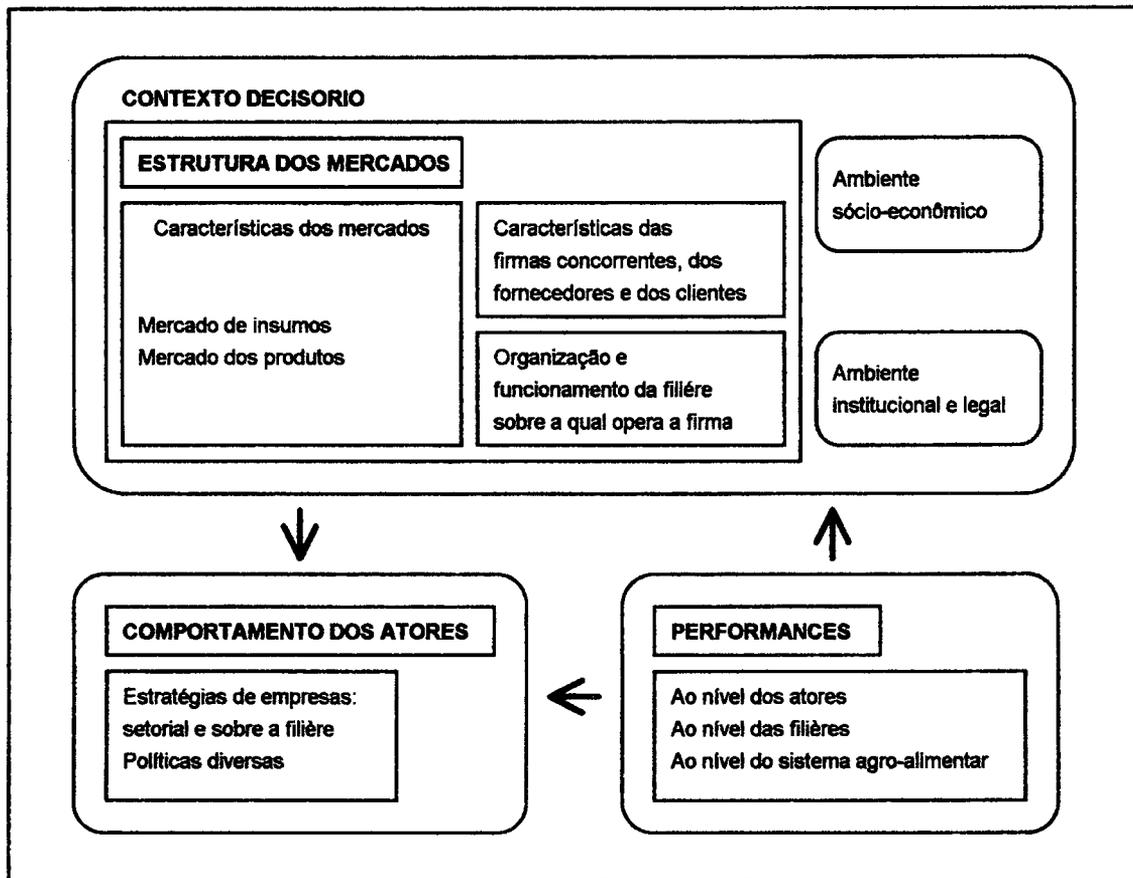
A Figura 4.1 permite identificar os grandes componentes, bem como as principais relações à serem consideradas, quando se analisa o comportamento de uma empresa, de um grupo de empresas ou do conjunto de uma filière agro-alimentar em relação com o seu ambiente.

O comportamento dos atores (empresas e governo) se localiza no centro do esquema ilustrativo. Encontram-se em primeiro plano, as estratégias elaboradas pelas empresas em relação à produção, ao lançamento no mercado, ao financiamento ou ao crescimento. A estes comportamentos empresariais, adicionam-se as estratégias setoriais complementares ou concorrenciais, as quais

---

<sup>1</sup> Uma central de compra de um supermercado na França, por exemplo, deve administrar entre 40.000 e 50.000 referências de produtos alimentares, em circulação nacional. Adicionando as referências não-alimentares, esta soma chega a ultrapassar os 100.000. Na Itália, onde a grande distribuição organizada começou a ser difundida apenas há pouco tempo, o número de referências é liquidamente inferior, mas em expansão acelerada. No Brasil, o número de referências produzidas tende a se alargar com o desenvolvimento dos super e dos hipermercados. Apesar de um número menor de referências em relação aos países desenvolvidos, ele gera uma quantidade crescente de produtos, necessários ao desenvolvimento das grandes áreas de vendas. Ver: Raúl H. GREEN e Roseli ROCHA DOS SANTOS. *Économie de Réseau et Chaîne Agro-Alimentaire*. In: *Brésil – Un Système Agro-Alimentaire en Transition*. Paris, IHEAL, 1993.

tanto podem ser internas ao sistema agro-alimentar, como estarem diretamente ligadas às filières. Estas estratégias têm como objetivo controlar o abastecimento ou o movimento dos produtos, fixar os termos de trocas, coordenar as atividades dos diferentes níveis de operações ou a facilitar a natureza e a velocidade das mudanças julgadas necessárias por alguns atores.



**FIGURA 4.1 - CONDIÇÕES DE BASE, ESTRATÉGIAS DAS FIRMAS E ESTRUTURA DOS MERCADOS AGRO-ALIMENTARES**

FONTE: Louis Malassis et Gérard Gherzi (1992)

As condições de base que constituem o contexto decisório, compreendem tanto as características dos mercados de insumos e de produtos, como as características e o comportamento das firmas concorrentes. Este primeiro conjunto de parâmetros constitui aquilo que se chama de "estruturas de mercados". A estas estruturas de mercados, adicionam-se as informações do ambiente sócio-econômico, institucional e legal.

#### **4.2.1 - AS ESTRATÉGIAS DE EXPANSÃO NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS**

O sistema de produção agro-industrial surgiu da aplicação, no setor agro-alimentar, das leis de desenvolvimento que são próprias às economias ocidentais. Implantando as técnicas de produção e de distribuição de massa em todos os níveis das cadeias agro-alimentares, integrando os processos de fabricação largamente automatizados, bem como transferindo os métodos de produção e de gestão já aprovados nos setores mais modernos da economia, os complexos agro-alimentares ocidentais entraram assim definitivamente na era industrial.

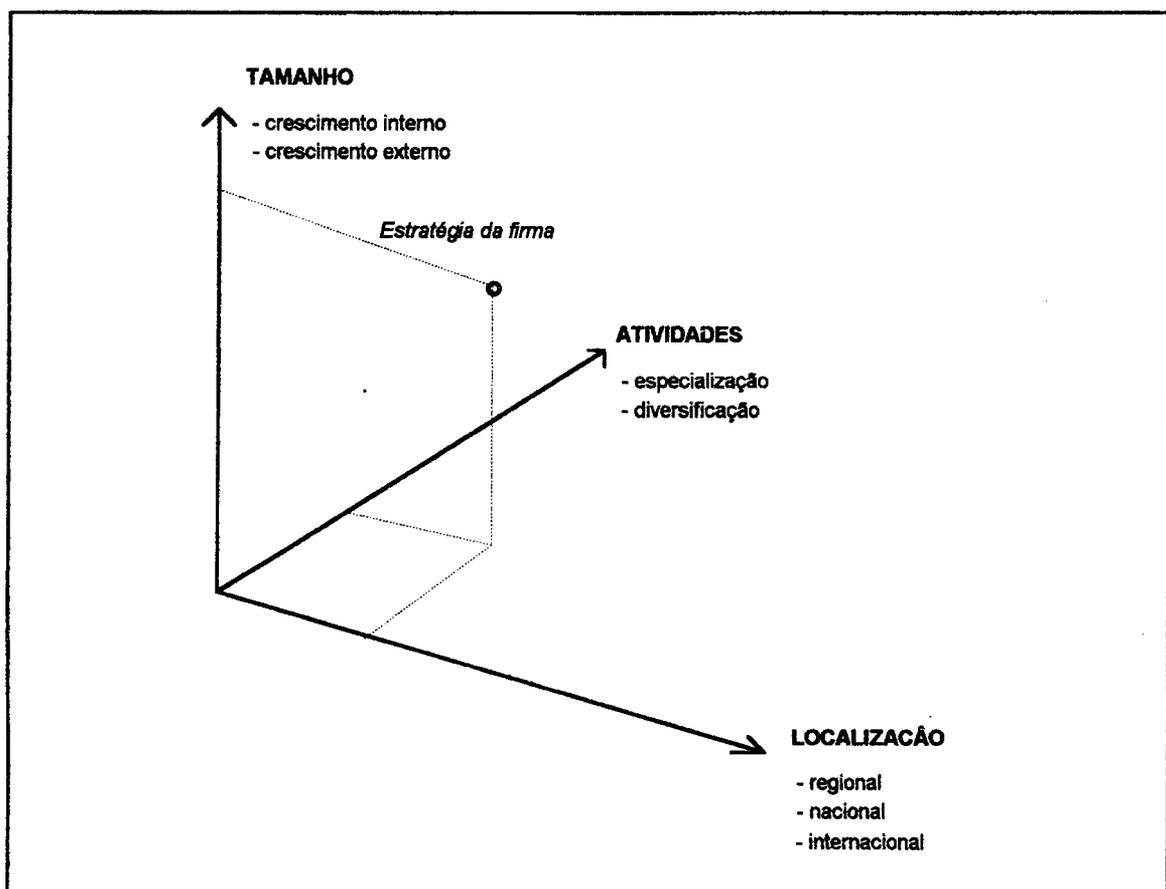
A introdução de tecnologias e de métodos de gestão modernos requer das empresas um esforço de capitalização importante, quase sempre expresso através do crescimento das firmas, ou da concentração de suas atividades nas mãos de um número cada vez mais restrito de empresas, ou de grupos de grande porte fortemente internacionalizados. Estas estratégias de crescimento que marcaram de forma significativa o setor agro-alimentar ocidental, ao longo dos últimos vinte anos, podem ser reagrupadas em torno de três eixos principais, conforme ilustra a Figura 4.2.

A estratégia de crescimento das firmas tem produzido um imenso movimento de concentração das empresas, modificando profundamente o quadro das indústrias agro-alimentares. Esse fenômeno tem permitido a formação de grupos extremamente poderosos, quase sempre constituídos em oligopólios, cujo peso e influência na maior parte dos setores alimentares é bastante considerável.

A análise das estruturas industriais, ou seja, da estratégia de crescimento das firmas e do poder relativo destas últimas (medida de concentração setorial),

constitui um painel importante de discussão dos ajustamentos estruturais da economia agro-alimentar. Do tamanho das empresas, nasce freqüentemente o poder, ou seja, a capacidade de intervir sobre os mercados (relações horizontais), de controlar as filières (intervenção e coordenação) e de proteger algumas destas posições de liderança, através do papel exercido pelas várias barreiras de entrada.

O segundo eixo em torno do qual se elabora a estratégia das firmas, está mais diretamente ligado à produção e à introdução dos produtos no mercado. Neste contexto, as empresas devem definir suas estratégias de produção, determinando que(s) produto(s) fabricar, bem como decidindo se elas devem se "especializar" ou se "diversificar". Devem ainda elaborar suas estratégias de pesquisa e desenvolvimento de novos produtos, assim como escolher entre diversos procedimentos de fabricação, decidindo finalmente como elas vão produzir e a que custo, como comercializar, diferenciar e promover seus produtos.



**FIGURA 4.2 - OS EIXOS DO DESENVOLVIMENTO DAS FIRMAS AGRO-ALIMENTARES**  
FONTE: Adaptado de J.L.Rastoin (1975)

Analisadas do ponto de vista da evolução da agro-indústria, estas estratégias correspondem:

- às políticas de produtos e de mercados,
- às estratégias de diferenciação e de publicidade,
- às escolhas entre especialização ou diversificação dos grupos e,
- à pesquisa das diferentes formas de economias de escala.

As firmas deverão igualmente decidir onde elas vão localizar suas atividades, de modo que esta "estratégia espacial" responde à outras questões importantes, tais como:

- Ela está, por um lado, ligada às fontes de abastecimento e, mais particularmente, para as firmas de primeira transformação, às características da produção agrícola ou aos eixos de comunicação e de transportes para os produtos.
- Por outro lado, ela responde às estratégias comerciais (proximidade dos mercados de consumo) ou à busca de economias de escala.
- Finalmente, ela se posiciona sobre as estratégias de multinacionalização, muitas vezes observando os imperativos técnicos (provisão de matérias-primas, transformação e lançamento no mercado, operando sob territórios geográficos extremamente amplos), as dificuldades comerciais (limitação dos mercados nacionais, exigências dos mercados de exportação), ou ainda os objetivos financeiros.

#### **4.2.2 - A INTERNACIONALIZAÇÃO NA INDÚSTRIA AGRO-ALIMENTAR**

A internacionalização da produção agro-alimentar constitui, sem dúvida, um dos componentes mais dinâmicos do processo de internacionalização do capital. A literatura registra que a expansão internacional dos grandes grupos agro-alimentares, começou a ocorrer nos fins do século passado, tendo à frente a Corn Product (1892) nos Estados Unidos, e Nestlé (1893) e Unilever (1890) na Europa.

No início, estas grandes companhias desenvolveram um papel chave no abastecimento das metrópoles, enfrentando freqüentemente relações acirradas

sobre mercados nacionais fortemente concorrenciais e quase sempre monopolísticos. Após um período de espera em torno do seu limite de expansão, inserido em um universo altamente industrializado e cada vez menos lucrativo, estas firmas decidem explorar seu *know-how* e seu poder financeiro-comercial, em regiões que apontavam positivamente em direção à agro-economia.

Em 1988, estimava-se que as operações mundiais das indústrias agro-alimentares, somavam cerca de 1.400 bilhões de dólares. Os trabalhos mais recentes avaliam que deste total, 36% corresponde às operações acumuladas das 100 maiores empresas do setor neste período, em escala mundial, compreendendo um universo de milhares de pequenas e médias companhias. A mesma fonte considera ainda que, há dez anos atrás, este número não ultrapassava os 28%, de modo que se pode prever que até o fim do século, esta mesma estatística pode chegar facilmente aos 50% (Agrodata, 1990).

Esta concentração se revela ainda mais importante quando se analisa alguns setores particulares da atividade agro-alimentar, no âmbito dos quais são formados verdadeiros oligopólios. É o caso, por exemplo, da França, onde apenas três empresas garantem 96% da produção de sopas, 91% da produção de farinhas, 90% da produção de açúcar, 87% das produções de alimentos para animais domésticos, etc. Observa-se que existem níveis de concentração similares, tanto nos Estados Unidos, como na maior parte dos países da OCDE (Organização para a Cooperação do Desenvolvimento Econômico).

Com relação ao tamanho dos gigantes presentes no setor, os indicadores são igualmente grandes. Por exemplo, a Unilever que ocupava em 1988 o quarto lugar entre os 100 líderes do agro-alimentar mundial, acumulava um número de operações consolidado de 31 bilhões de dólares, entre os quais cerca de 19 bilhões apenas no setor agro-alimentar, produzindo lucros da ordem de 1,5 bilhão de dólares, empregando cerca de 291.000 operadores em 293 filiais, implantadas em 58 países espalhados pelo mundo (Agrodata, 1990).

Os dados disponíveis mostram que esta transformação, permanece ainda bastante concentrada nos países do Norte. Na verdade, quando se considera apenas o número de operações acumulado correspondente aos países de economia de mercado, ou seja, desconsiderando as estatísticas relativas à produção artesanal agro-alimentar, bem como aquelas do setor informal nos países do Sul, 74% da transformação alimentar industrial e, por conseguinte, cerca de 80% do valor

agregado pelas IAA's (Indústrias Agro-Alimentares), são realizados nos países da OCDE.

Os países do Sul, que fornecem uma parte importante das matérias-primas agro-alimentares, representam apenas 15% deste total, sendo que os países do Leste representam também apenas 10% (Agrodata, 1990). Existe uma certa dificuldade de se determinar precisamente os valores relativos à produção das IAA's a nível mundial, mais precisamente nos países em desenvolvimento e naqueles de orientação socialista. A tabela ilustrada na Figura 4.3, apresenta uma idéia de como a produção das IAA's se distribui pelo mundo, a partir de dados levantados em 1988.

No seio da transformação agro-alimentar mundial, tradicionalmente dominada pelas companhias americanas e inglesas, começou-se a perceber, no decorrer dos últimos anos, um aumento progressivo da posição ocupada por outros países europeus e asiáticos, mais particularmente aquelas assumidas pela França e pelo Japão. Este crescimento dos grandes grupos vem acompanhado de um esforço sem precedentes, desenvolvido no sentido de internacionalizar suas atividades empresariais.

REGIÕES DO MUNDO	PRODUÇÃO		VALOR AGREGADO		VA/PROD.
	bilhões de US \$	%	bilhões de US \$	%	%
CEE com 12*	493	34%	150	34%	30%
América do Norte	421	29%	161	36%	38%
Outros países europeus	100	7%	25	6%	25%
Oceania	30	2%	8	2%	28%
Japão	27	2%	9	2%	32%
<b>Total OCDE</b>	<b>1.063</b>	<b>74%</b>	<b>352</b>	<b>79%</b>	<b>33%</b>
PVD*	223	16%	56	13%	25%
Países do Leste	144	10%	36	8%	25%
<b>TOTAL MUNDO</b>	<b>1.430</b>	<b>100%</b>	<b>443</b>	<b>100%</b>	<b>31%</b>

CEE à 12\*  
PVD\*

Comunidade Económica Europeia com 12 países  
Países em Via de Desenvolvimento

**FIGURA 4.3 - INDICADORES SOBRE A LOCALIZAÇÃO DA TRANSFORMAÇÃO ALIMENTAR NO MUNDO EM 1988**

FONTE: Agrodata, 1991

Os cálculos realizados sobre a base de dados mais recente da Agrodata, registram que os 100 primeiros líderes mundiais do agro-alimentar, possuem cerca de 6.760 filiais, implantadas principalmente na Europa (41%), na América do Norte (24%) e em alguns países néo-industriais como o Brasil, o México, a Austrália, a Nova Zelândia, o Japão, Singapura e a Tailândia.

#### **4.2.3 - DESEMPENHO TECNOLÓGICO DAS INDÚSTRIAS DE ALIMENTAÇÃO**

Nos últimos anos, a indústria alimentar tem experimentado aumentos da taxa de produtividade, que são mais ou menos equivalentes àqueles conseguidos por outras indústrias manufatureiras, conforme registros de Mansfield (1980). Esta tendência de crescimento é igualmente apontada por Connor et al. (1985, p.307-309), ao analisar o desempenho tecnológico dessas indústrias.

Segundo os autores, em 22% dos casos estudados, a produtividade da indústria de alimentos cresce à uma taxa média anual superior a 5%, enquanto que apenas 9% das indústrias não-alimentares estudadas, registram esse mesmo crescimento. Esse desempenho recorde em produtividade ostentado pelas IAA's, constitui na verdade um fato surpreendente, considerando-se que estas indústrias gastam muito pouco em atividades de pesquisa e desenvolvimento, em relação a outros tipos de indústrias.

Algumas questões importantes são colocadas, com o objetivo de identificar o significado das políticas de P&D nas companhias agro-alimentares. Neste sentido, a abordagem considera, por exemplo, que as políticas anti-truste, e mesmo outras políticas públicas orientadas à promoção da competitividade e dos entraves ao crescimento das grandes companhias, não afetam diretamente as atividades de P&D nas indústrias alimentares. Por outro lado, admite-se que uma reestruturação industrial que reduza o nível de concentração em indústrias altamente concentradas, poderia aumentar, mesmo que modestamente, o volume de investimentos em P&D nestas indústrias.

Uma análise das fontes de patentes em seis indústrias de alimentos dos Estados Unidos, mostrou que 90% dessas patentes não vem da indústria americana de alimentação. Em geral, essas patentes vêm de outros países, ou de outras

indústrias americanas, ligadas a outros setores. Com relação às fontes de inovação que contribuem para a eficiência da indústria alimentar, a situação é bastante similar a das patentes. Um estudo realizado em torno de 265 inovações incorporadas pela indústria americana de alimentos, mostra que apenas 13% delas foram desenvolvidas pelos próprios fabricantes. Em 55% dos casos examinados, as inovações pertencem às indústrias de maquinaria industrial localizadas à montante da indústria alimentar, sendo que o restante é atribuído a outros tipos variados de fabricantes.

Desse modo, a maior parte das inovações incorporadas pelas IAA's, é produzida fora das indústrias alimentares. Esta constatação pode explicar, portanto, o paradoxo observado em relação ao baixíssimo esforço de P&D e o crescimento tecnológico relativamente alto existente nessas indústrias. A indústria americana de cerveja, por exemplo, que tem apresentado um dos maiores aumentos de produtividade industrial do país, nos últimos tempos, aparece igualmente na lista dos baixos investidores americanos de P&D (apenas 7% das principais patentes de cerveja foram originadas no país). A explicação para este aumento de produtividade pode ser dada, no entanto, pelas contribuições tecnológicas de diversos atores, externos à indústria.

A literatura disponível aponta que, em geral, as fontes de inovação são de natureza bastante diversa. Firms de todos os tamanhos, internas e externas às indústrias agro-alimentares, companhias estrangeiras, laboratórios privados de pesquisa e agências governamentais, têm contribuído para o elevado nível de desempenho tecnológico das IAA's.

### **4.3 - CONFIGURAÇÃO ORGANIZACIONAL E TECNOLÓGICA DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS**

As indústrias de processamento de alimentos têm sido descritas, a nível da literatura especializada, como um conjunto heterogêneo, fortemente marcado por suas relações privilegiadas com o setor agrícola. Ao longo dos últimos anos, esta caracterização tem sido constantemente modificada, graças às tendências de evolução, diversificação e industrialização do setor. Na verdade, uma análise do tecido organizacional e tecnológico que compõe a indústria alimentar, requer uma

distinção precisa dos diferentes tipos de organizações que podem ser encontrados nesta indústria.

Inicialmente, é importante registrar a constatação de que a indústria agro-alimentar (IAA), é apenas uma célula das muitas que compõem o sistema ou o complexo agro-alimentar (SAA)<sup>2</sup>, suscitando dessa forma uma série de importantes relações, quer seja à montante ou à jusante de suas operações. A figura abaixo permite observar o fluxo de trocas existentes no âmbito do SAA, bem como as diversas interações desenvolvidas entre a indústria de alimentos e as demais células desse sistema.

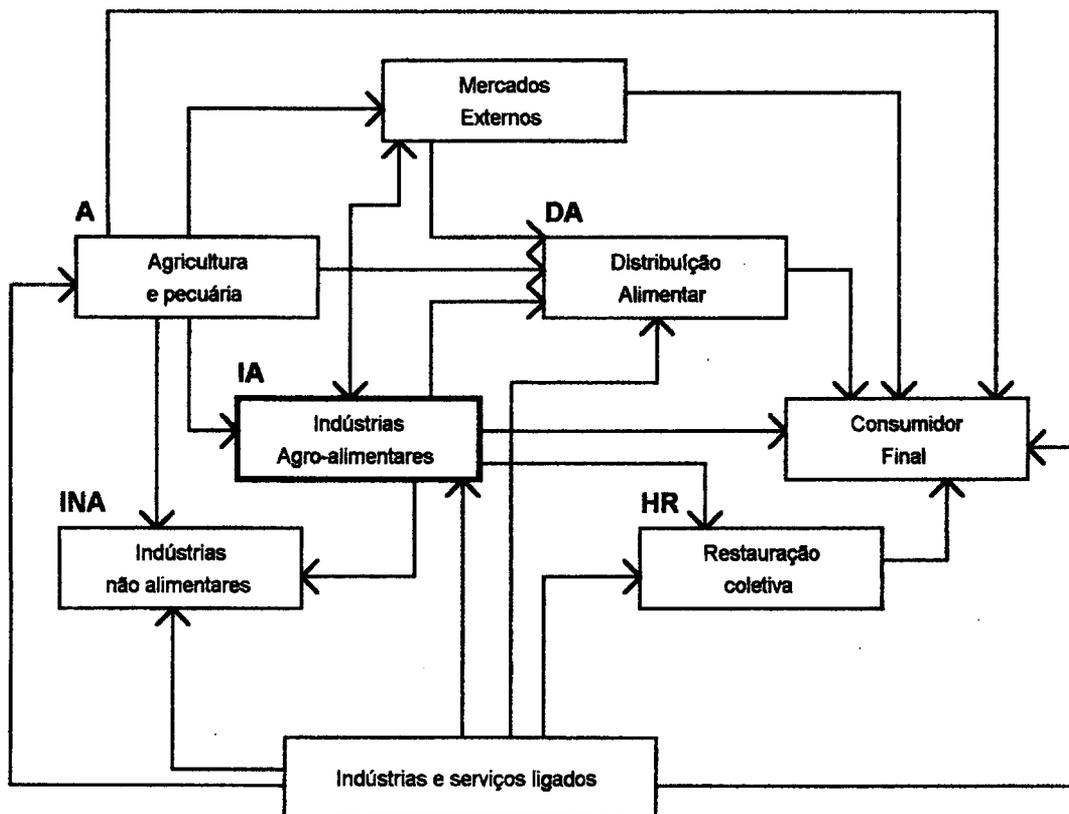


FIGURA 4.4 - FLUXO DE INTERCÂMBIO NO ÂMBITO DO SISTEMA AGRO-ALIMENTAR

FONTE: Louis Malassis et Gérard Ghersi (1992)

<sup>2</sup> A abordagem sistêmica está fundamentada sob a noção de sistema. Assim sendo, um sistema é definido como um conjunto de elementos em interação dinâmica, organizados em função de um objetivo. Nesse sentido, o sistema agro-alimentar (SAA) é o conjunto dos agentes econômicos, em interação dinâmica, envolvidos com a produção e a distribuição dos produtos alimentares, objetivando garantir a alimentação de uma dada população. No texto do autor, que serve de base para a organização desta seção, os termos "sistema" e "complexo" são utilizados indistintamente, para designar o conjunto das atividades que têm origem na agricultura e/ou aquelas que finalizam no alimento. Ver: Louis Malassis et Gérard Ghersi - *Initiation à l'Economie Agro-alimentaire*, HATIER, 1992.

Assim sendo, a configuração organizacional das indústrias agro-alimentares assume características extremamente particulares, apresentando diferentes tipologias de organização. As diversas interações exercidas no contexto global do SAA, produzem uma rede de ligações e interdependências técnicas, que tornam suas unidades produtivas particularmente diferenciadas.

Neste aspecto, os sistemas de produção incorporam igualmente os traços específicos de sua organização, sendo que muitas vezes é praticamente impossível estabelecer uma classificação precisa de suas diferentes estruturas operacionais. Desse modo, a apresentação de uma tipologia organizacional dos sistemas produtivos nas IAA's, requer a definição de parâmetros específicos de classificação, tais como a estrutura dos mercados, a natureza dos fluxos operacionais e de informações, ou ainda o comportamento físico da demanda e oferta de seus insumos de processamento.

#### **4.3.1 - TIPOLOGIA DOS SISTEMAS PRODUTIVOS DE ACORDO COM A FUNÇÃO DE PROCESSAMENTO**

De acordo com a abordagem apresentada por Malassis e Ghersi (1992), o alongamento e a diversificação das atividades ao longo das cadeias do processamento alimentar, produziram o surgimento e a convivência de empresas extremamente diferentes no âmbito das agro-indústrias. Essa diferenciação organizacional ocorre, sobretudo, em função do tipo de produção e da natureza das relações que elas desenvolvem, tanto com seus clientes, como em direção a seus fornecedores.

Com base nesta particularidade, os autores propõem uma distinção entre as indústrias fabricantes de produtos destinados ao consumo final e, as indústrias que produzem bens semifinais, ou seja, produtos destinados à sofrerem outras transformações, antes de alcançar o consumidor. Nesta primeira análise, as indústrias agro-alimentares podem ser classificadas em três grandes categorias:

- c1. Indústria de primeira transformação;
- c2. Indústria de segunda transformação; e
- c3. Indústria de alta concentração.

**c1 - INDÚSTRIA DE PRIMEIRA TRANSFORMAÇÃO** - Esta primeira categoria de indústria se caracteriza pelo fato de colocar no mercado, produtos que são poucos diferenciados, como por exemplo, a farinha, o açúcar e os óleos parcialmente refinados. Trata-se freqüentemente de um setor bastante concentrado, onde as economias de escala e a concorrência através do preço são fatores decisivos de sobrevivência. É também uma indústria que incorpora relativamente pouco valor agregado, e cujo abastecimento depende largamente (mais de 70%) do setor agrícola. Considera-se, inclusive, que a parte da produção alocada à remuneração do trabalho, mesmo apresentando uma certa variação de acordo com os diversos setores, permanece ainda em proporções relativamente baixas. Sabe-se finalmente, que esta indústria desenvolve muito pouca atividade de pesquisa e desenvolvimento, e praticamente nenhum esforço publicitário, apresentando margens muito pequenas.

**c2 - INDÚSTRIA DE SEGUNDA TRANSFORMAÇÃO** - O segundo grupo é formado pelas indústrias de segunda transformação de porte intermediário. Trata-se pois do setor onde mais freqüentemente operam as grandes firmas, mas é também neste setor onde estão as companhias de médio porte, nas quais a diferenciação dos produtos não é total. Estas empresas se caracterizam por um nível de consumo intermediário relativamente baixo, composto essencialmente por produtos das IAA's e de outros setores e serviços ligados. Elas trabalham diretamente para o consumidor final, e são levadas a investir nas atividades de pesquisa e desenvolvimento (projeto de novos produtos, de novas embalagens, etc.), sendo que os dispêndios nesta área são ainda muito pequenos. Finalmente, para este tipo de indústria, o esforço em matéria de diferenciação através da publicidade, se revela bem mais importante.

**c3 - INDÚSTRIA DE ALTA CONCENTRAÇÃO** - O último grupo reúne as companhias de setores altamente concentrados, que comercializam produtos fortemente diferenciados. O caso da indústria do tabaco, por exemplo, é particularmente ilustrativo. As empresas deste grupo dedicam um percentual importante de seus orçamentos ao dispêndio publicitário, de modo que este esforço de diferenciação permite acessar um nível significativo de margens.

No conjunto destas três grandes categorias de indústrias alimentares, os critérios de definição do sistema produtivo são extremamente variáveis. Em função da diversidade de produtos, das características das matérias-primas, do aporte

tecnológico disponível e do tipo de mercado onde atuam, as indústrias alimentares operacionalizam diferentes sistemas de produção. Assim sendo, é possível estabelecer uma outra classificação desses sistemas produtivos, considerando por exemplo, o tipo de organização industrial que é exercido na unidade produtiva.

#### 4.3.2 - CLASSIFICAÇÃO BASEADA NO TIPO DE ORGANIZAÇÃO INDUSTRIAL DA PRODUÇÃO

Entre as classificações mais comumente encontradas na literatura, quatro tipos de estrutura produtiva podem ser identificados na indústria de alimentos. Essas estruturas são as seguintes:

- o ateliê de produção (*job shop*) de fluxo misto;
- a produção em lote (*batch*) com linha de fluxo separado;
- a produção em linha de montagem (*assembly line*) com linha de fluxo conectado e;
- a produção de fluxo contínuo (*continuous flow*).

Esses quatro tipos de sistemas de produção assumem características bastante diferentes, podendo cada um deles representar uma fase distinta do ciclo de vida do processo produtivo. Nesse sentido, uma caracterização geral desses sistemas permite estabelecer uma comparação entre o tipo de processo empregado, e a natureza do produto elaborado ou produzido. Esta classificação, já discutida anteriormente (ver capítulo 2), está apresentada de forma resumida na figura que segue.

O esquema referenciado da Figura 4.5 mostra as diversas interações entre o ciclo de vida dos produtos e o ciclo de vida desses processos. É importante ressaltar que estas interações estão em estreita sintonia com as prioridades impostas por cada uma das estruturas descritas, de modo que as variações do ciclo de vida dos produtos caracterizam fases distintas do processo produtivo.

ESTRUTURA DO PRODUTO — CICLO DE VIDA DO PRODUTO

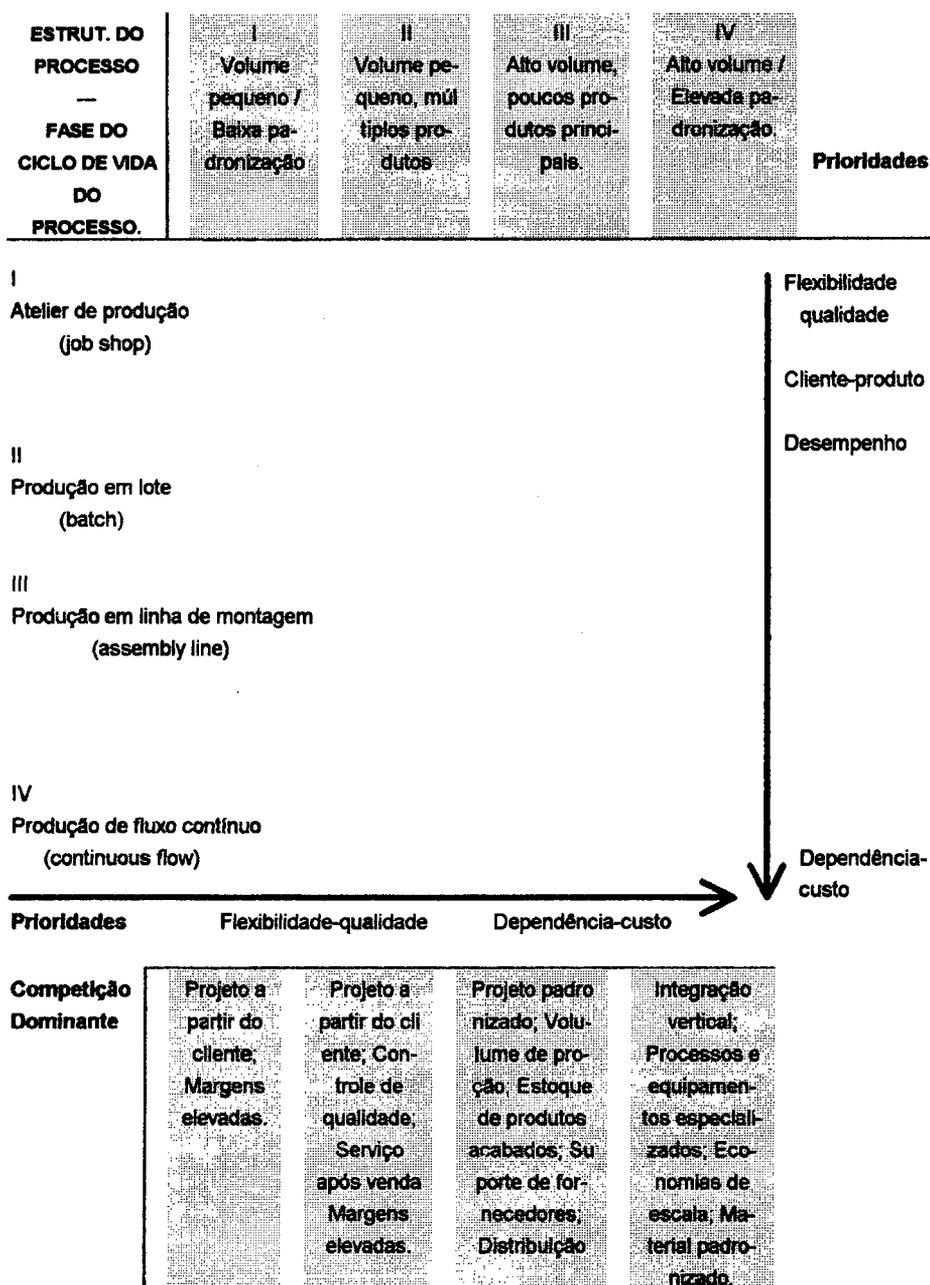


FIGURA 4.5 - PRIORIDADES COMPETITIVAS SOBRE A MATRIZ PRODUTO-PROCESSO  
 FONTE: Adaptado de Hayes e Wheelwright (1984, p.216).

Essas diferentes fases por sua vez, correspondem às modificações que são efetuadas sobre a estrutura dos processos produtivos, objetivando adequar os métodos operacionais às novas exigências do mercado, traduzidas nas estratégias e objetivos organizacionais. De acordo com a abordagem de Hayes e Wheelwright (1984, p.219-220), as organizações normalmente adequam suas estruturas operacionais para atender um foco específico de seus interesses, de modo que elas tanto podem estar orientadas ao processo produtivo, como focalizadas sobre o eixo produto-mercado.

Utilizando a matriz produto-processo, essa abordagem explica como que as organizações podem identificar e absorver boas oportunidades competitivas, bem como segmentos de mercado completamente novos, introduzindo modificações nas estruturas de produção.

Os autores sustentam que a indústria de alimentação comercial (restaurante), por exemplo, tem experimentado recentemente grandes mudanças, pelo fato de haver reconhecido essas oportunidades.

Conforme a ilustração da Figura 4.6, as tradicionais lanchonetes de café expresso utilizam um sistema de produção do tipo "ateliê", para produzir pequenos volumes de uma grande variedade de itens padrões de alimentação. Assim sendo, a ênfase competitiva nesse tipo de restaurante aponta em direção às características do pronto serviço, associado aos preços razoáveis.

Por outro lado, os restaurantes denominados de "primeira classe", quase sempre constroem sua reputação, oferecendo comidas de alta qualidade à preços elevados, bem como apresentando um serviço lento, mas muito elegante (restaurantes tipo "cozinha francesa"). Esta categoria de organizações está localizada no ângulo superior esquerdo da matriz.

Nos últimos anos, dois novos tipos de restaurantes têm realizado ganhos extraordinários no mercado, posicionando-se em pontos diferentes da matriz. Um deles corresponde ao "*narrow-menu steak house*" americano — o "bifão" ou a típica churrascaria brasileira —, cuja atividade é concentrada sobre um único tipo principal de comida. Este tipo de restaurante oferece uma variedade limitada de pratos, utilizando um processo produtivo baseado na linha de fluxo. Assim, as organizações que primeiro identificaram a necessidade deste tipo de serviço, e por conseguinte desenvolveram habilidades e processos para atender este segmento específico do mercado, têm crescido em importantes cadeias de lojas.

Estrutura do Processo / ciclo de vida do processo	Estrutura do Produto / Ciclo de vida do produto			
	I Pequeno volume / baixa padronização	II Pequeno volume / múltiplos produtos	III Alto volume / Poucos produtos principais	IV Alto volume / Elevada padronização
I Ateliê de produção (job shop)	Clássico restaurante de cozinha francesa	Restaurante tradicional		
II Produção em lote (batch)		Lanchonete de café		
III Produção em Linha de montagem			Churrascaria (steak house)	
IV Produção em fluxo contínuo				McDonald's Burger King

FIGURA 4.6 - EXEMPLO DE UMA MATRIZ PRODUTO-PROCESSO NA INDÚSTRIA DE ALIMENTAÇÃO COMERCIAL

FONTE: Adaptado de Hayes and Wheelwright (1984, p.220)

O segundo tipo é popularmente conhecido como restaurantes de "fast-food" (McDonald's, Bob's, Burger King, etc.), e posiciona-se em direção à diagonal inferior direita da matriz. Esta categoria de restaurantes oferece produtos padronizados e com poucas opções, produzindo em volumes altos através de processos automatizados ou rigorosamente controlados. Para garantir a padronização do processo, a McDonald's por exemplo, normaliza o funcionamento de seus restaurantes e escolhe os equipamentos de tal maneira, que gerentes e operadores são conduzidos a seguir fielmente os critérios de operação do sistema produtivo.

Apesar de assumirem posições similares na matriz em pauta, as companhias McDonald's e Burger King operam sistemas de produção diferentes: a primeira produz para estoque, enquanto que a segunda tem a sua produção programada de acordo com os pedidos individuais dos clientes.

Na verdade, a especificidade da indústria agro-alimentar reside, principalmente, na natureza dos fluxos de materiais que são operacionalizados em torno de seus processos produtivos. Nesse sentido, considerando a execução de um fluxo de elementos que vai da matéria-prima à comercialização final dos produtos, uma outra tipologia de estruturas operacionais, baseada no tipo de fluxo realizado, pode ser ainda apresentada.

#### **4.3.3 - TIPOLOGIA DOS PROCESSOS PRODUTIVOS SEGUNDO A NATUREZA DOS FLUXOS**

As indústrias alimentares estão inseridas em um contexto bastante particular, quando se trata de analisar a estrutura de oferta e demanda dos insumos requeridos para transformação. A literatura disponível considera que a oferta de matérias-primas alimentares é altamente flutuante, devido principalmente a fatores de ordem meteorológica e sazonal. Assim sendo, o volume global da colheita e o rendimento final da transformação, não podem ser integralmente determinados por antecipação, de modo que os métodos de produção nessas indústrias são bastante variados.

Considerando, portanto, que estes métodos operacionais estão estreitamente ligados à natureza do fluxo de matérias-primas, pode-se distinguir, de um modo geral, três tipos específicos de processos produtivos:

- P1. Processos determinados pelas provisões;
- P2. Processos determinados pelos pedidos; e
- P3. Processos associados aos estoques de produtos semi-acabados.

**P1. PROCESSOS DETERMINADOS PELAS PROVISÕES** - Quando o sistema produtivo é monitorado pelas provisões existentes de produção, ele assume um fluxo empurrado de materiais, requerendo quase sempre um processo do tipo contínuo, de curta duração. As previsões de venda exercem assim, um papel importante na operacionalidade desse sistema, variando porém de acordo com a duração da DLV

(Data Limite de Validade)<sup>3</sup> correspondente ao produto final. Desse modo, duas situações diferentes podem ser colocadas à este respeito:

A – Quando a DLV é grande, a produção pode ser realizada por fases, permitindo a formação de um estoque de regulação. Nesse caso, o objetivo das previsões é de antecipar as necessidades em termos do mix de produtos e do volume.

B – No caso em que a DLV é pequena, a capacidade de reação da empresa deve permitir a diminuição do prazo para tomada de pedidos, de modo a maximizar a satisfação do cliente. Principalmente nesta situação, a finalidade das previsões é de permitir o bom seqüenciamento da produção, em relação às diferentes variedades de transformação do produto de base.

**P2. PROCESSOS DETERMINADOS PELOS PEDIDOS** - Quando o sistema produtivo é monitorizado pelos pedidos efetivamente fechados, ele assume um processo operacional curto, com um fluxo físico puxado e apresenta normalmente uma DLV grande ( é o caso, por exemplo, da indústria de biscoitos). Nesta categoria de processos, as previsões de vendas têm por objetivo a antecipação dos pedidos, de modo a dimensionar os estoques de produtos acabados, bem como o de gerenciar as necessidades de reabastecimento.

**P3. PROCESSOS ASSOCIADOS AOS ESTOQUES DE PRODUTOS SEMI-ACABADOS** -Quando o processo produtivo é realizado com estoques de produtos semi-acabados, tanto o tempo operacional como a DLV são grandes. É o caso, por exemplo, da indústria de cerveja, do álcool, etc. Esta categoria de sistemas opera muitas vezes com uma forte sazonalidade da demanda, de modo que o seu desempenho está centrado na

<sup>3</sup> A Data Limite de Validade constitui um parâmetro importante da produção industrial de alimentos, variando bastante em função da natureza biológica das matérias-primas. A seguir, a lista de alguns produtos de origem animal e vegetal, e suas respectivas DLV's:

- Água mineral	> 1 ano	- Carne fresca	< 1 semana
- Salada pronta	< 1 semana	- Frutas em compotas	> 1 ano
- Pratos cozidos	3 semanas a 1 ano	- Licores	> 1 ano
- Alimentos para cães	6 meses	- Confeitaria	4 meses a 2 anos
- Creme gelado	1 ano	- Mercadoria seca	> 1 ano
- Cigarros	> 6 meses	- Sementes	> 1 ano
- Vacinas	15 dias a 2 anos	- Cosméticos	4 a 12 meses
- Adubos e Foto-sanitários	> 1 ano		

gestão das etapas de condicionamento e logística. Desse modo, a previsão de vendas serve para determinar as quantidades a serem produzidas.

Dada a estreita relação entre previsão de vendas e fluxo físico de materiais, esta classificação expõe igualmente o significado desta função nas indústrias agro-alimentares. Em geral, essas previsões estão apoiadas sobre um conhecimento profundo do mercado, e são quase que sistematicamente geradas com base nos volumes reais de vendas, bem como a partir dos objetivos de vendas da organização.

O horizonte normalmente utilizado para a previsão depende da DLV do produto, mas uma prática bastante usual consiste em estabelecer as previsões sobre 12 meses inicialmente, sendo em seguida realinhadas sobre um período de 4 meses. De acordo com Bernouïis e Bégué (1993), a satisfação global em relação aos sistemas de previsão de vendas nas indústrias agro-alimentares, atinge cerca de 80% dos casos estudados. Segundo os autores, alguns problemas restam ainda a serem resolvidos, tais como:

- as interfaces entre as diferentes fontes de informações, visando eliminar os duplos entraves;
- a modelização confiável do impacto sobre a introdução de novos produtos no mercado, bem como sobre as promoções realizadas;
- a confiabilidade e precisão das informações transmitidas, principalmente aquelas relacionadas aos produtos com DLV bastante curta.

#### **4.3.4 - A INDÚSTRIA DE ALIMENTOS E OS NOVOS CONCEITOS DE PRODUÇÃO**

A modernização dos métodos de fabricação e as novas tendências na gestão da produção, já analisadas nos capítulos anteriores deste trabalho, alcançaram igualmente a indústria alimentar. Em função de suas características bastante peculiares, esta indústria tem sido levada à desenvolver adaptações particulares na implantação desses novos métodos, conforme sublinha o trabalho de Nakhla

(1993)<sup>4</sup>. Na verdade, essas aplicações constituem versões bem definidas dos sistemas avançados de produção, articulados e adaptados às necessidades operacionais da indústria alimentar.

Em todas as indústrias, o aumento das variações e das opções de definição do produto final, tem crescido sucessivamente desde o início dos anos 70. Este fenômeno tem sido observado, de forma mais significativa, nas indústrias alimentares, onde dois fatores se impõem como critérios de explicação: as exigências dos consumidores e dos distribuidores, de um lado, e a lógica de oferta, do outro.

Nesse sentido, uma das principais conseqüências da estratégia de gama e da economia de variedade, largamente adotada no setor, é justamente a diminuição progressiva do tamanho dos lotes de produção e o número de indústrias trabalhando sob encomenda. Esta evolução tem permitido orientar todo o sistema produtivo em direção ao pedido do cliente, de modo que cada lote passa a ser personalizado, com exceção dos casos em que critérios de embalagem e de condicionamentos são explicitados pelo distribuidor.

Em termos do relacionamento com o seu ambiente organizacional, as empresas constituem atualmente verdadeiros e imensos canteiros de experimentação, onde novas estruturas organizacionais e diferentes modos de gestão da produção são utilizados. Conforme assinalam Green e Zuñiga (1993, p.45), essas empresas assumem, dessa forma, um distanciamento cada vez maior dos princípios de eficiência taylorista e fordista. Estes princípios, baseados essencialmente sobre as economias de especialização, de escala e de repetitividade, priorizavam a produtividade do trabalho direto (através da execução precisa das atividades), e o funcionamento seqüencial e somativo da organização, a partir de uma divisão vertical de suas funções.

De acordo com os autores, os critérios emergentes caracterizam a interação e a cooperação entre serviços e tarefas, a multiplicação dos *feed-back* e a interconexão crescente das máquinas e dos processos. Em relação ao sistema hierárquico e centralizado fordista, a tendência atual aponta para o desenvolvimento de uma interação cooperativa, onde o principal problema que se coloca é o de como interligar atividades e funções, a fim de obter uma maior

---

<sup>4</sup> As seções 4.3.4 e 4.3.5 fazem referência específica aos novos conceitos de produção e às tendências operacionais na indústria de alimentos, caracterizando uma abordagem particularmente inspirada no trabalho de Nakhla, Med - Centre de Gestion Scientifique Ecole des Mines de Paris: *Gestion et pilotage des systèmes de production: l'exemple de l'industrie agro-alimentaire*. "Revue Française de Gestion Industrielle, n° 2, 1993".

solidariedade e uma melhor integração sistêmica. Esta exigência produz assim uma modificação na própria concepção do progresso técnico, que passa de uma técnica baseada sobre o rendimento da fabricação, à uma outra baseada sobre os produtos (através do aumento do valor agregado), posicionada sobre mercados cada vez mais fragmentados.

Desse modo, as novas formas organizacionais e as grandes tendências da mutação tecnológica atual, caminham exatamente neste sentido. Segundo as considerações de Eliasson (1987), apud Green e Zuñiga (1993), a lógica técnica caracteriza uma logicidade de interconexão crescente das máquinas, dos processos e das informações. Neste aspecto, a gestão das informações tem se tornado um item de importância estratégica, cujas formas de tratamento podem orientar a natureza da mudança técnica, assim como da produção, de modo a economizar o capital, relativamente mais acentuado que antes.

Traduzidas para o âmbito das indústrias agro-alimentares, o aumento da "diversidade instantânea" se expressa tanto pela introdução da flexibilização dos recursos, principalmente os de natureza humana, através de uma maior polivalência dos operadores, como pelo processo de produção utilizado. Neste segundo caso, diversas soluções são alocadas em função da natureza dos processos: automatização flexível, integração e coordenação automatizada, comando descentralizado, linhas de fabricação com diferenciação no final, etc.

Outros meios de adaptação a estas novas formas de organização da produção, referem-se particularmente ao investimento em capacidade instalada. Atualmente, algumas indústrias são forçadas a especializar seus equipamentos de produção, de modo a apoiar os intensos esforços que são requeridos durante os períodos de grandes demandas. Paralelamente, eles devem convencer os operadores da necessidade de passar sucessivamente, ao longo do ano, de horários clássicos de trabalho, a horários modulares. Assim sendo, as competências destes últimos devem evoluir obrigatoriamente, em direção à uma maior polivalência.

Por outro lado, estas indústrias estão cada vez mais envolvidas na busca de complementaridades, desenvolvendo relações de aproximação e parceria, o que lhes permitem combinar suas vantagens estratégicas, através da definição de uma política de oferta comum. Esta observação se aplica principalmente à situação de intercâmbio permanente de conhecimento entre os dirigentes, onde por exemplo, a alta administração está interessada na evolução organizacional do sistema

produtivo de seu fornecedor. Na prática, isto acontece através da definição, em comum, das características técnicas das matérias-primas, ou pela implantação de uma organização que responda à sincronização dos fluxos, bem como às entregas entre os parceiros.

#### 4.3.5 - TENDÊNCIAS OPERACIONAIS DOS SISTEMAS PRODUTIVOS

O sistema de produção incorpora os elementos tecnológicos que são pertinentes à natureza e às características da organização. No caso da indústria de alimentos, dois grandes desafios são colocados à operacionalidade de seus sistemas produtivos: (1) eles devem trabalhar com matérias-primas que dependem, normalmente, do ciclo de vida dos animais ou do ciclo vegetativo, sendo que em alguns casos, essas matérias-primas são dificilmente estocáveis, em função de sua natureza altamente perecível; e (2) eles devem responder à uma demanda que se apresenta cada vez mais variável e fortemente diversificada.

Em geral, a empresa pode responder às incertezas relacionadas à diversidade da demanda, realçando a própria diversidade de sua oferta ou, por outro lado, desenvolvendo sua capacidade de adaptação para produzir apenas sob medida. Assim sendo, a capacidade de reagir rapidamente às incertezas do ambiente, pode ser definida como sendo a faculdade de arbitrar entre um conjunto de técnicas, visando a consecução simultânea de diversos objetivos, tais como:

- a redução do tamanho dos lotes de fabricação;
- a redução dos estoques de segurança, através da redução dos prazos de reabastecimento, bem como através da gestão da demanda;
- a redução das filas de espera, a sincronização das operações e o equilíbrio dos fluxos;
- o seqüenciamento das operações em função da demanda.

Para a indústria agro-alimentar, as respostas à este novo contexto industrial se articulam em torno de uma nova orientação dos métodos de gestão, assim como pela busca de maior reatividade dos processos de fabricação. Nesse sentido, os

novos eixos dos sistemas operacionais nesta indústria têm sido traduzidos pela incorporação de conceitos avançados de produção, como a automatização flexível, os mecanismos de descentralização das decisões de seqüenciamento, e as linhas de fabricação programadas ou com especialização no final.

— **AUTOMATIZAÇÃO FLEXÍVEL: INTEGRAÇÃO DE EQUIPAMENTOS E INFORMATIZAÇÃO DA GESTÃO INDUSTRIAL** - Na última metade dos anos 70, a informatização começou a avançar sobre as indústrias agro-alimentares, espalhando-se primeiramente nos setores onde a automação dos processos de fabricação se fazia total, ou seja, nas indústrias onde se conseguiu superar todas as dificuldades mecânicas e técnicas, assegurando ao mesmo tempo, a necessária qualidade dos produtos.

No setor de fabricação do malte, por exemplo, a automatização se encarregou inicialmente dos métodos de análise (umidade, densidade do "mosto", atividade amilásica, etc). Este procedimento permitiu orientar as pesquisas em direção à determinação da relação entre a análise do malte e seu comportamento nas diversas fases de preparação da cerveja, até sua qualidade final. Esta relação se faz extremamente necessária, em função do domínio das reações complexas de transformação do produto, e para uma melhor gestão automatizada das atividades.

A etapa seguinte e decisiva para a integração da informática industrial, consistia de transformar em procedimentos contínuos, todas as demais fases do processo produtivo, até então mantidas em configurações contínuas. Esta evolução tecnológica, no entanto, não deixou de colocar problemas delicados para a indústria. Tomando o mesmo caso da indústria do malte e da cervejaria, por exemplo, a automatização deve funcionar em tempo real numa situação de processos extremamente difíceis (umidade, acidez, calor, poeira), o que torna primordial a escolha dos dispositivos de captação, de modo a detectar os defeitos e as perturbações ligadas à fabricação.

De acordo com este mesmo esquema de explicação, a informática industrial se desenvolveu de forma igualmente rápida em outras indústrias, como são os casos da indústria de laticínios e da indústria açucareira. Neste último caso, o sistema computadorizado tem servido, sobretudo no início, para registrar em memória os parâmetros técnicos, que têm se tornado rapidamente bastante numerosos. Através da coordenação automatizada de todas as etapas de fabricação, este sistema computadorizado é utilizado atualmente na gestão do processo produtivo, operando por intermédio de dispositivos de captação que são

instalados em diferentes níveis do sistema, o que permite a integração completa das atividades de comando.

Apesar destas avançadas tecnologias, a gestão integrada na indústria alimentar possui ainda longos caminhos percorrer. Esta observação se insere nas considerações de Treillon (1991), segundo as quais existe ainda muita coisa a ser feita, antes que se possa desfrutar plenamente das vantagens de produtividade, decorrentes de um processo de integração total completamente informatizado, ou seja, de um extremo a outro da cadeia produtiva, indo da fabricação ao consumidor, passando pela distribuição. Esta dificuldade está ligada, de acordo com o mesmo autor, às características técnicas do produto (produto fresco, reações complexas a gerenciar, necessidade de condições estritas de higiene, etc.).

Neste mesmo sentido, outros autores, notadamente Cohendet e Lierena (1988), consideram que a instalação de mecanismos de automação sobre processos já existentes, têm como efeito o aumento da rigidez do conjunto do processo produtivo. As inovações marginais, realizadas com as automações incorporadas sobre as antigas instalações produtivas, são muitas vezes insuficientes para atribuir reatividade ao conjunto do processo.

O termo "automação flexível" é utilizado para qualificar a integração da flexibilidade alocada pela informática, nas diferentes configurações de um sistema de produção automatizado. Atualmente esta forma de automatização se apoia sobre duas vertentes:

– uma vertente de **integração de equipamentos** de produção, articulada sobre um leque de configuração de ferramentas de produção, de acordo com a natureza do produto fabricado: instrumentos de automação programável, sincronização das operações, controle do processo, etc.

– uma vertente de **gestão**, articulada sobre uma função de controle com a integração dos dados técnicos, que vai desde o abastecimento até à fase de condicionamento dos produtos acabados, através do desenvolvimento de sistemas de gestão da produção acompanhada por computador.

A associação e integração destas duas vertentes repousam sobre um desejo de coerência global, que consiste em reunir o conjunto das estações de trabalho automatizadas, em um sistema de gestão e planejamento. Trata-se pois da integração total do sistema organizacional, cujos princípios e técnicas são conhecidos no meio industrial como *Computer Integrated Manufacturing* (CIM). A observação das experiências industriais com a implantação do sistema CIM, mostra

que este conceito não constitui, claramente, a única resposta às exigências de reatividade dos sistemas industriais.

Outras respostas à esse tipo de demanda têm sido igualmente colocadas em execução, completando assim a estratégia precedente de flexibilidade dinâmica. É o caso por exemplo, dos métodos de segmentação do processo de fabricação em linhas de produtos, ou do conceito de concepção diferenciada dos produtos, baseado sobre o princípio da diferenciação retardada (no final).

— **SEGMENTAÇÃO DOS PROCESSOS E LINHAS DE PRODUTOS** - O desenvolvimento da automatização flexível da produção em algumas indústrias, não pode ser visto como um processo facilmente generalizado para todos os tipos de sistemas industriais. De um modo geral, os autores apresentam duas razões para justificar esse argumento. A primeira delas é de ordem técnica, e está relacionada com a exigência de que a organização deve repensar continuamente seu processo de fabricação, automatizando algumas de suas fases (caso ainda bastante difícil na indústria de abate). A segunda razão diz respeito ao elevado custo desse tipo de investimento, o que não impede evidentemente o concurso de outras soluções menos interessantes.

Na verdade, quando uma indústria deve encarar uma demanda que se apresenta variável e bastante diversificada, esta pode tornar-se relativamente complexa, principalmente quando ela procura manter uma estrutura convencional de produção. Nesse sentido, observa-se atualmente a elaboração de estratégias de segmentação das estruturas de produção, em que estas são divididas em diversas subestruturas, destinadas a funcionar de uma maneira relativamente autônoma, para produzir diversos produtos de uma mesma família.

Nas indústrias de massas e de panificação, por exemplo, onde os problemas de abastecimento são relativamente controlados, e quando a demanda se apresenta estável, as linhas de produtos são freqüentemente controladas à jusante do processo operacional. Este mecanismo se assemelha bastante ao método de controle kanban, desenvolvido pela indústria automobilística e utilizado por muitas indústrias manufatureiras. O objetivo deste controle à jusante do processo, é de fazer com que as diferentes ordens de fabricação dependam diretamente do consumo realizado (por tipo de produto) à montante do sistema produtivo.

— **EM BUSCA DE UMA MAIOR ESTRUTURA MODULAR: A ESTRATÉGIA DA DIFERENCIAÇÃO RETARDADA** - Em um contexto concorrencial dominado por uma economia de

variedade, os distribuidores exigem do industrial a entrega de produtos os mais frescos possíveis, ou seja, com a mais longa data limite de validade. Neste mesmo contexto, observa-se o surgimento de uma política de enxugamento em massa dos estoques, fortemente perseguida pelos distribuidores. Nesse sentido, o controle industrial já não pode mais ser obtido através de uma política de estoques de produtos acabados, uma vez que estes seriam numerosos e inaptos, tanto em função da grande quantidade de referências (tipos de produtos), como em função do risco de perecibilidade.

Assim sendo, uma das vias encontradas neste momento para sanear tais dificuldades, consiste exatamente em repensar o processo de fabricação do produto, assegurando-lhe o princípio da diferenciação retardada. A idéia consiste em estocar produtos padrões pouco específicos (por exemplo, produtos cozidos, congelados e estocados em formato padrão), e em seguida aguardar o posicionamento da "demanda exata" para os especificar e os diferenciar, através do adicionamento de diversos tipos de molhos, ou ainda através de embalagens diferentes, como na indústria de conservas (legumes, frutas, etc.).

Portanto, a variedade final dos produtos é obtida no fim do processo, através da especificação do produto padronizado, agregando-lhe outros subconjuntos. A diferenciação retardada permite assim que a organização possa reagir, em um prazo bastante curto, às evoluções do mercado, quando o objetivo é realizar a diferenciação sob encomenda.

A abordagem corrente é de que, quanto mais próxima da montante do processo produtivo estiver posicionada a diferenciação, maior será a eficácia desse sistema. Esta idéia é largamente defendida por Tarondeau (1985), cujas observações indicam que, para uma dada diversidade de produtos, é sempre possível estabelecer um método de concepção que permita minimizar a variedade intermediária, nos muitos e diferentes níveis do processo de produção.

Em algumas indústrias, o princípio da diferenciação retardada se traduz por uma redefinição do produto e do processo, o que pode apresentar e se constituir, muitas vezes, em algumas dificuldades técnicas. Esta redefinição, por sua vez, pode igualmente se traduzir pela transferência da fabricação dos subconjuntos completos (por exemplo, a embalagem ou o condicionamento), à outras empresas.

Outras indústrias, como aquelas dos laticínios frescos, configuram uma situação ideal para se melhorar o intercâmbio das competências, bem como a transferência de pessoal de um setor a outro (do iogurte em estado natural ao

iogurte misturado, e vice-versa). No caso de variação de atividade, pode-se recorrer à tática da designação antecipada de uma segunda pessoa para cada operador, capaz de o substituir em caso de ausência.

A literatura especializada apresenta ainda outras ações, sempre orientadas ao controle técnico e todas relacionadas com o melhoramento das instalações, visando facilitar melhor a complexidade do seqüenciamento. Entre estas ações, ressaltam-se a aceleração dos tempos de trocas dos dispositivos de sabores; a busca de máquinas que minimizam as perdas de materiais no momento das mudanças de séries; a pesquisa de instalações que permitem uma automatização descentralizada, com o objetivo de fazer parar ou de operar mais rápido algumas unidades; a instalação de máquinas capazes de fabricar paralelamente o produto, o recipiente de embalagem e suas etiquetas de informações; etc. Caminha-se, assim, muito mais em direção à tendência do princípio de realização de unidades fabris em torno de um ou de vários procedimentos de fabricação, do que em direção de um tipo de produto.

#### **4.4 - TIPOLOGIA CONCEITUAL DOS SISTEMAS AVANÇADOS DE PRODUÇÃO NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS**

A implantação desses novos conceitos de produção na indústria de alimentos, constitui na verdade uma tarefa bastante difícil. A diversidade de processos, de tecnologias e de métodos existente em todas as indústrias do setor, torna igualmente difícil a definição de uma tipologia de sistemas que seja amplamente aceita pelas diferentes indústrias.

Na abordagem do *just-in-time* (ver capítulo 2, seção 2.4), por exemplo, a aplicação destes métodos tem assumido diferentes configurações de implantação, de modo que se observa um esforço permanente e geral, por parte das indústrias, na adaptação adequada dos princípios JIT em suas unidades de produção. Desse modo, um primeiro passo na aplicação das técnicas JIT nas indústrias alimentares, trata-se justamente da definição do fluxo operacional que o sistema de produção pode incorporar.

Essa definição por sua vez, deve considerar a natureza específica do processo produtivo alimentar por um lado, e os princípios de sincronização e balanceamento *just-in-time* do outro. Recuperando as características e especificidades dos sistemas de produção das IAA's (conforme discutido nas seções precedentes), pode-se desenvolver um esquema geral de suas operações, com base em dois critérios principais:

[C1] A **extensão do ciclo comercial — CC** (definida como o intervalo de tempo entre o momento onde o cliente passa o pedido e a data na qual ele recebe o produto solicitado), em relação ao **ciclo acumulado de obtenção — CAO** (que é igual ao tempo de abastecimento + ciclo de fabricação + ciclo de condicionamento); e

[C2] A sazonalidade dos abastecimentos de matérias-primas e produtos secundários, associada à sazonalidade da demanda.

As seções seguintes apresentam um esquema de classificação das indústrias alimentares, a partir destes critérios de organização avançada da produção, cujos princípios metodológicos estão estreitamente ligados à abordagem do *just-in-time*.

#### 4.4.1 - CLASSIFICAÇÃO DAS IAA'S DE ACORDO COM O CRITÉRIO DOS CICLOS DE OPERAÇÃO

Com base nestes critérios, as indústrias agro-alimentares podem ser classificadas de acordo com a organização dos seus ciclos operatórios — de produção e de distribuição —, bem como em função do modo de gestão de seus fluxos físicos de recursos. Esses critérios constituem um ponto importante para a definição da organização JIT, no sentido de que contribuem para a sistematização operacional dos princípios de sincronização dos fluxos e de balanceamento das linhas de produção.

Desse modo e de acordo com o primeiro critério (organização dos ciclos de operação), pode-se determinar quatro tipos de indústrias alimentares, sempre considerando a relação observada entre CAO e CC.

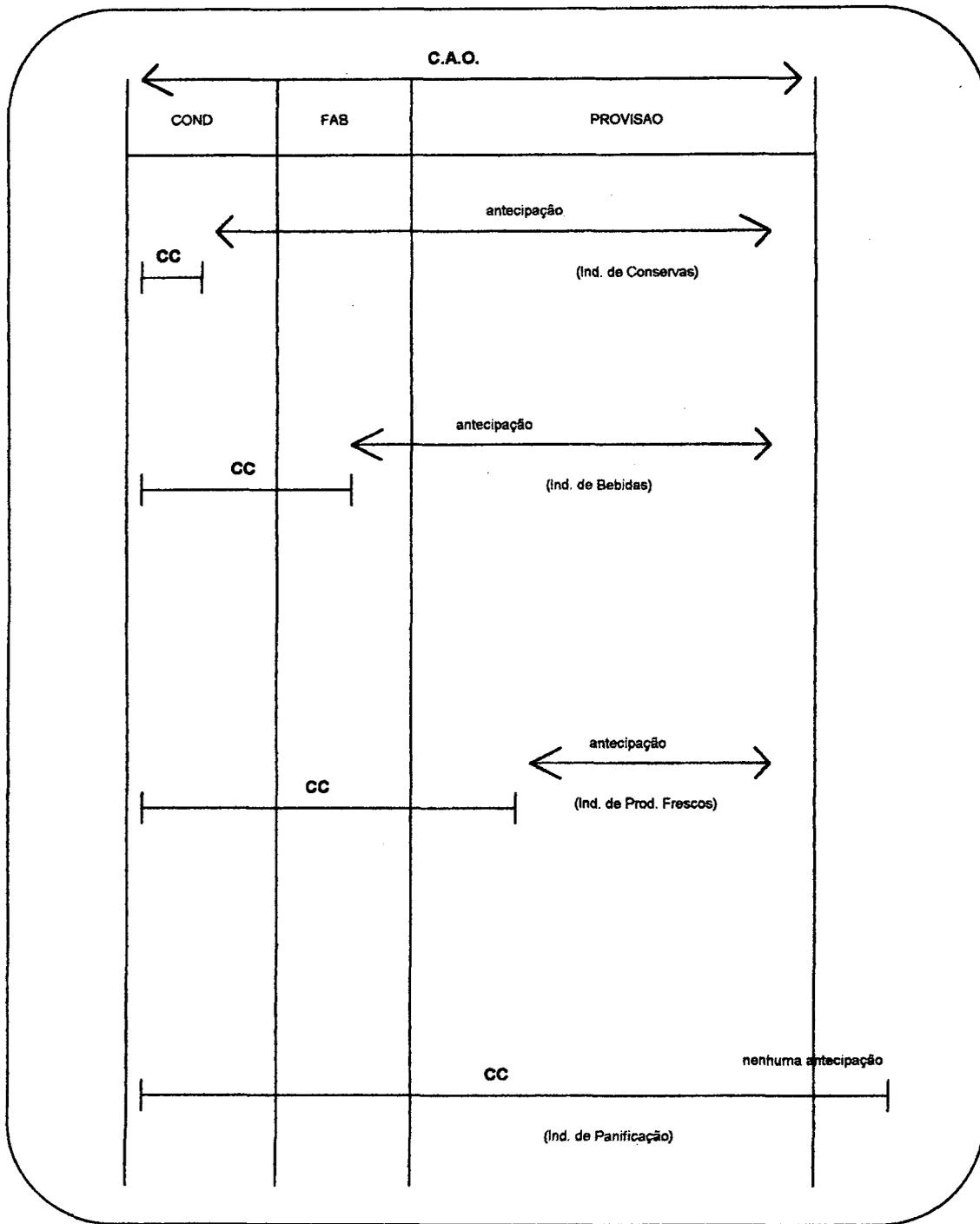
As indústrias chamadas de tipo I são aquelas que apresentam um ciclo comercial extremamente curto (menor que o tempo de condicionamento) em relação ao tempo de CAO, requerendo portanto uma larga antecipação dos pedidos (por exemplo, a indústria de conservas). A categoria de indústrias conhecida como de tipo II, desenvolve também um ciclo comercial pequeno (equivalente ao tempo de condicionamento + tempo de fabricação), exigindo uma antecipação dos pedidos correspondente a cerca de 70% do tempo de CAO.

Nas indústrias de tipo III, o ciclo comercial equivale a cerca de 60% do tempo de CAO, de modo que a antecipação dos pedidos pode ser definida dentro desta mesma lógica de paridade (é o caso das indústrias de produtos frescos). Finalmente, as indústrias de tipo IV são aquelas que têm um ciclo de comercialização bastante superior ao tempo de CAO (indústria de panificação), não apresentando necessidade para efetuar a antecipação dos pedidos.

A Figura 4.7 esquematiza essa primeira classificação das IAA's, cujo objetivo é o de apresentar uma tipologia para as diversas configurações de ciclos operatórios, a fim de definir a aplicação dos princípios de sincronização e balanceamento das operações JIT nas indústrias agro-alimentares.

O fenômeno de flutuação dos fatores produtivos à montante e à jusante das indústrias alimentares, constitui um outro forte entrave para a implantação da organização JIT nestas indústrias.

Esse fenômeno, caracterizado pela forte sazonalidade das provisões e da demanda final, tem uma influência direta sobre a articulação dos fluxos físicos de recursos, de modo que o sistema industrial deve encontrar e estabelecer os parâmetros mais adequados para a gestão de tais problemas.



**FIGURA 4.7 - TIPOLOGIA DAS IAA's DE ACORDO COM O CRITÉRIO DOS CICLOS DE OPERAÇÃO**  
 FONTE: Dados da pesquisa realizada

CAO: Ciclo Acumulado de Obtenção  
 CC: Ciclo Comercial

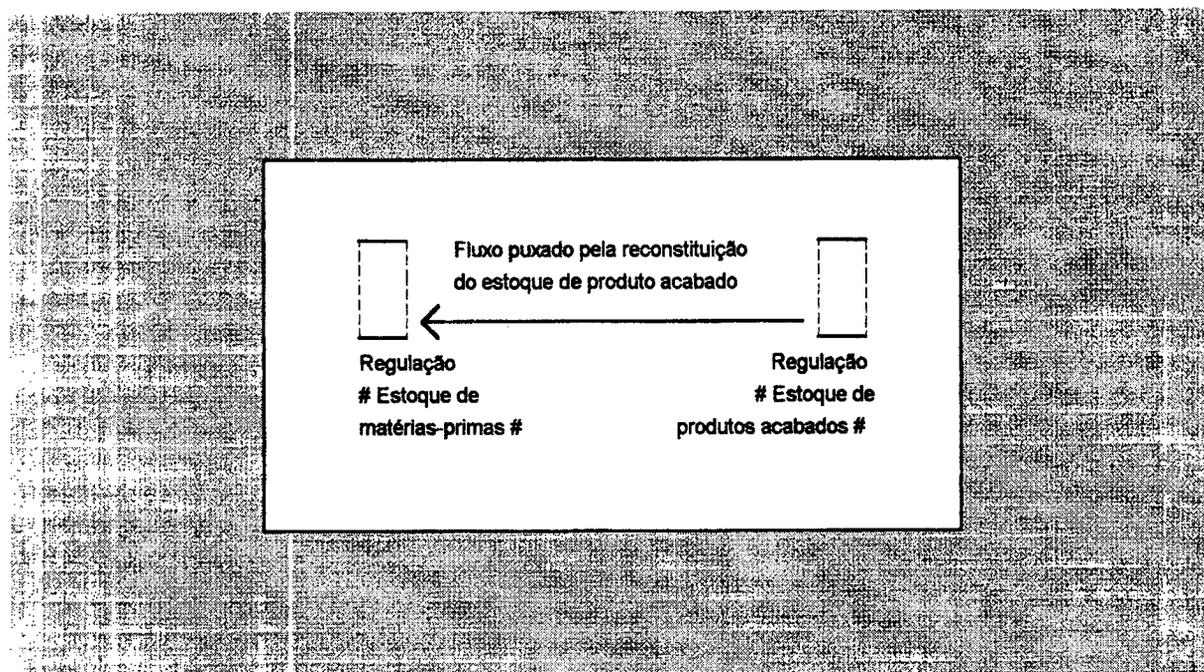
Na abordagem do *just-in-time* (produção = demanda), a gestão dos fluxos substitui a tradicional gestão dos estoques, os quais representam os principais obstáculos à constituição de um fluxo regular de produção. Assumindo novamente as especificidades das indústrias alimentares, sobretudo no que diz respeito à natureza perecível e sazonal de suas matérias-primas e componentes, uma outra tipologia de indústrias pode ser definida.

#### **4.4.2 - TIPOLOGIA DAS IAA'S BASEADA NO CRITÉRIO DA GESTÃO DOS FLUXOS**

Conforme exposto anteriormente, a regulação dos fluxos nas indústrias agro-alimentares constitui uma função das fortes variações de seus insumos, associada à flutuação da demanda final de seus produtos. Nesse sentido, a gestão dos fluxos físicos nas IAA's permite uma classificação dessas indústrias em quatro tipos diferentes de organização, como segue:

- TIPO I Organização de fluxo puxado;
- TIPO II Organização de fluxo empurrado-puxado com regulação;
- TIPO III Organização de fluxo empurrado; e
- TIPO IV Organização de fluxo empurrado-puxado sem regulação.

A - TIPO I – As organizações do tipo I operam um fluxo de produção puxado, através de um processo operacional curto, que elabora produtos com uma DLV grande, conforme explicita a Figura 4.8. A gestão dos fluxos é facilitada pelo monitoramento de matérias-primas não sofríveis, bem como pela elaboração de produtos acabados de acordo com as previsões de produção. Na verdade, esta categoria de indústrias constitui o caso mais simples de aplicação do princípio de organização JIT em fluxo puxado. Essas organizações utilizam também um sistema de gestão por reconstituição dos estoques, e técnicas de previsão de vendas. Os exemplos mais comuns desta tipologia são as indústrias alcooleiras, de panificação e de confeitaria.



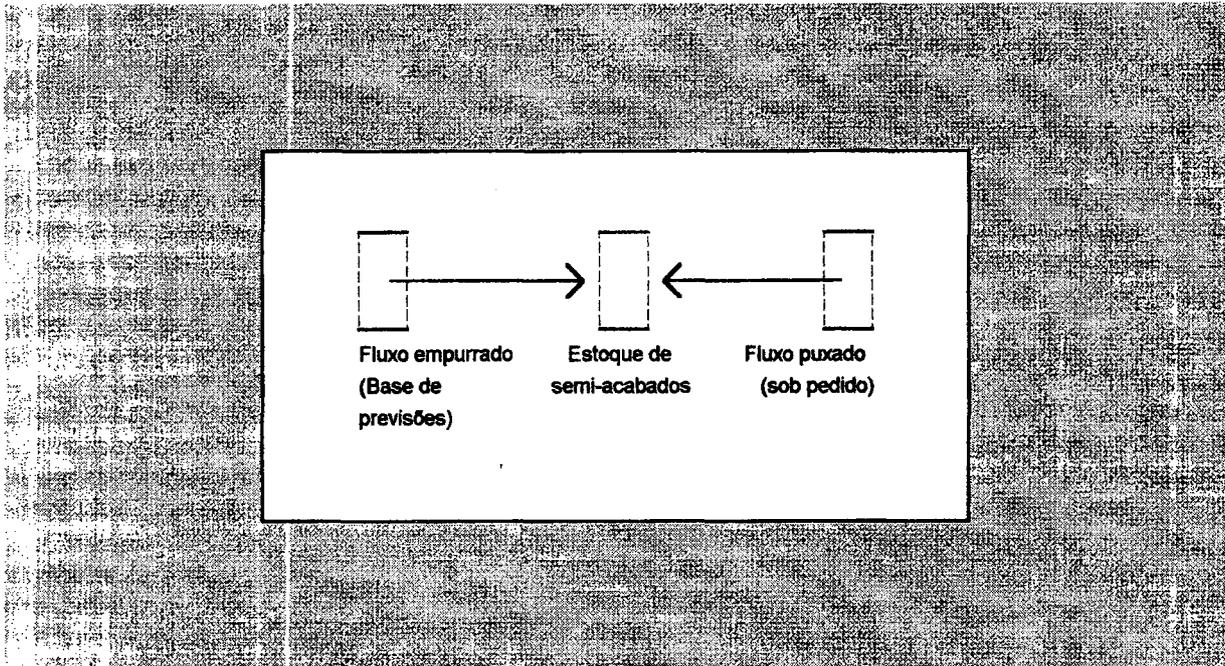
**FIGURA 4.8 - TIPO I – ORGANIZAÇÃO DE FLUXO PUXADO**

FONTE: Dados da pesquisa realizada

Os disfuncionamentos do sistema estão relacionados com o conhecimento distorcido dos estoques (informação errada), custos e rupturas desses volumes, e ainda com as disjunções de seqüenciamento. Desse modo, as causas de tais disfuncionamentos podem estar na qualidade das previsões que são realizadas, no tipo de coleta e tratamento das informações que chegam, no controle das atividades de distribuição e comercialização, bem como na confiabilidade e flexibilidade duvidosas das ferramentas de produção. Este tipo de indústria privilegia a função logística, monitorando a tensão dos fluxos através da gestão dos gargalos de produção.

**B - TIPO II** – As indústrias ditas de tipo II operacionalizam um processo longo de fluxo empurrado-puxado com regulação, fabricando produtos com DLV igualmente grande (ver Figura 4.9). Os princípios *just-in-time* que se aplicam nestas indústrias são o condicionamento (sob pedido) em fluxo puxado, a fabricação (sob previsão) em fluxo empurrado e os estoques intermediários de regulação. O processo de gestão adotado é caracterizado por ações do tipo: previsões de médio prazo, antecipação, sazonalidade e gestão de reconstituição dos estoques de produtos acabados; plano

de ação para intermediar a gestão das matérias-primas e; gestão de curto prazo para os produtos em processo.



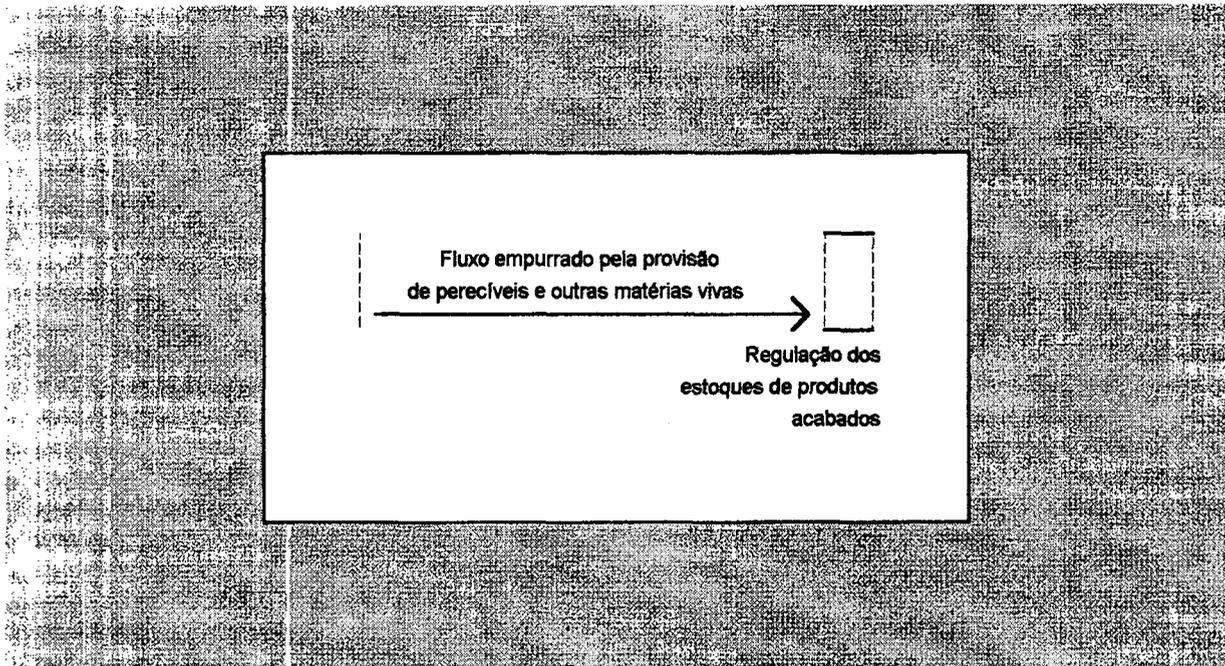
**FIGURA 4.9 - TIPO II – ORGANIZAÇÃO DE FLUXO EMPURRADO-PUXADO COM REGULAÇÃO**

FONTE: Dados da pesquisa realizada

A natureza e causa dos disfuncionamentos enfrentados por esta categoria de indústrias, são as mesmas atribuídas aos problemas encontrados nas indústrias de tipo I. Este tipo de indústria enfrenta ainda o problema de evolução e destino dos produtos em elaboração, devido em grande parte aos embaraços provocados no processo operacional. Nesta tipologia de indústrias as ações privilegiadas são o planejamento e o seqüenciamento da função de condicionamento (considerada atividade-chave da indústria), efetuando igualmente a tensão dos fluxos através da gestão dos gargalos de produção. Os exemplos típicos nesta categoria são as indústrias de cervejas e de aperitivos.

c - TIPO III – O grupo de organizações do tipo III executa um fluxo empurrado, através de um processo operacional curto, criando produtos com DLV grande, de acordo com a ilustração da Figura 4.10. A gestão dos fluxos é caracterizada pelas ações de regulação das matérias-primas, as atividades de previsão e o

acompanhamento dos estoques de produtos acabados. Opera também com matérias-primas e componentes perecíveis, enfrentando ainda problemas de sazonalidade das fontes de abastecimento. A organização JIT é caracterizada nestas indústrias através dos processos de acabamento final dos pedidos em fluxo puxado, assim como pelo princípio da diferenciação retardada.



**FIGURA 4.10 - TIPO III – ORGANIZAÇÃO DE FLUXO EMPURRADO**

FONTE: Dados da pesquisa realizada

Trata-se de uma categoria de indústrias que apresenta problemas de disfunção relacionados aos seus estoques, sobretudo nas questões de conhecimento, custo e tempo de rotação. Tais disfuncionamentos decorrem principalmente dos inadequados prazos de abastecimento, da ineficiência na gestão das ferramentas disponíveis, bem como da baixa qualidade das previsões realizadas. As indústrias de tipo III privilegiam as ações de produtividade, através das atividades de controle dos custos industriais. Os exemplos mais comuns nessa categoria são as indústrias de processamento de frutas e legumes.

D - TIPO IV – As indústrias de tipo IV trabalham com um fluxo empurrado-puxado sem regulação, utilizando um processo produtivo curto que elabora produtos com DLV pequena. O gerenciamento do fluxo é caracterizado pela regularização ao nível das operações de seqüenciamento, conforme mostra a Figura 4.11. Esta categoria de indústrias se integra às técnicas *just-in-time* através da aplicação do princípio da sincronização dos fluxos, onde o ajustamento entre os produtos-em-processo e os pedidos fechados, constitui um parâmetro de elevada necessidade. Trata-se também de uma organização que não admite a possibilidade de estoques.

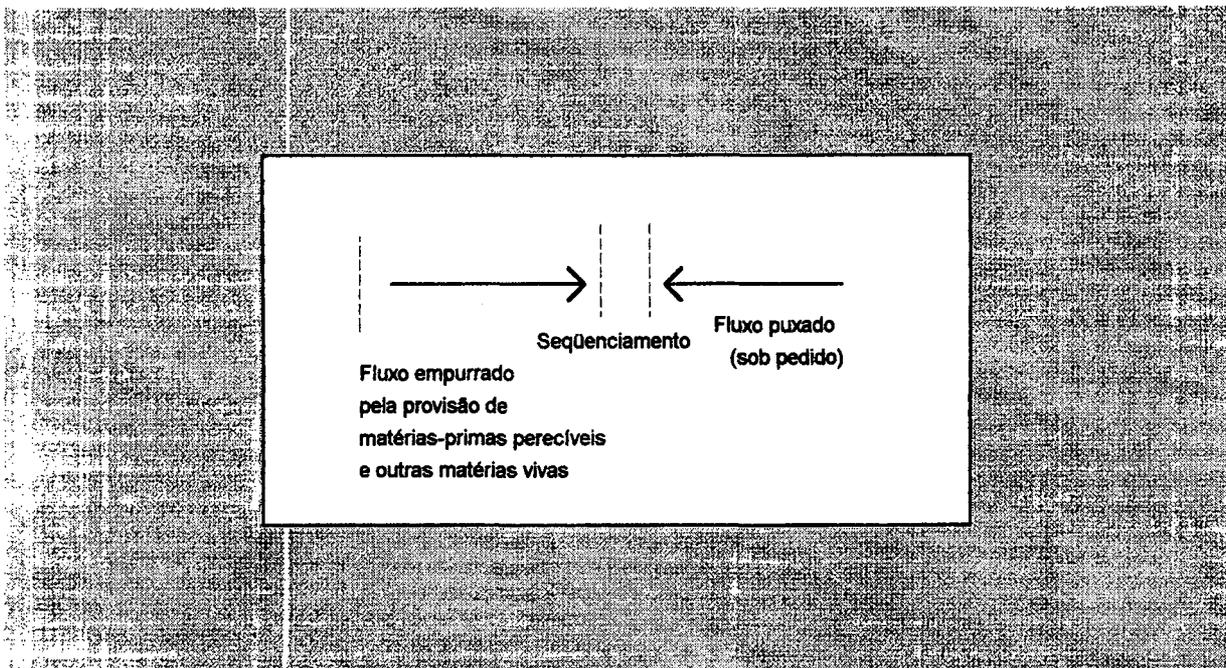


FIGURA 4.11 - TIPO IV – ORGANIZAÇÃO DE FLUXO EMPURRADO-PUXADO SEM REGULAÇÃO

FONTE: Dados da pesquisa realizada

Nesta categoria de indústrias as disfunções do sistema estão relacionadas com os estoques de produtos acabados, com as demandas-cliente não satisfeitas, bem como com a revisão dos programas de seqüenciamento. Estas disfunções resultam da baixa qualidade das previsões que são realizadas, da duvidosa confiabilidade e flexibilidade das ferramentas utilizadas, da coleta e tratamento das informações que chegam, e ainda da ineficiente atividade de controle comercial. O seqüenciamento das atividades de fabricação e condicionamento dos produtos,

constitui a ação normalmente privilegiada nestas indústrias. Os melhores exemplos para esta categoria são, sem dúvida, as indústrias de laticínios e de produtos frescos.

Os métodos *just-in-time* de produção têm, portanto, enorme aplicabilidade nos sistemas produtivos das indústrias agro-alimentares, conforme pode ser observado nas seções anteriores. É bem verdade, no entanto, que estas aplicações impõem uma série de modificações, no sentido de garantir a adaptabilidade dessas técnicas às especificidades das indústrias. Uma avaliação efetuada pelo *Institut for International Research* (1991) mostra, que tanto as técnicas de produção JIT, como todo o conjunto de princípios que compõe a abordagem *just-in-time*, encontram adesão e aplicabilidade na indústria de alimentos.

A avaliação do esquema apresentado na Figura 4.12, por exemplo, mostra que grande parte dos conceitos JIT foi inclusive rapidamente absorvida por essas indústrias, nos diferentes aspectos da estrutura organizacional, tais como: no processo de estruturação dos fluxos, na rede de distribuição, nas disposições de parceria com os fornecedores, na montagem das plataformas de abastecimento, na confiabilidade e aceleração dos procedimentos, na organização dos fluxos de informações, etc.

De um modo geral, a aplicação da organização JIT nas indústrias alimentares, está principalmente voltada para o ajustamento do sistema produtivo, com o objetivo de estabelecer a sincronização entre as diversas etapas operacionais de um lado, e os fatores e demandas ambientais, do outro.

Além dos princípios e dos métodos de produção JIT, que inspiraram novas e avançadas configurações de sistemas produtivos nas IAA's, outras abordagens também influenciaram a evolução desses processos operacionais. Entre essas concepções modernas do modo de produzir e do modo de gerenciar, com influência na evolução das configurações operacionais das IAA's, destacam-se ainda a abordagem CIM (*Computer Integrated Manufacturing*), o conceito de "manufatura flexível" e o princípio da "organização celular".

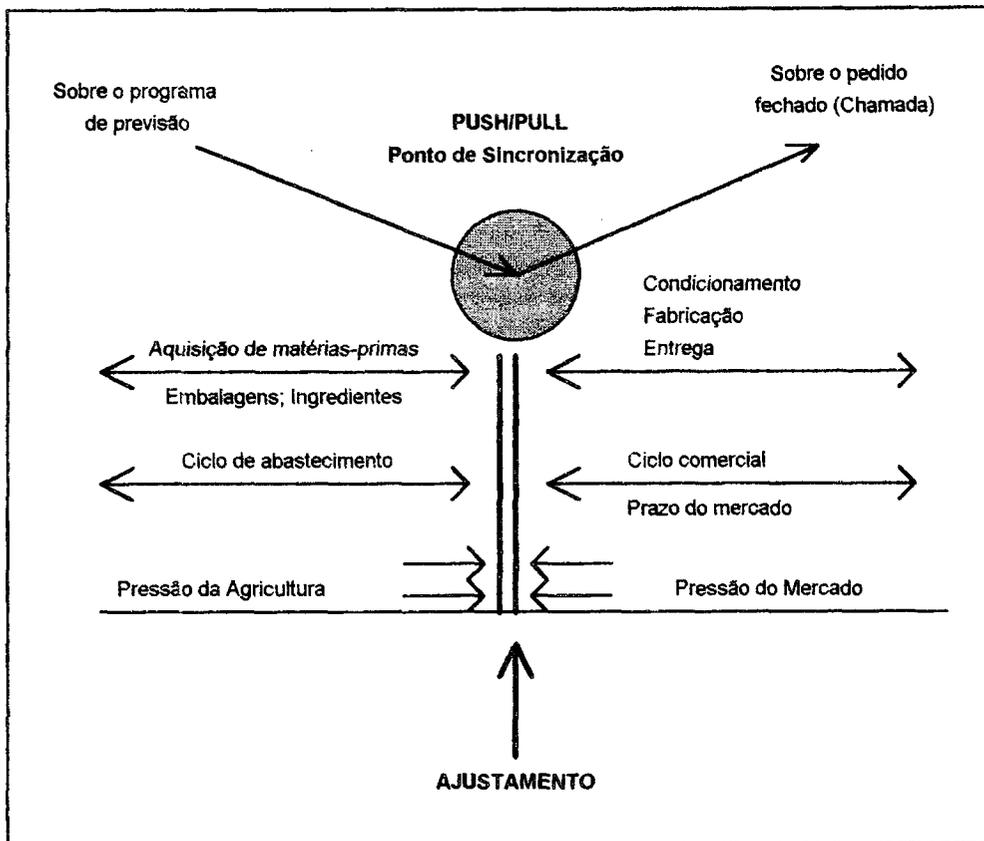


FIGURA 4.12 - O PRINCÍPIO DA SINCRONIZAÇÃO JIT NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS  
 FONTE: Dados da pesquisa realizada

A fim de melhor ilustrar algumas características gerais da evolução dos sistemas de produção alimentar, as seções seguintes apresentam três experiências registradas na literatura, correspondentes à três esquemas gerenciais diferentes e complementares, que podem antecipar as configurações futuras de muitas indústrias alimentares. Estas experiências têm por contexto uma indústria de fabricação de produtos laticínios frescos (iogurtes), uma empresa de fabricação de matérias gordurosas (manteiga e margarina) e uma empresa de fabricação de conservas de legumes.

#### 4.4.3 - O CONCEITO DE FÁBRICA EM DUAS VELOCIDADES (O CASO DA FABRICAÇÃO DO IOGURTE)

O processo de fabricação dos produtos laticínios frescos, ou mais especificamente, a produção de iogurtes, é estruturada de acordo com linhas que funcionam em sistema contínuo, ou seja, 24 horas sobre 24. A duração total do processo é em torno de dez horas, de modo que suas características repousam sobre a continuidade da transformação das matérias processadas, associada à uma forte automatização.

Do ponto de vista da tecnologia do produto, o iogurte é definido como um produto fresco, que deve ser mantido sob uma temperatura entre 2 e 6°C, apresentando uma duração de vida limitada (28 dias). Em geral, duas categorias de iogurtes podem ser definidas: os iogurtes "tradicionais" ou fechados, ou seja, aqueles em que o leite é fermentado quando já se encontra condicionado nos recipientes ou potinhos adequados; e os iogurtes misturados, que são os iogurtes fermentados em tonéis, em seguida misturados a frutas e/ou essências diversas antes da fase de resfriamento, depois condicionados e finalmente resfriados.

O processo de fabricação é composto de uma fase de preparação e padronização do leite, com duração de uma a duas horas, seguida pelas etapas de homogeneização e pasteurização deste mesmo componente à 4°C. Em seguida ele recebe a injeção de um fermento, é elevado à 30°C em um tonel quente, durante cinco à sete horas para fermentar. A fase seguinte é a de resfriamento, caracterizada pelo fim da fermentação e a introdução do produto em um tonel frio, durante uma à duas horas.

O enchimento dos potes se faz por intermédio de medidores, sob uma plataforma protegida de fluxo laminar, a fim de evitar todo e qualquer risco de contaminação. Em seguida os potes são lacrados, e a data limite de consumo é colocada sobre cada pote, através de um dispositivo de impressão.

A simplicidade aparente deste tipo de fabricação, pode responder facilmente à uma forte exigência de segmentação do mercado, através de uma multiplicação de produtos específicos para cada tipologia de consumidores, tais como modestos / afortunados; novidade / originalidade; esportividade / guloseima, jovens / adultos; etc.

Esta política resulta, naturalmente, numa explosão da variedade dos produtos e das referências. Desse modo, uma fábrica pode produzir uma centena de referências, obtidas pelo cruzamento de um produto de base, por exemplo, com um sabor, com uma porcentagem de gordura, um formato de embalagem e um país de destino.

Neste tipo de configuração, o equipamento de produção é submetido à diversas dificuldades: as linhas de produção diferem em relação ao rendimento, à capacidade para fabricar um ou outro produto, à flexibilidade para as trocas de ferramentas e, enfim, em relação às quantificações e aos efetivos de pessoal necessários à gestão das linhas, levando em conta o absentismo (feriados, formação e doenças) rotineiro.

Além do equipamento de produção, a complexidade dos lançamentos de fabricação está na existência de dependências no encadeamento das séries de fabricação. Assim, sabendo-se que é lógico que o teor de gordura do leite seja crescente à medida que avança a sucessão das séries de fabricação, os iogurtes naturais, por exemplo, que são feitos à base de leite desnatado, devem passar necessariamente sobre a linha antes daqueles que são à base de leite integral, de modo a evitar o tempo de limpeza, de preparação da linha de fabricação, bem como as perdas de materiais à cada introdução de uma nova série. Este mesmo raciocínio pode ser feito em relação ao teor de açúcar, frutas e sabores. Neste sentido, a fabricação iniciará pelos iogurtes naturais sem açúcar, depois pelos doces e finalmente passará pelos doces com sabores e doces frutados.

Além disso, os produtos de base são demandados constantemente e são também os produtos que são fabricados em primeiro lugar, pois sua quantidade pode ser prevista com bastante antecipação. No entanto, estes dependem da fabricação das referências marginais (os iogurtes *diet*, por exemplo), em função da demanda diária. Constata-se assim que o encadeamento destas ordens de fabricação, se aproxima cada vez mais de uma arborescência relativamente complexa. Neste caso, uma ordem de seqüenciamento deve respeitar três grandes imperativos:

- gerir as prioridades em função das datas de entrega;
- utilizar as regras de sucessão das séries para minimizar os tempos de trocas de fabricação;

– garantir uma DLC (data limite de consumo) precisa em relação à data de expedição dos produtos que saem das fábricas.

Nesse sentido, um primeiro imperativo para as indústrias de produtos laticínios frescos, consiste em integrar o seqüenciamento e o planejamento das datas de entregas, o que demanda uma grande coordenação entre os pontos de vendas (grande distribuição) e o equipamento de produção. O segundo imperativo que se coloca, privilegia uma visão hierárquica entre as pequenas e as grandes séries. Finalmente, um terceiro imperativo coloca o problema da redução do ciclo de fabricação, que já é freqüentemente curto (algumas horas apenas), e o empenho das fábricas em termos de data de expedição. Isto, por sua vez, impõe igualmente diversos tipos de dificuldades (fábrica/distribuidores), em função do tamanho das séries.

A primeira etapa consiste, assim, em distinguir os subconjuntos de séries que não podem ser tratados sob uma mesma linha, devido a questões tecnológicas ou de contaminação (o caso dos iogurtes tradicionais e os iogurtes misturados, por exemplo). Em seguida, no seio de cada subconjunto, dois grupos são distinguidos em função de dois níveis de inseminação de bactérias lácteas específicas: os iogurtes tradicionais clássicos, os iogurtes tradicionais *lights*, os iogurtes misturados clássicos e os iogurtes *lights-diets*.

Um dos caminhos privilegiados atualmente, no sentido de se encontrar uma certa flexibilidade, consiste em repensar o processo de fabricação, posicionando-o sobre o princípio da diferenciação retardada. A idéia consiste em trabalhar sobre "duas massas brancas" (iogurte tradicional e iogurte misturado de base) pouco especificadas, e somente as diferenciar na etapa final do processo, através do adicionamento de outros produtos, ou ainda de acordo com embalagens diferentes. Assim, a variedade final dos produtos é obtida no fim do processo, através da especificação do produto padrão, agregando-lhe outros subconjuntos. Desse modo, a diferenciação retardada permite reagir, em um prazo bastante curto, às evoluções do mercado.

Chega-se portanto, dentro deste mesmo cenário, muito mais à realização de fábricas em volta de um ou de vários processos de produção, do que em torno de um tipo de produto acabado. Outras ações, delineadas essencialmente visando a concepção de unidades de fabricação independentes e moduláveis, podem ser apresentadas. Estas evoluções, que apenas começam a surgir, orientam a

concepção industrial em direção à fábrica "de duas velocidades", traduzidas em dois tipos diferentes de unidades operacionais.

O primeiro tipo refere-se às unidades equipadas basicamente com linhas de alto desempenho, para processar apenas os produtos de massa. Neste caso, o problema de seqüenciamento é simplificado, uma vez que o objetivo buscado é o de produtividade do sistema. O segundo tipo está relacionado às unidades especializadas na produção de pequenas séries, onde a flexibilidade operacional seria a principal característica.

#### **4.4.4 - O CONCEITO DE PRODUÇÃO FLEXÍVEL NA INDÚSTRIA ALIMENTAR (O CASO DA FABRICAÇÃO DE GORDURA SÓLIDA)**

Na indústria de gorduras, as dificuldades enfrentadas pelo mercado são similares àquelas do caso precedente. Este mercado se distingue por uma explosão da gama de gorduras, cuja diversidade se traduz pelo elevado número de percentagem referente às gorduras animais e vegetais, como segue:

- manteigas com 82%, 60%, 40% de gorduras, sendo que todas as demais percentagens intermediárias permanecem possíveis;
- margarina com 82% ou com 40% de gorduras vegetais;
- outras especialidades (60% a 20%) de gorduras de origem animal, vegetal ou mistas.

A margarina constitui uma emulsão composta de uma fase de gordura (82% a 40%), contendo água e/ou leite (fase aquosa), adicionadas a alguns outros componentes minerais. A fabricação consiste em:

- preparar a fase gordurosa: mistura da gordura vegetal ou animal;
- preparar a fase aquosa;
- misturar, emulsionar, resfriar, amassar e cristalizar essas duas fases anteriores;
- condicionar o produto final.

A manteiga, por sua vez, é produzida a partir de uma gordura (82%), que é fracionada e submetida à um processo de mistura contínuo, cujo resultado pode ultrapassar as dez toneladas por hora. Em seguida, a manteiga é finalmente amaçada e condicionada. A produção é organizada em torno de linhas de fabricação que funcionam permanentemente, sendo que algumas dessas linhas são especializadas, como no caso da fabricação do iogurte. A grande dificuldade para a manteiga é o problema da sazonalidade no abastecimento das matérias-primas, o que leva os empresários a recorrer com freqüência às instalações de grande capacidade.

Através da reorganização dos fluxos, a empresa procura trocar mais rapidamente de produção, com o objetivo de melhor atender às variações da demanda. Trata-se, na verdade, de passar a operar equipamentos mais flexíveis, substituindo por exemplo, o dispositivo de mistura mecânico por um dispositivo de mistura automatizado. Neste caso, tanto o resultado (em termos de consistência), como o teor da gordura, passam a ser controlados através de regulação diferente na contribuição desta matéria. Um investimento dessa natureza, permite a obtenção de produtos que vão da manteiga tradicional à manteiga *light*. O seqüenciamento dos pedidos, por sua vez, requer um especial cuidado, de modo a garantir um teor crescente de gordura ao nível das séries que são produzidas.

Ao nível da margarina e de outros produtos gordurosos, a utilização do "trocador de placas" permite a consecução dos mesmos melhoramentos alcançados no caso da manteiga. Desse modo, a principal resposta à diversidade, encontra-se finalmente na integração dos dois procedimentos de fabricação, cuja reconfiguração do sistema permite a passagem de um produto à outro, em um mínimo de tempo possível.

Assim, o tronco comum é formado pela preparação da matéria-prima (animal, vegetal e outros componentes), seguida de dois processos distintos: um primeiro processo que é estruturado em torno do dispositivo de mistura automatizado, e um outro que é definido em volta do "trocador de placas". Por último, esses dois processos são novamente conectados, a fim de permitir o condicionamento em recipientes adequados à cada produto, conforme mostra o esquema da Figura 4.13.

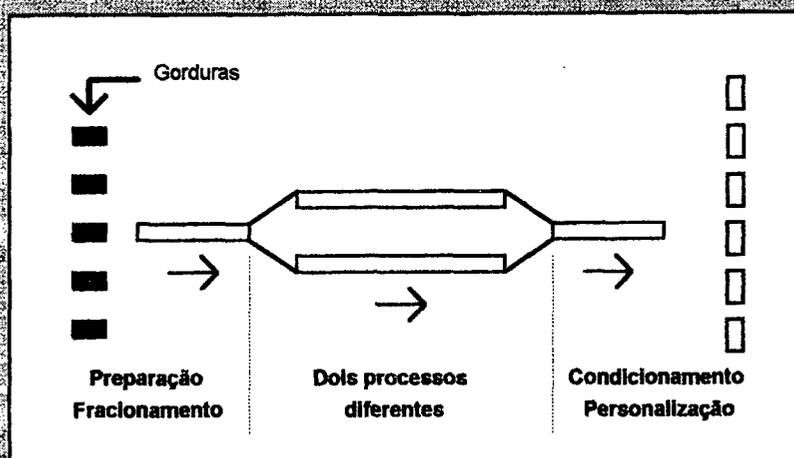


FIGURA 4.13 - PRODUÇÃO FLEXÍVEL NA INDÚSTRIA DE GORDURAS

FONTE: Adaptado de Med Nakhla (1993, p. 19)

A gestão desses dois processos integrados é feita de acordo com o princípio da "coordenação automatizada", ou seja, todas as etapas são coordenadas de uma maneira centralizada, através de um sistema que recebe as informações necessárias à sincronização, em tempo real, das diferentes etapas de fabricação. A gestão e o controle são igualmente feitos em função das informações que são acessadas pelos dispositivos de captação de dados, instalados numa sala de comando, bem como através das ordens que são transmitidas aos autômatos programáveis.

#### **4.4.5 - PROCEDIMENTOS DE CONTRATUALIZAÇÃO E COORDENAÇÃO MULTIATORES (O CASO DA INDÚSTRIA DE CONSERVAS E LEGUMES)**

Dada a natureza do produto processado, de origem agrícola e altamente dependente dos acasos climáticos, a indústria de fabricação de conservas de legumes padece permanentemente de provisões variáveis, tanto a nível de quantidades físicas, como em termos de qualidade. Estas variações, no entanto, são parcialmente compensadas pelas ações de gestão da produção.

O processo de fabricação é organizado em torno de diversas linhas especializadas, funcionando continuamente; as gamas de produção são lineares e as unidades circulantes percorrem o mesmo caminho. A produção é realizada sob estoque, devido a extensão do prazo limite de consumo que é bastante grande, o que permite absorver sem dificuldades as flutuações da demanda.

Neste contexto, a principal restrição que se coloca para estas indústrias, é justamente a dificuldade de controle, quantitativo e qualitativo, dos estoques de provisões. Os contratos de compra estabelecidos com os produtores agrícolas, têm sido formalizados sobre a base de um certo número de variáveis técnicas e agronômicas, bem como de natureza regional, a fim de estabilizar e regular a chegada da matéria-prima.

Esta prática de contratualização não constitui uma novidade, uma vez que ela data do século XIX. Assim, por exemplo, na indústria açucareira da Europa, as beterrabas eram pagas à um preço modulado em função do seu teor de açúcar, através das medidas de densidade do suco de pressão. Provia-se, desse modo, inclusive para outras indústrias, uma política de contratos de cultura de acordo com as regiões. Ao mesmo tempo, as entregas diretas que eram realizadas a granel, por caminhão ou por via férrea, foram substituídos por entregas definidas em planos de transportes, pré-estabelecidos de comum acordo entre o industrial e o produtor agrícola.

Mais tarde, com o desenvolvimento da refrigeração industrial e das máquinas elétricas, foi possível estocar o xarope após a evaporação, de modo a regular os estágios introdutórios da fabricação. Outros exemplos sobre esse tipo de relação, poderiam ainda ser citados. No entanto, o importante mesmo a ser ressaltado, é o fato de que os novos procedimentos no que diz respeito as relações indústria-produtor agrícola, estão baseados na busca dos meios adequados para elaborar as

regras, e para garantir que estas sejam ótimas para os dois atores. Dito de outra forma, trata-se de definir e alcançar os objetivos de uma política de parceria, fundamentada sobre os contratos de produção.

Atualmente, todos os contratos são submetidos a um caderno de encargos, bem como a rigorosas normas de natureza regional, analítica, física e bioquímica. Esta experiência tem mostrado que um contrato entre um industrial e um produtor, deve estar, antes de tudo, fundamentado sobre um princípio de fidelidade dos agricultores ou dos pecuaristas (para a indústria de carne), através de um sistema de prêmios, de modo a melhorar a remuneração de seus produtos.

Em contrapartida, o produtor agrícola ou o pecuarista, deverá concordar em respeitar um mínimo das condições referentes às técnicas de produção, tais como: seleção dos animais, sementes selecionadas, tratamento fitossanitário adequado, colheita certa no tempo exato, estocagem em boas condições de conservação nas fazendas, etc. Os produtores devem igualmente se adaptarem à uma política de entrega precisa do industrial, facilitando notadamente a realização de análises sobre os produtos.

Esta transformação rebuscada da relação indústria-produtor não terminará por aqui, mas ela tentará muito provavelmente ganhar a forma de uma verdadeira parceria. Trata-se, enfim, de passar de uma negociação baseada unicamente sobre o preço da matéria-prima e de sua qualidade, para formas avançadas de negociação e parcerias, como por exemplo: escolha das unidades de produção, qualidade, logística e formação. Além do mais, as relações de longo prazo podem igualmente evoluir rumo à uma tendência da qualidade e da avaliação dos fornecedores, assim como em direção às considerações de investimentos autorizados por estes, como forma de melhor se adaptar à uma evolução do produto demandada pelo industrial.

Estas observações, no entanto, permanecem ainda bastante limitadas, de modo que sua "generalização" necessitará, sem dúvida, de uma articulação cara e de uma nova forma de gestão dessas relações, as quais são claramente posicionadas sobre as dificuldades e evoluções do próprio sistema industrial.

De acordo com os casos descritos nas seções anteriores, e conforme as considerações desenvolvidas ao longo de todo este capítulo, existe atualmente uma necessidade quase real das empresas, de gerenciar e orientar seus sistemas produtivos em direção à uma grande reatividade industrial. De um modo geral, as transformações que se realizam nas indústrias agro-alimentares, têm por objetivo o

estabelecimento de uma situação de coordenação entre as atividades de provisão de insumos, de planejamento da produção, de fabricação e de distribuição.

Neste contexto de considerações e, assumindo evidentemente as análises precedentes, a literatura disponível sugere a individualização de duas configurações diferentes de sistemas produtivos, em função do tipo de indústria alimentar. Estas configurações estão relacionadas com o tipo de gestão da produção adotado, em função das especificidades apresentadas pelos diversos tipos de IAA's. Assim sendo, estas indústrias são classificadas em dois grupos distintos: aquelas que utilizam um sistema integrado com gestão da produção acompanhada por computador (GPAC) e aquelas que operam um sistema produtivo com gestão e coordenação na incerteza (GCI). As seções seguintes descrevem ambos os sistemas.

#### **4.4.6 - SISTEMA INTEGRADO COM GESTÃO DA PRODUÇÃO ACOMPANHADA POR COMPUTADOR – (GPAC)**

Esta configuração de sistema produtivo se desenvolve mais rapidamente, nas indústrias onde a gestão dos estoques de provisões é relativamente possível, como por exemplo, na indústria de panificação, de pratos cozidos, de massas para sobremesas, etc.

O principal objetivo do esquema geral desta configuração, é o de integrar em um só sistema, os diversos equipamentos de informática existentes, tais como: aqueles que servem para calcular as unidades de consumo padrões a partir das "fórmulas" ou nomenclaturas; aqueles que são programados para definir as tendências das provisões e dos estoques; aqueles que servem para calcular as necessidades e as previsões de produção; etc.

Em seguida, trata-se de gerenciar as variações constatadas entre os materiais e componentes (*inputs*) envolvidos e a produção final obtida (*output*). Este procedimento requer a definição de uma "taxa de resíduos" no momento da execução das fórmulas "nomenclaturas", bem como as ligações entre os diferentes artigos, ou seja, do número de componentes por compostos produzidos. Ao nível da organização dos dados, trata-se igualmente de definir permanentemente as

unidades de conversões para certos artigos (a unidade de compra pode ser diferente da unidade de medida do estoque), bem como a gestão dos artigos intermediários ou "fantasmas" existentes na nomenclatura.

Um fato importante a ser ressaltado é que, nestas indústrias, numerosos esforços são atualmente realizados, com o objetivo de devolver os princípios clássicos, bem mais operacionais, de uma "gestão da produção acompanhada por computador". Desse modo, busca-se garantir uma tendência das evoluções e uma tomada em consideração dos acasos de produção (inventário circulante, incidência das perdas de materiais sobre o plano de produção, etc.). Na verdade, este é um novo "saber-administrar" que deverá ser desenvolvido, de modo a conciliar as ordens de fabricação de um lado, e uma demanda de produtos acabados altamente diversificada, do outro.

#### 4.4.7 - SISTEMA PRODUTIVO COM GESTÃO E COORDENAÇÃO NA INCERTEZA – (GCI)

Contrariamente ao caso precedente, nas indústrias onde a provisão de insumos depende diretamente da atividade agrícola, e cujos sistemas de processamento trabalham com matérias-primas perecíveis e de curtíssima duração de vida, o problema da integração é colocado, essencialmente, em termos do gerenciamento em condições de incerteza. Neste sentido, duas ações são delineadas paralelamente:

- Uma primeira ação, posicionada à montante da organização, é caracterizada por uma gestão das provisões de insumo, cujos procedimentos desembocam num **planejamento duplo e hierarquizado**, com a finalidade de conectar as ordens de fabricação internas à contratos de cultura, visando desse modo a padronização da produção agrícola.
- Uma segunda ação, posicionada à jusante da organização, é caracterizada por uma estratégia de diferenciação, forçada pela renovação acelerada dos produtos e dos mercados. Desse modo, um

produto é referenciado por **uma combinação de variáveis** (preço, qualidade, prazo de entrega, etc.).

A superposição destes dois eixos (montante e jusante), requer necessariamente o uso de instrumentos específicos de gestão dos sistemas de produção, a fim de alcançar uma verdadeira coordenação em condições de incerteza. Atualmente, este modelo de gestão que conecta o sistema industrial à sua montante e à sua jusante, é ainda muito pouco estudado, não havendo quase nada em torno da formalização de seus parâmetros e estrutura. Os administradores desses intercâmbios se contentam em passar os contratos e em fixar os prazos de abastecimento, deixando assim boa parte das atividades por conta dos ajustamentos espontâneos e, quase sempre tardios, entre o industrial e o produtor agrícola.

Entretanto, esta nova situação industrial necessita de procedimentos de contratualização mais precisos, levando em conta a variedade das coordenações possíveis: alargamento das informações intercambiadas, definição das variáveis de alerta, prioridades à serem respeitadas<sup>5</sup>, etc. De acordo com esses autores, haveria assim uma espécie de diploma de garantia de qualidade do planejamento. A essência desta nova forma de planejamento estaria, portanto, no empenho à ser observado em relação aos procedimentos de coordenação e de programação, o que é assimilável ao controle de processos que sistematiza os contratos de garantia da qualidade.

Estas novas tendências em matéria de gestão e de planejamento, possibilitariam assim o afinamento e prolongamento das expectâncias e soluções atuais, ou seja, exercitariam desse modo, uma recomposição das funções clássicas da empresa.

---

<sup>5</sup> Um exemplo detalhado desses princípios, aplicados evidentemente aos sistemas complexos de produção, é apresentado por Hatchuel e Sardas (1992). Ver: HATCHUEL, A. et SARDAS, J.C. (1992). Le pilotage des systèmes complexes de production – Les grandes transitions contemporaines des systèmes de production. In: "Les rationalisations de la production". Cepadues, Toulouse.

## 4.5 - CONCLUSÕES DO CAPÍTULO

Esta apresentação esquematizada das principais idéias sobre a configuração e o desempenho dos sistemas produtivos na indústria de alimentos, constitui o resultado de uma leitura e avaliação da literatura disponível, conjugado com os objetivos de pesquisa deste trabalho. A escassez de bibliografia, associada à generalidade das abordagens existentes, caracteriza assim as principais dificuldades encontradas, bem como os elementos limitantes na exposição aprofundada do assunto. Desta experiência de leitura e reflexão do material disponível, depreendem-se algumas considerações, as quais podem ser apresentadas como segue.

As profundas transformações porque passaram os sistemas produtivos, no decorrer dos anos 80, foram acompanhadas de importantes mudanças tecnológicas, gradualmente inseridas também no sistema social. Entre essas mudanças, ressalta-se o desenvolvimento da informática no setor de serviços, a aplicação intensiva da automação e da robótica na produção industrial, além do aperfeiçoamento das técnicas de engenharia genética, que possibilitaram a elaboração segura de muitos produtos na indústria alimentar.

Desse modo, aparecem então as novas formas organizacionais, impostas pelos novos equipamentos técnicos, acompanhadas de métodos modernos de operação. Nesse sentido, importantes modificações são efetuadas no modo de produzir, alterando significativamente os conceitos tradicionais de produtividade e desempenho da empresa. Por outro lado, essas modificações influenciam igualmente a competitividade entre os mercados, respondendo assim às novas exigências de reatividade das organizações, alicerçadas nos imperativos de "flexibilidade" e "qualidade" dos processos operacionais.

Estas mutações atingem também a empresa agro-alimentar, através de importantes alterações à montante e à jusante de seu sistema organizacional. A complexidade da gestão da produção, bem como a circulação e a venda dos produtos alimentares, são gradativamente integradas por meio de recursos computacionais, permitindo assim uma racionalização particularmente útil das atividades de gerenciamento das IAA's.

No contexto destas inúmeras transformações, diversas tipologias de sistemas operacionais começam a ser desenvolvidas na indústria agro-alimentar, decorrentes

da diversidade de processos e métodos existente no setor. Em função da natureza dos materiais processados, da lógica de seqüenciamento requerida pelos processos e das tecnologias disponíveis, os novos conceitos de produção passam inicialmente por um rigoroso processo de adaptação, para só em seguida serem aplicados sobre as várias esferas dos sistemas produtivos alimentares.

Desta maneira, muitos sistemas produtivos na indústria de alimentos têm combinado diversas técnicas avançadas de produção, com os métodos tradicionais existentes, alcançando assim bons resultados operacionais. É o caso, por exemplo, das indústrias que utilizam um sistema de fluxo empurrado nas fases iniciais do processo produtivo, combinado com o sistema de fluxo puxado na fase de condicionamento do produto, ou seja, na etapa final do processo. Isso acontece sobretudo, em função das especificidades dos recursos de produção, altamente dependentes de fatores externos à organização produtiva.

A absorção dos conceitos *just-in-time* constitui um processo cada vez mais avançado nessas indústrias, onde o trabalho com baixos estoques e em prazos de entrega altamente curtos, têm favorecido a aplicação adequada de técnicas de balanceamento e sincronização da produção. A redução dos custos financeiros com a gestão de estoques não comercializados, tem estimulado igualmente os fornecedores dessas indústrias, no sentido de diminuir cada vez mais os prazos entre o pedido e as entregas, contribuindo assim para o fortalecimento dos novos conceitos operacionais em processo de execução.

Finalmente, o desenvolvimento da automação tem exercido forte influência sobre os sistemas operacionais na indústria de alimentos, permitindo a adequação e implantação de mecanismos de integração das funções organizacionais. Esse processo de integração e ajustamento total destas funções, tem por objetivo a consecução de economias de escala, redução de custos, flexibilidade operacional, produtividade e qualidade da produção, além de maximização técnica do desempenho organizacional.

## QUINTO CAPÍTULO

### OPERAÇÕES METODOLÓGICAS DA PESQUISA REALIZADA

"As hipóteses tirarão sua certeza das longínquas conseqüências que acarretam, apenas na medida em que estas concordarem com a experiência: essas certezas experimentais são para nós garantias de sua verdade".

R. Blanché

#### 5.1 - INTRODUÇÃO

Os procedimentos e as operações de pesquisa apresentados neste capítulo, têm como objetivo o delineamento e a esquematização do referencial metodológico, segundo o qual foi realizado o estudo em pauta. Trata-se na verdade, de apresentar as diversas ações operacionais relacionadas com a efetivação da pesquisa, de modo a individualizar os conceitos e as normas que lhe deram sustentação e validade científica.

Neste sentido, não existe aqui a pretensão de se estabelecer ou de definir um método específico de investigação, mas apenas algumas normas de caráter geral, que apoiaram o desenvolvimento e execução do presente trabalho. Na prática, as considerações sistematizadas neste capítulo constituem um arcabouço metodológico heterogêneo, composto de um conjunto de mecanismos e procedimentos de pesquisa, cuja pertinência respondeu, de forma satisfatória, às exigências de exequibilidade do estudo em pauta. Assim sendo, este capítulo encontra-se organizado em cinco seções e um apêndice, conforme as necessidades de disposição operacional requeridas pelo trabalho.

Esta primeira seção apresenta as considerações introdutórias do capítulo, esclarecendo seus objetivos e proposições. A segunda seção contém as considerações críticas sobre o estado da arte em referência, estando organizada em dois blocos de observação: as tendências operacionais da manufatura e os

sistemas de avaliação da produtividade. A seção seguinte compreende o delineamento do sistema de avaliação proposto, contendo seus aspectos de referência e a estrutura operacional dos procedimentos de trabalho.

Em seguida, apresenta-se a estrutura metodológica e os procedimentos operacionais de pesquisa que foram empregados neste trabalho. Trata-se da apresentação dos instrumentos de investigação e de coleta de dados, do universo e da população amostral que foi utilizada, assim como dos mecanismos de tratamento e análise dos dados coletados. Finalmente, a última seção apresenta as conclusões do capítulo, definidas como breves considerações finais acerca do referencial metodológico adotado.

## **5.2 - CONSIDERAÇÕES CRÍTICAS AO ESTADO DA ARTE**

O exercício de sistematização, discussão e análise das informações apresentadas nos capítulos anteriores, constitui uma leitura esquematizada da bibliografia produzida sobre os sistemas produtivos e os modelos de avaliação da produtividade desses sistemas.

Este exercício de rastreamento bibliográfico permitiu a articulação de algumas considerações críticas sobre o estado da arte, construindo assim as bases de inserção teórica do presente trabalho. Estas considerações focalizam as incongruências, limitações e impertinências do referencial bibliográfico disponível. Para fins de organização do trabalho, essas inferências críticas foram apresentadas em dois blocos de considerações: as tendências operacionais da manufatura e os sistemas de avaliação da produtividade.

### **5.2.1 - SOBRE AS TENDÊNCIAS OPERACIONAIS DA MANUFATURA**

As tendências recentes do processo de gestão da produtividade, de uma maneira geral, apontam para melhorias incrementais dentro do próprio sistema de produção, através de estratégias de melhoria da qualificação da mão-de-obra e aperfeiçoamento do sistema tecnológico empregado. A implementação dessas

estratégias permite um conjunto de possibilidades operacionais, as quais podem ser definidas como mudanças tecnológicas.

Essas mudanças, responsáveis pela otimização de processos e de produtos, estão caracterizadas pelo desenvolvimento de sistemas de informação, programas de TQC, incorporação de técnicas como a tecnologia de grupo, a manufatura celular, os sistemas flexíveis de produção, as técnicas *just-in-time* de manufatura, os métodos computadorizados de controle e acompanhamento, entre outros.

De acordo com a maior parte dos estudos realizados (ver capítulo dois), a implementação adequada desses novos métodos tem contabilizado uma série de benefícios para as organizações usuárias, traduzidos pela melhoria da eficiência técnica, pela redução dos níveis de capital circulante e a diminuição dos custos diretos e indiretos.

No entanto, é importante levar em consideração que essas constatações, muitas vezes, não decorrem de estudos que tratam da quantificação dos benefícios decorrentes das novas tecnologias de manufatura, mas referem-se, unicamente, a observações empíricas das condições econômico-contábeis da empresa, em estudos de natureza comparativa.

Uma outra constatação importante é que, na prática, as tendências do gerenciamento empresarial estão estrategicamente voltadas para a obtenção de ganhos de produtividade e de melhoramentos de qualidade, num ambiente de produção que pretende ser flexível para reagir às mudanças do mercado. A idéia é de que o melhoramento do desempenho global, é o resultado final pretendido, sendo que este deve expressar um vetor de atributos, cujos referenciais de valor devem ser avaliados em unidades de medidas ampla e dinâmicas.

Sabe-se, finalmente, que os sistemas de produção de tecnologia avançada, empregando elevado conteúdo tecnológico, produzem resultados (*outputs*) que são considerados de "alto valor agregado". Conseqüentemente, a abordagem levantada em torno do desempenho operacional dessas novas configurações produtivas, mostra que os sistemas de avaliação orientados para aferir suas medidas de produtividade, devem estar apoiados em mecanismos de informação, de forma que permitam a alimentação contínua desses sistemas.

## 5.2.2 - DOS SISTEMAS DE AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE

O quadro teórico apresentado nas seções 3.2, 3.3 e 3.4 do terceiro capítulo, versando sobre os sistemas de avaliação da produtividade, expõe o delineamento metodológico disponível acerca dos indicadores de desempenho da produção. Neste aspecto, as referências metodológicas apresentadas individualizam as principais abordagens sobre o assunto, cobrindo especialmente três grandes eixos temáticos: as medidas de produtividade de fator simples, as medidas de produtividade de valor agregado e, as medidas de produtividade de fator total.

A diversidade de modelos analisados inclui ainda outras abordagens pertinentes, inspiradas nas construções teóricas fundamentais desses três grandes eixos. De um modo geral, o seqüenciamento dos modelos analisados articula o delineamento de uma estrutura específica de avaliação do desempenho, integrando diversos setores da organização, através da interação de suas várias funções operacionais.

Estes modelos inspiram-se assim no princípio de que uma estrutura própria de avaliação e gestão da produtividade, deve assegurar a integração das dimensões técnica e econômica dos recursos produtivos alocados. Desse modo, uma avaliação do desempenho deve permitir a elaboração de diagnósticos acerca dos problemas de produtividade, em toda a sua extensão, bem como o planejamento e controle sistematizados das ações corretivas pertinentes.

Trata-se, na verdade, de um referencial teórico-metodológico bastante generalista para a avaliação e análise do desempenho (envolvendo os diversos problemas relacionados com a produtividade), aplicável a todos os tipos de empresa, independente de sua natureza e configuração. Constata-se, assim, que todos os autores analisados, discutem o problema da produtividade sob o ponto de vista da abordagem convencional da gestão da produção, modelando variáveis e componentes que são típicas das tipologias tradicionais de sistemas produtivos.

Tome-se, por exemplo, os resultados operacionais do processo de fabricação do produto "A", apresentados no capítulo 3 (Figura 3.2). Uma avaliação monetária desses resultados, utilizando valores deflacionados para os dois períodos de referência, permite a elaboração de indicadores a partir de uma mesma unidade de medida, conforme o esquema apresentado na Figura 5.1. Do ponto de vista da produtividade, estes resultados podem ser analisados sob três diferentes eixos de avaliação, de acordo com os procedimentos metodológicos disponíveis na literatura corrente.

Assumindo inicialmente a **metodologia de avaliação da produtividade de fator simples**, o desempenho operacional desse sistema é determinado a partir da construção e análise das medidas parciais de produtividade. A Figura 5.1 ilustra o esquema de avaliação do desempenho produtivo, utilizando as taxas de sfp.

RECURSOS		PERÍODO 1			PERÍODO 2		
		Quant.	\$	Valor	Quant.	\$	Valor
<b>OUTPUT</b>							
Unidades produzidas (mil)		22,14	0,25	5.535	24,78	0,25	6.195
<b>INPUTS</b>							
Materiais usados:							
- material 1 (Lts)		25,99	15,0	390	29,08	15,0	436
- material 2 (m <sup>2</sup> )		19,41	48,0	932	20,95	48,0	1.006
Energia (mil BTU's)		51,30	0,01	513	56,19	0,01	562
Mão-de-Obra (mil hrs)		4,73	0,28	1.324	5,31	0,28	1.487
Equipamento (mil hrs)		3,22	0,15	483	3,60	0,15	540
Capital (mil de \$)		68,75	-	550	78,64	-	629
MEDIDAS DE PRODUTIVIDADE DE FATOR SIMPLES		PERÍODO 1			PERÍODO 2		
BASE DE CÁLCULO	ÍNDICE	BASE DE CÁLCULO	ÍNDICE	BASE DE CÁLCULO	ÍNDICE		
SFP dos materiais usados	$Output\ total / (M1 + M2)$	5.535 / 1.322	4.19	6.195 / 1.442	4.30		
SFP da energia empregada	$Output\ total / E_n$	5.535 / 513	10.79	6.195 / 562	11.02		
SFP do equipamento utilizado	$Output\ total / E_q$	5.535 / 483	11.46	6.195 / 540	11.47		
SFP da mão-de-obra empregada	$Output\ total / M_o$	5.535 / 1.324	4.18	6.195 / 1.487	4.17		
SFP do capital usado	$Output / K$	5.535 / 550	10.06	6.195 / 629	9.85		

FIGURA 5.1 - AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO UTILIZANDO AS MEDIDAS DE SFP

FONTE: Dados adaptados de Hayes (1988)

O primeiro plano da figura contém a avaliação monetária referente ao sistema de fabricação do produto "A", em dois períodos distintos de avaliação. O segundo plano insere as medidas de produtividade de fator simples para o mesmo processo. Observe que os numeradores e os denominadores destas medidas são apresentados em unidades monetárias, de modo que os índices indicados na última coluna são construídos a partir de um mesmo parâmetro de mensuração.

Esta metodologia tem por base a estrutura de custos dos insumos de produção, podendo ser utilizada tanto para o cálculo da produtividade econômica (demonstrado neste caso), como para o cálculo da produtividade técnica das empresas. No que diz respeito à avaliação do desempenho operacional do sistema produtivo, essas medidas parciais apresentam no entanto, algumas limitações.

Uma dessas limitações, por exemplo, está associada ao fato de que o único parâmetro de avaliação disponível, é a "comparação no tempo" das diversas medidas obtidas pelo sistema produtivo. Trata-se de verificar e acompanhar as variações nas taxas de produtividade, entre os diversos exercícios disponíveis, de modo a identificar e monitorar as dificuldades operacionais retratadas pelos índices. Para a situação ilustrada na Figura 5.1, este acompanhamento e controle deve ser efetuado através do mapeamento das taxas de produtividade, com a indicação de suas respectivas variações no tempo, ou seja, entre os períodos analisados, conforme mostra a primeira coluna da figura abaixo:

RECURSOS	VARIÇÕES NAS TAXAS DE PRODUTIVIDADE DE FATOR SIMPLES				VARIÇÕES NAS TAXAS DE PRODUTIVIDADE DE VALOR AGREGADO			
	P.1	P.2	TAXA	VARIÇÃO (%)	P.1	P.2	TAXA	VARIÇÃO (%)
Materials	4.19	4.30	1.0262	+ 2.62				
Energia	10.79	11.02	1.0213	+ 2.13				
Equipamento	11.46	11.47	1.0008	0				
Capital	10.06	9.85	0.9791	- 2.09	7.66	7.56	0.9869	- 1.31
Mão-de-obra	4.16	4.17	0.9976	- 0.24	3.18	3.20	1.0062	+ 0.62

FIGURA 5.2 - VARIÇÕES NAS TAXAS DE PRODUTIVIDADE COM DOIS MÉTODOS DIFERENTES

FONTE: Dados adaptados de Hayes (1988)

Os dados da figura acima mostram que um aumento da taxa de produtividade de fator simples, entre o período 1 e o período 2, indica também um aumento dos *outputs* produzidos por cada unidade de recurso utilizado. Quando ocorre a situação inversa, ou seja, um decréscimo de sfp, tem-se assim uma diminuição na produtividade dos recursos.

Uma outra limitação atribuída ao modelo de avaliação das taxas de sfp, diz respeito ao fato de que as medidas parciais estão estreitamente relacionadas com a estrutura tradicional de custos industriais. Assim sendo, as empresas costumam calcular as taxas de sfp apenas para alguns recursos de maior peso na estrutura de custos, ou seja, para aqueles recursos julgados de "maior importância" para a organização.

Utilizando portanto apenas as taxas de sfp, a empresa encontrará bastante dificuldades para determinar e acompanhar o desempenho global do processo produtivo, uma vez que as medidas parciais focalizam somente aspectos isolados do sistema de produção, sem fornecer informações suficientes para uma avaliação mais completa dos resultados alcançados.

Um outro procedimento conhecido é a **metodologia de avaliação da produtividade de valor agregado**. Esse sistema de avaliação está baseado no conceito de "agregação de valor", permitindo verificar o desempenho produtivo pela relação entre o valor agregado e os diversos recursos de produção utilizados.

De acordo com a discussão elaborada na seção 3.3.1 e em conformidade com os dados da figura abaixo, esta metodologia de avaliação apresenta alguns inconvenientes operacionais.

Um primeiro inconveniente deste modelo está relacionado com a impossibilidade de determinação da produtividade técnica dos fatores, uma vez que a variável "valor agregado" somente pode ser determinada através de unidades monetárias. Assim sendo, a construção de indicadores apenas é possível no âmbito do conceito de produtividade econômica.

Em segundo lugar, a avaliação do desempenho operacional utilizando esta metodologia, somente tem sentido quando realizada através de uma "comparação no tempo" com os vários indicadores disponíveis, conforme mostra o esquema apresentado na Figura 5.3. O mapeamento das taxas de produtividade e de suas respectivas variações entre os períodos analisados (Figura 5.2), permite a localização de problemas no uso dos recursos produtivos.

Estas medidas, por sua vez, têm o mesmo caráter "parcial" dos indicadores apontados pelo modelo da produtividade de fator simples, mostrando-se mais adequadas para aferir os ganhos obtidos com a eficiência nas compras de materiais e componentes, por exemplo, do que com o uso dos recursos físicos utilizados.

RECURSOS		PERÍODO 1			PERÍODO 2		
		Quant.	\$	Valor	Quant.	\$	Valor
<b>OUTPUT</b>							
Unidades produzidas (mil)		22,14	0,25	5.535	24,78	0,25	6.195
<b>INPUTS</b>							
Materiais usados:							
- material 1 (Lts)		25,99	15,0	390	29,08	15,0	436
- material 2 (m <sup>2</sup> )		19,41	48,0	932	20,95	48,0	1.006
Energia (mil BTU's)		51,30	0,01	513	56,19	0,01	562
Mão-de-Obra (mil hrs)		4,73	0,28	1.324	5,31	0,28	1.487
Equipamento (mil hrs)		3,22	0,15	483	3,60	0,15	540
Capital (mil de \$)		68,75	-	550	78,64	-	629
MEDIDAS DE PRODUTIVIDADE DE FATOR TOTAL		PERÍODO 1		PERÍODO 2			
BASE DE CÁLCULO	ÍNDICE	BASE DE CÁLCULO	ÍNDICE	BASE DE CÁLCULO	ÍNDICE		
TFP dos materiais usados	$Output\ total / (M \times 0.31)$	$5.535 / (1.322 \times 0.31)$	13.5	$6.195 / (1.442 \times 0.31)$	13.86		
TFP da energia empregada	$Output\ total / (En \times 0.12)$	$5.535 / (513 \times 0.12)$	89.9	$6.195 / (562 \times 0.12)$	91.86		
TFP do equipamento utilizado	$Output\ total / (Eq \times 0.12)$	$5.535 / (483 \times 0.12)$	95.5	$6.195 / (540 \times 0.12)$	95.6		
TFP da mão-de-obra empregada	$Output\ total / (Mo \times 0.32)$	$5.535 / (1.324 \times 0.32)$	12.8	$6.195 / (1.487 \times 0.32)$	13.02		
TFP do capital usado	$Output / (K \times 0.13)$	$5.535 / (550 \times 0.13)$	77.41	$6.195 / (629 \times 0.13)$	75.76		
TFP do sistema produtivo				P1	P2		
$Output / [(M \times 0.31) + (En \times 0.12) + (Eq \times 0.12) + (Mo \times 0.32) + (K \times 0.13)]$				5.40	5.45		

FIGURA 5.4 - AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO UTILIZANDO AS MEDIDAS DE TFP

FONTE: Dados adaptados de Hayes (1988)

O mapeamento dos dados mostrado na Figura 5.2 aponta justamente essas limitações. Assim, a diminuição de 0.24 por cento na produtividade da mão-de-obra (medida pelo modelo da sfp), aparece como um aumento "aparente" de 0.62 por cento, quando medida pelo modelo da produtividade de valor agregado. Da mesma forma, a diminuição de 2.09 por cento na produtividade do capital (medida de sfp), aparece como uma diminuição de apenas 1.31 no modelo seguinte (Figura 5.2).

Uma terceira abordagem disponível acerca dos procedimentos de avaliação do desempenho, refere-se a **metodologia de avaliação da produtividade de fator total**. Trata-se de uma abordagem dinâmica, agregada e indexada à medição da produtividade, podendo ser usada para medir a mudança de produtividade na mão-de-obra, materiais, energia, equipamento e capital, bem como o efeito correspondente de cada um sobre a lucratividade.

O método da TFP, contrariamente àqueles analisados anteriormente, permite a verificação da produtividade total dos fatores empregados, individualmente ou em conjunto, conforme apresentado na Figura 5.4. Para o cálculo das TFP's individuais, assim como para o da produtividade total do sistema, faz-se necessária a definição de parâmetros de ponderação adequados.

No caso ilustrado na figura abaixo, adotou-se o peso individual de cada um dos fatores na estrutura do custo total, como medida de ponderação no cálculo das TFP's. De uma forma geral, a metodologia da produtividade de fator total está principalmente voltada para a avaliação dos rendimentos físicos da produção, tanto a nível da produtividade técnica dos recursos, como a nível da produtividade econômica.

Assim sendo, este método padece igualmente de algumas limitações importantes, sobretudo no que diz respeito à avaliação dos "novos parâmetros de desempenho da manufatura". Uma primeira observação nesse sentido está relacionada com a própria base de avaliação do modelo, montada essencialmente sobre os fatores físicos da produção e os custos operacionais desses fatores.

Os três métodos analisados, constituem na verdade os principais procedimentos metodológicos disponíveis para a avaliação da produtividade de um sistema de manufatura. A principal limitação, em termos de crítica a esta abordagem, está relacionada com a sua inadequação para o tratamento de problemas específicos de produtividade das novas configurações produtivas.

RECURSOS		PERÍODO 1			PERÍODO 2		
		Quant.	\$	Valor	Quant.	\$	Valor
<b>OUTPUT</b>							
Unidades produzidas (mil)		22,14	0,25	5.535	24,78	0,25	6.195
<b>INPUTS</b>							
Materiais usados:							
- material 1 (Lts)		25,99	15,0	390	29,08	15,0	436
- material 2 (m <sup>2</sup> )		19,41	48,0	932	20,95	48,0	1.006
Energia (mil BTU's)		51,30	0,01	513	56,19	0,01	562
Mão-de-Obra (mil hrs)		4,73	0,28	1.324	5,31	0,28	1.487
Equipamento (mil hrs)		3,22	0,15	483	3,60	0,15	540
Capital (mil de \$)		68,75	-	550	78,64	-	629
MEDIDAS DE PRODUTIVIDADE DE FATOR TOTAL		PERÍODO 1			PERÍODO 2		
BASE DE CÁLCULO	ÍNDICE	BASE DE CÁLCULO	ÍNDICE	BASE DE CÁLCULO	ÍNDICE		
TFP dos materiais usados	$Output\ total / (M \times 0.31)$	$5.535 / (1.322 \times 0.31)$	13.5	$6.195 / (1.442 \times 0.31)$	13.86		
TFP da energia empregada	$Output\ total / (En \times 0.12)$	$5.535 / (513 \times 0.12)$	89.9	$6.195 / (562 \times 0.12)$	91.86		
TFP do equipamento utilizado	$Output\ total / (Eq \times 0.12)$	$5.535 / (483 \times 0.12)$	95.5	$6.195 / (540 \times 0.12)$	95.6		
TFP da mão-de-obra empregada	$Output\ total / (Mo \times 0.32)$	$5.535 / (1.324 \times 0.32)$	12.8	$6.195 / (1.487 \times 0.32)$	13.02		
TFP do capital usado	$Output / (K \times 0.13)$	$5.535 / (550 \times 0.13)$	77.41	$6.195 / (629 \times 0.13)$	75.76		
TFP do sistema produtivo				P1	P2		
$Output / [ (M \times 0.31) + (En \times 0.12) + (Eq \times 0.12) + (Mo \times 0.32) + (K \times 0.13) ]$				5.40	5.45		

FIGURA 5.4 - AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO UTILIZANDO AS MEDIDAS DE TFP

FONTE: Dados adaptados de Hayes (1988)

Os atributos de desempenho das modernas tecnologias operacionais, impõem parâmetros de medida que esta abordagem não estabelece, como por exemplo, os valores agregados de qualidade e flexibilidade da produção, ou ainda as unidades de valor dos *hardwares* e *softwares* utilizados por estes novos sistemas.

A definição de parâmetros dinâmicos de avaliação, como a comparação sistemática de indicadores no tempo, e destes com aqueles obtidos pelos concorrentes, permitiria a aferição mais adequada do desempenho operacional de uma organização de sistema avançado. É importante destacar no entanto, que modelos dessa natureza, dada a complexidade das variáveis envolvidas, enfrentam sérias dificuldades de formulação operacional, de modo que a pesquisa sobre o desempenho de sistemas avançados de produção, está apenas começando.

Os primeiros estudos realizados (ver seção 3.5., capítulo três) são ainda muito generalistas, e se apresentam relativamente dependentes de um melhor sistema contábil, mais adequado à configuração dos custos de AMT's. Assim sendo, grande parte dos benefícios decorrentes das AMT's, não aparece nas equações de desempenho dos modernos sistemas de produção. Entretanto, sabe-se que estes benefícios certamente incorporam uma maior grandeza de valor à produção, afetando em muito a produtividade global da empresa.

O modelo de avaliação do desempenho global da manufatura apresentado na seção 3.5, do terceiro capítulo, é o resultado mais satisfatório, em termos de medida de produtividade dos sistemas avançados de produção, que se conhece. Esse modelo, inspirado no conceito de produtividade de fator total, fornece os parâmetros de base para os estudos em andamento nessa área.

Trata-se de uma metodologia nova de avaliação, cuja matriz de investigação privilegia, fundamentalmente, a quantificação dos benefícios decorrentes da implementação de métodos avançados de produção. No entanto, os parâmetros e equações de desempenho apresentados pelo modelo, são ainda bastante generalistas, observando poucas especificidades das diversas configurações de manufatura avançada.

Sabe-se, por exemplo, que os benefícios derivados das tecnologias avançadas de produção apresentam importantes variações, de acordo com os dispositivos operacionais do sistema que as utiliza. Desse modo, a natureza do processo produtivo, a capacidade técnica instalada, a configuração organizacional da produção, o conhecimento em torno do sistema operacional, entre outros, são alguns dos fatores que geram variações significativas nos benefícios tecnicamente atribuídos às AMT's.

Portanto, nada assegura, por exemplo, que o desempenho de uma célula de produção (enquanto tecnologia de manufatura), seja o mesmo em qualquer natureza de processo produtivo. Certamente, indústrias como a metalurgia e o agro-alimentar, que são indústrias completamente distintas, comportam variáveis e elementos que são altamente específicas de suas configurações produtivas, o que faz com que os resultados decorrentes de uma mesma tecnologia, apresentem-se muitas vezes diferentes em cada tipo de indústria.

Nesse sentido, a equação do modelo de IMPM é relativamente limitada, podendo ser definida apenas como uma expressão generalista do desempenho dos sistemas de produção que utilizam tecnologia avançada. No entendimento destas considerações críticas, esse modelo deve ser tratado como uma abordagem de base, que pode orientar a pesquisa e a formulação de novos sistemas de avaliação. A idéia é que estes sistemas sejam construídos numa perspectiva dinâmica de análise, permitindo o concurso dos elementos-chaves para cada método específico de fabricação.

### **5.3 - DELINEAMENTO DE UM SISTEMA DE AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE PARA A MANUFATURA AVANÇADA**

Com base nas considerações críticas apresentadas nas seções anteriores deste capítulo, e atendendo ao objetivo geral deste trabalho, esta seção apresenta os conceitos e premissas preliminares relativos a elaboração do **sistema de avaliação da produtividade vetorial para a manufatura avançada** (SAPROV/MA). Nesse sentido, uma primeira referência a ser feita diz respeito à definição do conceito operacional de produtividade, como um vetor de atributos.

No sistema formulado, a produtividade é definida operacionalmente como a relação entre o que é gerado por um sistema organizacional e o que entra nesse sistema, ou seja, a relação entre o "output total produzido e os inputs totais requeridos". As expressões "output total produzido" e "inputs totais requeridos" assumem aqui uma grandeza absolutamente maior, do que aquela definida por suas terminologias correntes. Referem-se, na verdade, não apenas às quantidades físicas de unidades produzidas e de insumos utilizados, mas ao **conjunto de atributos gerados e de critérios observados pelo sistema organizacional em operação**.

Dessa maneira, o eixo teórico deste sistema de avaliação está montado no conceito de **produtividade vetorial**, definida como a **relação entre os atributos gerados e os critérios observados num processo produtivo**. A Figura 5.5 apresenta a estrutura de um sistema organizacional e inclui uma representação do significado operacional da produtividade vetorial para uma organização.

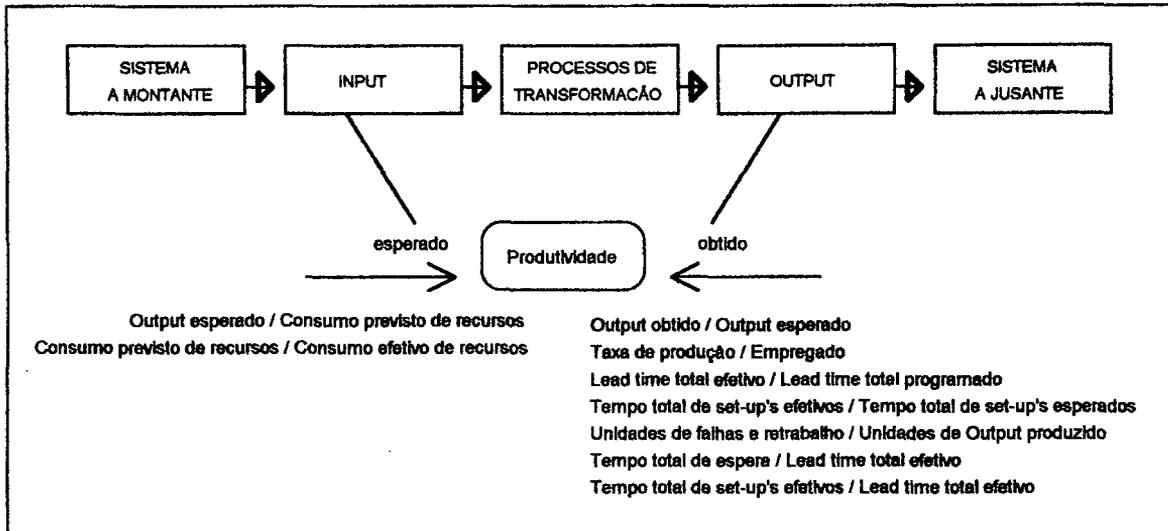


FIGURA 5.5 - SIGNIFICADO OPERACIONAL DA PRODUTIVIDADE VETORIAL

FONTE: Dados da pesquisa realizada

### 5.3.1 - CONCEITOS E FUNDAMENTOS BÁSICOS DO SISTEMA DE AVALIAÇÃO PROPOSTO

A definição do eixo teórico deste sistema de avaliação, pressupõe o delineamento de alguns conceitos básicos, conforme evidencia as considerações apresentadas na seção anterior. Estes conceitos constituem os fundamentos de base do sistema proposto e têm como função a explicitação dos princípios de avaliação que foram considerados. A sinopse abaixo esquematiza a apresentação desses conceitos, bem como os princípios de funcionalidade operacional que caracterizaram a formulação do sistema em referência.

CONCEITO	DEFINIÇÃO CONCEITUAL	PRINCÍPIOS
<b>Desempenho Global da Produção</b>	Medida de produtividade global da manufatura, dada pelo rateio entre o resultado operacional da produção ( <i>output</i> ) e os custos totais requeridos e gerados pelo processo operacional empregado.	— O processo de avaliação deve aferir um resultado que indique o estado de entropia ou de homeostase dos elementos avaliados.
<b>Sistema Avançado de Manufatura</b>	Configuração de recursos combinados, utilizando uma elevada carga de densidade e competência tecnológica, para a produção de bens tangíveis e intangíveis. O enfoque "avançado" decorre da elevada utilização de tecnologias avançadas de manufatura (AMT's), responsáveis pelo alto desempenho operacional desses sistemas.	— Os critérios de avaliação devem permitir uma classificação das variáveis envolvidas, respeitando seus graus de valores e níveis de desempenho.
<b>Produtividade Vetorial da Manufatura</b>	Medida global do desempenho vetorial de um sistema produtivo, dada pela relação entre os atributos gerados e os critérios observados na produção de bens e serviços. Esta medida deve ser expressa através de um vetor de atributos, representando o conjunto de valores incorporados pelo processo de produção.	— Um sistema de avaliação deve permitir a elaboração de uma medida única (vetorial e específica) do valor total das variáveis avaliadas, quer seja no plano quantitativo, quer seja no plano qualitativo.

Continuação na página seguinte.

CONCEITO	DEFINIÇÃO CONCEITUAL	PRINCÍPIOS
<p><b>Desempenho Total em Qualidade</b></p>	<p>Medida de produtividade vetorial de um sistema produtivo, definida em atributos de qualidade incorporados na produção de outputs. Esta medida deve expressar os níveis de confiabilidade, rejeição, conformidade, retrabalho, reclamações de defeitos e outras variáveis relacionadas com o fator qualidade.</p>	<p>— A avaliação dos atributos gerados por um sistema produtivo, deve levar em consideração uma correta ponderação das variáveis presentes em sua estrutura de valor.</p>
<p><b>Desempenho Total em Flexibilidade</b></p>	<p>Medida de produtividade vetorial de um sistema produtivo, definida em atributos de flexibilidade incorporados na produção de outputs. Esta medida deve expressar os níveis de adaptabilidade e reatividade do sistema produtivo, pelo enxugamento dos custos de espera, set-up, ociosidade e estoque, além de outras variáveis relacionadas com o fator flexibilidade.</p>	<p>— As unidades de medida em um sistema de avaliação devem ser prescritas através de critérios dinâmicos e plurais de mensuração, de modo que as variáveis analisadas possam ser comparadas simultaneamente, através de dois ou mais indicadores.</p>
<p><b>Tecnologia Avançada de Manufatura</b></p>	<p>Conjunto de técnicas e métodos avançados de manufatura, de natureza <i>hardware</i> e <i>software</i>, para aplicação nas funções de planejamento, concepção, controle, execução e acompanhamento da produção.</p>	<p>— Um sistema de avaliação deve funcionar como um "painel de controle" da gestão empresarial, fornecendo informações múltiplas e simultâneas para apoiar a decisão gerencial.</p>

### 5.3.2 - ESTRUTURA TÉCNICA E PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS DO SISTEMA DE AVALIAÇÃO PROPOSTO

Esta seção contém a apresentação dos procedimentos operacionais de avaliação da manufatura, prescritos na metodologia SAPROV/MA. De acordo com os conceitos de base do sistema proposto, os quatro procedimentos aqui definidos objetivam avaliar o desempenho operacional da manufatura avançada, em duas dimensões distintas: a dimensão técnica e a dimensão econômica. Esses procedimentos podem ser apresentados como segue.

- DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE VALOR DA MANUFATURA;
- DETERMINAÇÃO DE PADRÕES REFERENCIAIS DE DESEMPENHO PARA CADA CRITÉRIO DE VALOR;
- INSTRUÇÃO DE AUDITORIA PARA AVALIAR O DESEMPENHO DOS CRITÉRIOS DE VALOR DA MANUFATURA;
- APLICAÇÃO DOS INDICADORES DE BASE PARA A AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉCNICO E ECONÔMICO DA MANUFATURA.

A Figura 5.6 apresenta o Modelo de Referência SAPROV/MA 1010, que define a explicitação desses procedimentos e fixa instruções explicativas acerca de sua funcionalidade e execução. Observe-se que os procedimentos em referência demandam o envolvimento de uma equipe de avaliação, com suficiente conhecimento das atividades operacionais da organização, bem como dotada de competência técnica para o exercício do processo avaliativo.

A definição dos critérios de valor da manufatura avançada, constitui um processo de estudo e reflexão sobre os novos paradigmas de produção, seus princípios, metas e objetivos. Eles devem refletir a natureza e configuração do sistema de produção empregado, assim como das técnicas e dos métodos operacionais a ele associados.

Neste sentido, é absolutamente importante o conhecimento gerado sobre os processos de fabricação e as tecnologias utilizadas, de modo que a equipe de avaliação deve instituir e monitorar um sistema específico de informações, para apoiar a análise de avaliação em pauta. A Figura 5.7 apresenta o Modelo de Referência SAPROV/MA 1011, contendo um checklist padrão dos principais critérios de valor, o qual pode ser utilizado como um procedimento referencial na elaboração de outros critérios.

<p><b>SAPROV/MA - MOD.1010</b></p> <p><b>PROCEDIMENTOS DE REFERÊNCIA PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO</b></p>	
<p><b>SEQÜÊNCIA DE BASE</b></p>	<p><b>INSTRUÇÕES EXPLICATIVAS</b></p>
<p>① Definição dos critérios de valor da manufatura</p>	<p>— O processo de definição dos critérios de valor da manufatura, deve focalizar os princípios e objetivos dos métodos e técnicas empregados pelo sistema produtivo. Exemplo: se o sistema de produção utiliza manufatura celular, um desses critérios de valor deve ser o tempo médio de set-up requerido.</p>
<p>② Determinação de padrões referenciais de desempenho para cada critério de valor</p>	<p>— Os padrões referenciais de desempenho devem ser determinados a partir dos critérios de excelência da empresa. Esse conceito de excelência deve funcionar como um princípio de melhoramento contínuo, de modo que os padrões de referência devem mudar no tempo. Assim sendo, para cada critério de valor deve ser determinado um padrão de referência, a fim de que o seu desempenho possa ser avaliado.</p>
<p>③ Instrução de auditoria para avaliar o desempenho dos critérios de valor da manufatura</p>	<p>— Os critérios de valor da manufatura devem ser previamente auditados, a fim de que o processo de avaliação possa ser efetuado. A auditoria é feita através de um checklist dos critérios de valor, registrando-se o desempenho efetivo de cada um deles. Em seguida, compara-se esse resultado com o resultado padrão de referência, anotando-se a taxa de produtividade obtida e a variação desta em relação ao valor de referência.</p>
<p>④ Aplicação dos indicadores de base para a avaliação do desempenho técnico e econômico da manufatura</p>	<p>A aplicação dos indicadores de base deve permitir a avaliação do desempenho operacional da produção, indicando os pontos fortes e os pontos fracos das técnicas e dos métodos empregados. Esses indicadores apontam os desempenhos numéricos da manufatura (a nível técnico e a nível econômico), fornecendo uma base de dados necessários para a avaliação do desempenho qualitativo da produção.</p>

**FIGURA 5.6 - MODELO DE REFERÊNCIA SAPROV/MA 1010**

FONTE: Dados da pesquisa realizada

SAPROV/MA - MOD. 1011	
CHECKLIST DE REFERÊNCIA PARA DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE VALOR	
CÓDIGO	CRITÉRIO DE VALOR
01.TPE	Taxa de produção por empregado
02.QPHH	Quantidade produzida por homem-hora
03.QPME	Quantidade produzida por materiais empregados
04.QPHM	Quantidade produzida por horas-máquinas
05.QPCE	Quantidade produzida por capital empregado
06.QPVE	Quantidade produzida por vendas efetivas
07.LCTE	Lucros sobre capital total empregado
08.LVTE	Lucros sobre vendas totais efetivas
09.LE	Lucro por empregado
10.PMCS	% de perdas de matérias-primas e componentes sólidas
11.PMCP	% de perdas de matérias-primas e componentes perecíveis
12.PDME	% de perdas devidas às máquinas e equipamentos
13.TUM	Taxa de utilização das máquinas
14.IEMP	Índice de escassez de materiais programados
15.PPPR	Programação de produção: previsto / realizado
16.POP	% da planta ocupada com a produção
17.CP	Cadência de produção
18.DPCP	Número de documentos no PCP
19.ETC	Economia de tempo e de custos decorrente do uso de AMT's
20.TOME	Tempo total de ociosidade das máquinas e equipamentos
21.TPRM	Tempo total de preparação e regulação das máquinas
22.TTTP	Tempo total de transferência do produto entre os CF's
23.LTTP	Lead time total de produção
24.TTS	Tempo total de set-up
25.TTE	Tempo total de espera
26.VEVP	Vendas efetivas por vendas previstas
27.OCMF	% de operadores na categoria multi-funcional
28.PMEP	Prazo médio de entrega dos pedidos
29.FME	Frequência média de entregas
30.NPEI	Número de pontos de estocagem intermediária

FIGURA 5.7 - MODELO DE REFERÊNCIA SAPROV/MA 1011

FONTE: Dados da pesquisa realizada

SAPROV/MA - MOD. 1011	
CHECKLIST DE REFERÊNCIA PARA DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE VALOR	
CÓDIGO	CRITÉRIO DE VALOR
31.FIMP	Frequência de intervenções para manutenção preventiva
32.QEPE	Quantidade total dos estoques de produtos em elaboração
33.QEMP	Quantidade total dos estoques de matérias-primas
34.QEPA	Quantidade total dos estoques de produtos acabados
35.RCDP	Rotatividade de clientes por distrito e por produto
36.FCO	Falhas nos cronogramas operacionais
37.POE	% da planta ocupada com os estoques
38.SFM	% de sincronização dos fluxos à montante
39.SFJ	% de sincronização dos fluxos à jusante
40.PM	Participação no mercado
41.IR	Índice de rejeição
42.DEQQ	% de devoluções efetivas por questões de qualidade
43.NDLP	Número de defeitos por lote de produção
44.QR	Quantidade de retrabalho
45.IRQQ	Índice de reclamações do cliente por motivos de qualidade
46.EAI	% de entregas em atraso ou incompletas
47.IRMP	Índice de reclamações do cliente por motivos de prazo
48.CP	% de cancelamento dos pedidos
49.FGQ	% dos fornecedores em "Garantia de Qualidade"
50.FPPP	Frequência das panes no processo produtivo
51.QSUP	Quantidade de softwares utilizados na produção
52.RFEP	Reposição de ferramentas e equipamentos de produção
53.IRMO	Índice de rotatividade da mão-de-obra
54.IAE	Índice de absenteísmo dos empregados
55.NAT	Número de acidentes no trabalho
56.NQAG	Nota de QT atribuída pelos grupos de qualidade
57.NHAG	Nota de Higiene atribuída pelos grupos de qualidade
58.HTEE	Horas de trabalho extra efetivo
59.IPPD	Investimentos permanentes em P&D

FIGURA 5.7 - MODELO DE REFERÊNCIA SAPROV/MA 1011 (Continuação)

FONTE: Dados da pesquisa realizada

O segundo procedimento metodológico constitui a fase de definição dos padrões de referência para os critérios de valor da produção. Este processo está baseado nos objetivos de excelência da empresa, de modo que a própria equipe de avaliação é quem deverá determina-los. Trata-se de um procedimento delicado, exigindo consenso entre a equipe de avaliação e a alta administração da empresa.

Associado ao conceito de excelência da organização, os indicadores perseguidos pela concorrência, assim como as medidas de benchmarking, podem constituir igualmente fatores de referência nesse processo. A montagem e manutenção de um sistema permanente e sincronizado de informações sobre o sistema operacional da empresa, pode auxiliar bastante esse processo.

A terceira fase de operações da metodologia SAPROV/AM, refere-se a auditoria para a avaliação do desempenho dos critérios de valor. Nesta fase, o desempenho desses critérios é avaliado em relação aos padrões de referência estabelecidos na fase anterior, conforme instrução explicativa apresentada na sinopse acima.

Para fins de organização do processo de auditoria, os critérios de valor devem ser alinhados em três categorias de avaliação, de acordo com a natureza do objetivo que ele induz, ou seja, se se trata de um objetivo de produtividade, de um objetivo flexibilidade ou de um objetivo de qualidade. As Figuras 5.8, 5.9 e 5.10 apresentam os Modelos de Referência SAPROV/MA 1012, 1013 e 1014 respectivamente, com a esquematização recomendada do processo de auditoria para avaliação do desempenho.

SAPROV/MA - MOD. 1012					
AUDITORIA PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO FOLHA A					
CRITÉRIOS DE VALOR DA MANUFATURA AVANÇADA		AVALIAÇÃO			
		EFETIVO (1)	PADRÃO (2)	TAXA (1/2)	VARIAÇÃO O %
Taxa de produção por empregado					
Quantidade produzida por homem-hora					
Quantidade produzida por materiais empregados					
Quantidade produzida por horas-máquinas					
Quantidade produzida por capital empregado					
Quantidade produzida por vendas efetivas					
Lucros sobre capital total empregado					
Lucros sobre vendas totais efetivas					
Lucro por empregado					
% de perdas de matérias-primas e componentes sólidas					
% de perdas de matérias-primas e componentes perecíveis					
% de perdas devidas às máquinas e equipamentos					
Taxa de utilização das máquinas					
Índice de escassez de materiais programados					
Programação de produção: previsto / realizado					
% da planta ocupada com a produção					
Cadência de produção					
Número de documentos no PCP					
Economia de tempo e de custos decorrente do uso de AMT's					
DESEMPENHO TOTAL DOS PARÂMETROS DE VALOR DA PRODUTIVIDADE					

FIGURA 5.8 - MODELO DE REFERÊNCIA SAPROV/MA 1012

FONTE: Dados da pesquisa realizada

SAPROV/MA - MOD. 1013					
AUDITORIA PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO FOLHA B					
CRITÉRIOS DE VALOR DA MANUFATURA AVANÇADA		AVALIAÇÃO			
		EFETIVO (1)	PADRÃO (2)	TAXA (1/2)	VARIAÇÃO O %
Tempo total de ociosidade das máquinas e equipamentos					
Tempo total de preparação e regulação das máquinas					
Tempo total de transferência do produto entre os CF's					
Lead time total de produção					
Tempo total de set-up					
Tempo total de espera					
Vendas efetivas por vendas previstas					
% de operadores na categoria multi-funcional					
Prazo médio de entrega dos pedidos					
Frequência média de entregas					
Número de pontos de estocagem intermediária					
Frequência de intervenções para manutenção preventiva					
Quantidade total dos estoques de produtos em elaboração					
Quantidade total dos estoques de matérias-primas					
Quantidade total dos estoques de produtos acabados					
Rotatividade de clientes por distrito e por produto					
Falhas nos cronogramas operacionais					
% da planta ocupada com os estoques					
% de sincronização dos fluxos à montante					
% de sincronização dos fluxos à jusante					
Participação no mercado					
DESEMPENHO TOTAL DOS PARÂMETROS DE VALOR DA FLEXIBILIDADE					

FIGURA 5.9 - MODELO DE REFERÊNCIA SAPROV/MA 1013

FONTE: Dados da pesquisa realizada

SAPROVIMA - MOD. 1014					
AUDITORIA PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO FOLHA C					
CRITÉRIOS DE VALOR DA MANUFATURA AVANÇADA		AVALIAÇÃO			
		EFETIVO (1)	PADRÃO (2)	TAXA (1/2)	VARIAÇÃO O %
Índice de rejeição					
% de devoluções efetivas por questões de qualidade					
Número de defeitos por lote de produção					
Quantidade de retrabalho					
Índice de reclamações do cliente por motivos de qualidade					
% de entregas em atraso ou incompletas					
Índice de reclamações do cliente por motivos de prazo					
% de cancelamento dos pedidos					
% dos fornecedores em "Garantia de Qualidade"					
Frequência das panes no processo produtivo					
Quantidade de softwares utilizados na produção					
Reposição de ferramentas e equipamentos de produção					
Índice de rotatividade da mão-de-obra					
Índice de absenteísmo dos empregados					
Número de acidentes no trabalho					
Nota de QT atribuída pelos grupos de qualidade					
Nota de Higiene atribuída pelos grupos de qualidade					
Horas de trabalho extra efetivo					
Investimentos permanentes em P&D					
DESEMPENHO TOTAL DOS PARÂMETROS DE VALOR DA QUALIDADE					

FIGURA 5.10 - MODELO DE REFERÊNCIA SAPROVIMA 1014

FONTE: Dados da pesquisa realizada

A última fase de procedimentos corresponde às operações de aplicação dos indicadores de base para a avaliação do desempenho. Os indicadores programados permitirão uma avaliação quantitativa e qualitativa do desempenho operacional, fornecendo os resultados numéricos da manufatura e indicando os pontos fortes e os pontos fracos dos métodos e técnicas empregados pela configuração produtiva.

Neste sentido, foram elaborados oito indicadores de avaliação, sendo que quatro deles correspondem à medidas de desempenho técnico e quatro à medidas de desempenho econômico. Os indicadores em referência estão denominados no trabalho da seguinte forma:

#### **MEDIDAS DE DESEMPENHO TÉCNICO**

<b><i>IIP</i></b>	<b><i>Índice de Indução de Produtividade</i></b>
<b><i>IIF</i></b>	<b><i>Índice de Indução de Flexibilidade</i></b>
<b><i>IIQ</i></b>	<b><i>Índice de Indução de Qualidade</i></b>
<b><i>IPVMA</i></b>	<b><i>Índice de Produtividade Vetorial da Manufatura Avançada</i></b>

#### **MEDIDAS DE DESEMPENHO ECONÔMICO**

<b><i>IDTP</i></b>	<b><i>Índice de Desempenho Total em Produtividade</i></b>
<b><i>IDTF</i></b>	<b><i>Índice de Desempenho Total em Flexibilidade</i></b>
<b><i>IDTQ</i></b>	<b><i>Índice de Desempenho Total em Qualidade</i></b>
<b><i>IDVMA</i></b>	<b><i>Índice de Desempenho Vetorial da Manufatura Avançada</i></b>

A estrutura de avaliação proposta neste modelo, permite a introdução de outros indicadores, de natureza técnica ou econômica, desde que estejam adequadamente identificados com as variáveis de análise dos conceitos pertinentes. O processo avaliativo é, portanto, dinâmico e flexível, permitindo ajustamentos e adequações em diversos pontos de sua estrutura. A Figura 5.11 esquematiza o Modelo de Referência SAPROV/MA 1015, com a indicação dos principais indicadores a serem utilizados nesse processo.

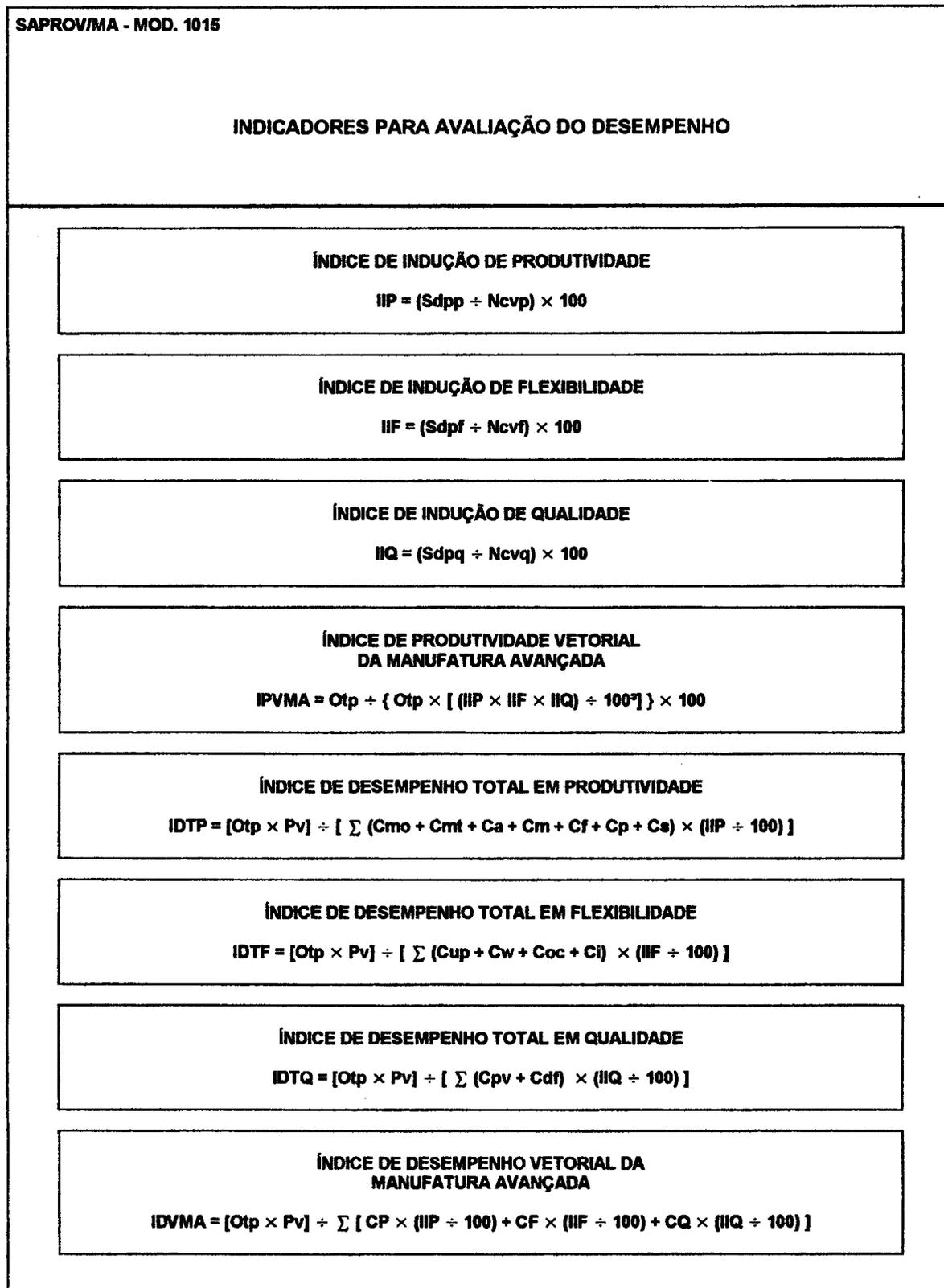


FIGURA 5.11 - MODELO DE REFERÊNCIA SAPROV/MA 1015

FONTE: Dados da pesquisa realizada

### 5.3.3 - APLICAÇÃO E TESTE DO SISTEMA PROPOSTO

A aplicação e teste deste sistema de avaliação requer o estabelecimento de algumas operações de pesquisa, a fim de definir os procedimentos metodológicos para a validação das inferências produzidas no modelo em pauta. As seções seguintes definem esses procedimentos, fixando as normas e as diretrizes gerais do método de pesquisa pertinente.

## 5.4 - ESTRUTURA METODOLÓGICA E PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS DA PESQUISA

As considerações iniciais apresentadas no primeiro capítulo introduzem, de certa forma, a idéia geral deste trabalho. Desse modo, partindo dos objetivos assim definidos, assume-se que sua matriz de discussão esteve apoiada em duas vertentes teóricas, as quais constituem as teorias de base que orientaram o desenvolvimento da pesquisa.

O primeiro marco teórico ou "eixo de discussão", diz respeito ao conceito de "sistema de produção" e de seus agregados, entendendo-se por "agregados", todas os componentes que integram a configuração operacional da unidade produtiva (ver capítulo dois, seção 2.2). A segunda vertente de discussão teórica, está relacionada com o conceito de produtividade e desempenho global dos sistemas de produção (ver capítulo três, seção 3.2), complementando assim a contextualização do problema de pesquisa.

Com base nessas duas vertentes do conhecimento científico, se produziu a definição e justificativa do problema investigado (ver capítulo um, seções 1.2 e 1.3), o qual requereu alguns procedimentos de natureza metodológica. Levando em consideração o objetivo geral deste trabalho, uma primeira reflexão imposta acerca dos procedimentos metodológicos, refere-se ao fato de ser este, um estudo multi-caso.

A opção pelo estudo multi-caso foi, sem dúvida, uma das grandes ambições deste trabalho, mas foi, também, o procedimento mais adequado para garantir maior confiabilidade à aplicação e teste do sistema de avaliação proposto. De acordo com Skeff (1977), em termos bem gerais, num estudo de caso apresentam-se duas possibilidades:

- (1) **UMA ANÁLISE HISTÓRICA** –, na qual se explica a estrutura atual pela gênese do problema e;
- (2) **UMA ANÁLISE CONTEXTUAL** –, em que o poder explicativo pode advir, principalmente, da análise comparativa de unidades de uma mesma estrutura global.

Neste sentido, o presente trabalho desenvolveu uma análise do segundo tipo, onde o desempenho de células e linhas de produção de uma mesma organização foram medidos e analisados no tempo. Conforme analisa Bunge (1967, p.455), o estudo de caso, em sua particularidade, só pode aspirar à cientificidade, quando integrado num processo de pesquisa global, onde o papel da teoria não é deformado, nem a crítica epistemológica dos problemas e dos conceitos é negligenciada.

Assim sendo, o estudo multi-caso em referência apoiou-se em marcos teóricos seguros, ilustrados nos capítulos anteriores do trabalho, cuja discussão e análise críticas serviram de sustentação aos postulados metodológicos descritos neste capítulo. De uma maneira geral, o processo de pesquisa empírica constou de um conjunto de procedimentos metodológicos, os quais foram sistematicamente ordenados, de acordo com os postulados teóricos que orientaram e conduziram o trabalho. No caso particular desse estudo, o corpo morfológico da pesquisa foi organizado em dois grupos distintos de procedimentos, os quais podem ser apresentados da seguinte forma:

**GP1 INSTRUMENTOS DE OPERACIONALIZAÇÃO TEÓRICA** – Esses instrumentos constituíram o aporte teórico da pesquisa, e funcionaram como marcos de sustentação e validação científica do trabalho. São, na verdade, os conceitos de base que caracterizaram o trabalho, atribuindo-lhe significado e legitimação científica.

Esses conceitos foram definidos a partir do limite de interface entre a teoria de base e os objetivos da pesquisa, a fim de permitir o teste e validação do sistema de avaliação proposto, de modo que os resultados esperados fossem confirmados ou não, pelo alcance dos objetivos prescritos.

**GP2 PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS E METODOLÓGICOS** – Estes procedimentos estão relacionados com as próprias fases de execução da pesquisa, e podem ser apresentados como segue:

- POM 1 - Definição e formulação do problema de pesquisa;
- POM 2 - Formulação e apresentação da proposta de trabalho;
- POM 3 - Definição e preparação dos instrumentos de coleta de dados;
- POM 4 - Coleta de dados, em duas fases distintas da pesquisa;
- POM 5 - Aplicação e teste do sistema proposto;
- POM 6 - Sistematização, análise e discussão dos dados.

Desse modo e em consonância com a abordagem metodológica adotada neste trabalho, esta seção apresenta os procedimentos de coleta das informações, bem como o processo de transformação destas últimas, em dados pertinentes à problemática geral. Assim colocada, a seção tem como objetivo a demonstração dos instrumentos de pesquisa e dos procedimentos de coleta dos dados, do universo e da população trabalhados, bem como dos mecanismos de tratamento e análise dos dados.

#### 5.4.1 - INSTRUMENTOS DE PESQUISA E COLETA DE DADOS

A fim de alcançar os objetivos deste estudo, bem como permitir a aplicação satisfatória do sistema de avaliação proposto, fez-se necessária a construção de alguns instrumentos de pesquisa. Em geral, esses instrumentos são definidos a partir da natureza e do tipo de dados que se precisa coletar, de modo que a precisão desses dados, constitui um mecanismo importante nessa atividade.

O estudo multi-caso foi desenvolvido em duas etapas distintas de operações de pesquisa. A primeira etapa caracterizou um estudo de caso do tipo "exploratório", com investigação acerca dos sistemas de produção utilizados pelas indústrias alimentares. Nesta fase utilizou-se uma população amostral formada por 21 empresas, conforme explicita a seção seguinte. A segunda etapa correspondeu a um estudo de caso de natureza descritiva, utilizando uma população amostral que foi definida a partir dos resultados apresentados no caso exploratório.

Os dados coletados podem ser classificados em duas categorias: os dados de natureza primária e os de natureza secundária. Os primeiros referem-se aos dados específicos das organizações escolhidas, caracterizando elementos do sistema de produção utilizado, da configuração tecnológica empregada, dos sub-sistemas contábil, administrativo e organizacional, bem como dos sub-sistemas de avaliação e controle da produtividade existentes.

Os dados secundários, por sua vez, estão relacionados com informações, relatórios, estatísticas e dados dessas empresas, publicados em periódicos especializados e/ou, boletins informativos individualizados. Conforme assinalam Selltiz et al. (1975), independentemente das regras específicas a cada procedimento, o processo de coleta de dados deve obedecer essencialmente a critérios de fidelidade e de validade, além dos critérios de qualidade (exatidão, precisão dos dados) e de eficiência (custo da informação).

A coleta de dados desta pesquisa envolveu quatro modos distintos, de acordo com a natureza e especificidade das informações desejadas. A Figura 5.12 apresenta o esquema geral dessas operações metodológicas.

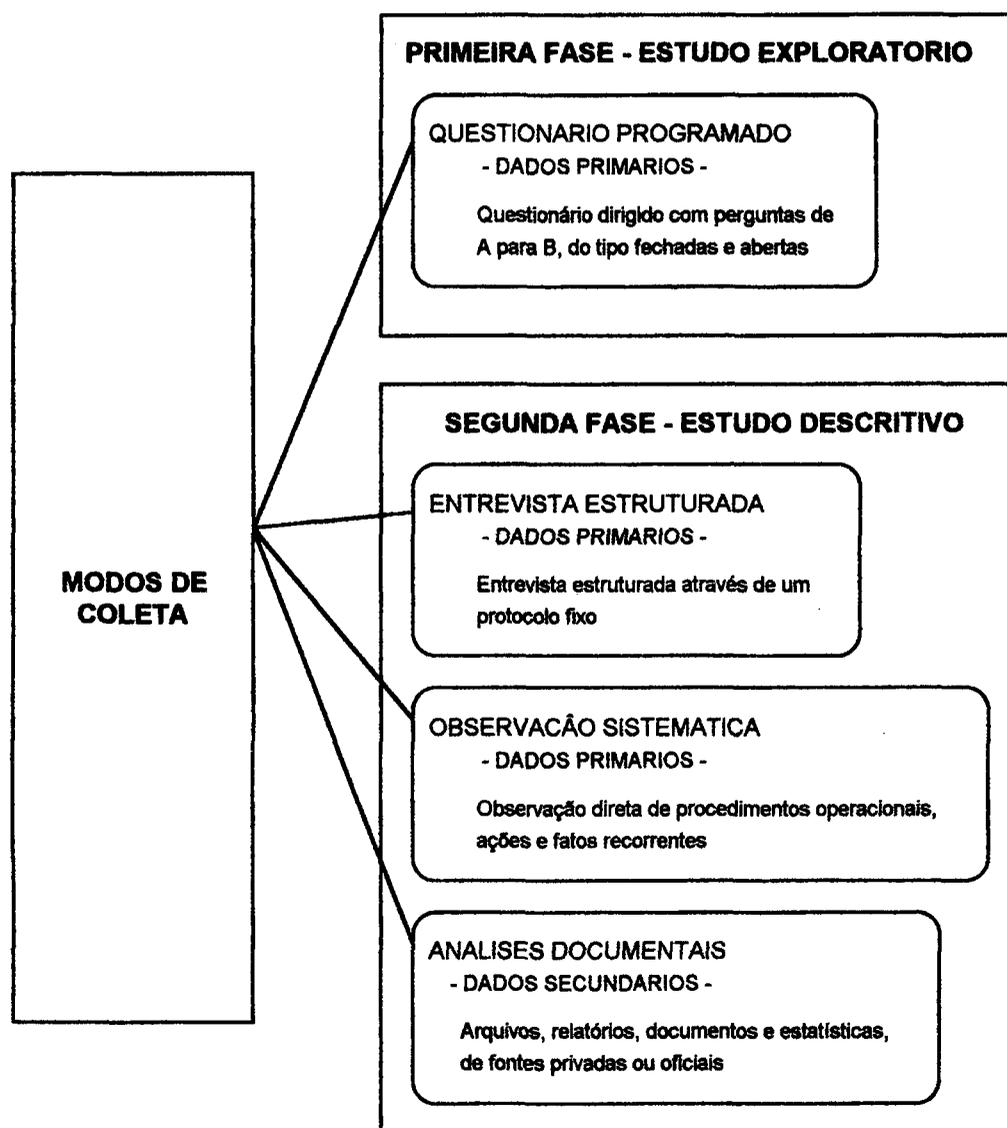


FIGURA 5.12 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS MODOS DE COLETA E TIPOS DE DADOS  
 FONTE: Dados da pesquisa realizada

O primeiro instrumento de coleta de dados (questionário programado) foi utilizado na primeira fase da pesquisa (caso exploratório), com o objetivo de buscar informações junto a alta administração das empresas, mais especificamente junto aos gerentes e/ou diretores de produção, engenharia, contabilidade e finanças. Em se tratando de um questionário programado, esse instrumento baseou-se na validade das descrições verbais dos relatores.

A organização e montagem do questionário programado (ver Apêndice 1) observou alguns critérios de formulação, atendendo necessidades de economia, uniformidade das questões no *contínuum* A — B, anonimato dos respondentes, operacionalidade, filtragem das perguntas, respostas mais amplas, entre outros.

Nesta mesma ordem de considerações, os três últimos instrumentos apoiaram a segunda fase de coleta de dados (estudo descritivo), sendo que estes foram elaborados de modo a permitir maior grau de flexibilidade na obtenção e discussão das informações desejadas.

A entrevista estruturada somente foi realizada após o recebimento dos questionários, bem como de uma análise adequada das respostas ali registradas, de modo que esse instrumento serviu, também, para o esclarecimento de alguns pontos que pareceram obscuros no questionário respondido. Esse instrumento foi apoiado por um roteiro das principais questões abordadas (protocolo fixo), sendo operacionalizado junto a informantes previamente selecionados, ou seja, elementos aptos e dispostos a responder.

As questões referentes ao questionário programado, assim como aquelas relativas a entrevista estruturada, foram elaboradas de modo a apresentar elevado nível de objetividade e clareza, permitindo que a informação desejada fosse facilmente compreendida e, por conseguinte, prontamente registrada tanto pelo relator (no caso do questionário), como pelo pesquisador, no caso da entrevista.

A observação sistemática foi o terceiro instrumento de coleta de informações, em ordem de utilização. Em conformidade com a metodologia empregada, esse instrumento foi utilizado apenas para o caso de alguns dados ou informações que não se encontravam registrados pela empresa; para o caso de informações que, mesmo estando registrados e controlados pela empresa, não apresentavam coerência com os dados já recolhidos e; ainda, para o caso de dados que surgiram com a análise das informações levantadas e que, portanto, precisaram ser testados e/ou observados.

A análise documental constituiu assim, o último instrumento de coleta de informações, caracterizando a única fonte de dados secundários utilizada no trabalho. A orientação estabelecida foi a de consultar arquivos, relatórios de

atividades, estatísticas levantadas e outras fontes de dados, direta ou indiretamente pertinentes às organizações estudadas.

#### 5.4.2 - UNIVERSO E POPULAÇÃO DA PESQUISA

A unidade de referência desta pesquisa é a indústria de alimentos, cujo sistema de produção utiliza algum tipo de AMT, conforme discutido anteriormente. Desta maneira, o universo estatístico do trabalho foi formado de diversos tipos de organizações, entre as quais a indústria de frigoríficos, de laticínios, de panificação, a indústria sucro-alcooleira, a de processamento e refino de gorduras, etc.

Assim sendo, a definição da população amostral desse trabalho teve por base o anuário *"Les Decideurs de l'Industrie Alimentaire"* edição 1992, uma publicação francesa da AGRA ALIMENTATION. A partir deste anuário, foi determinada a população amostral do estudo de caso exploratório (primeira etapa da pesquisa), assumindo como critério de classificação, a definição conceitual atribuída aos "sistemas avançados de produção".

Estas empresas, conforme esquema ilustrativo apresentado no quadro de referência da Figura 5.9, participaram da primeira etapa da coleta de dados, cuja enquete classificatória determinou em seguida, a população amostral utilizada no estudo multi-caso de natureza descritiva. Desse modo, o processo de determinação dessa amostra teve por base a avaliação e análise dos questionários respondidos (ver Apêndice 1 - questionário programado).

Definida nestes termos, esta primeira coleta de dados teve por objetivo a identificação e reconhecimento dos sistemas operacionais utilizados pelas indústrias alimentares, bem como dos procedimentos de avaliação e medida da produtividade em uso. Com base nestas informações, determinou-se a população amostral do estudo multi-caso descritivo, levando em consideração os critérios estabelecidos pela definição conceitual dos "sistemas avançados de produção".

MAPEAMENTO CODIFICADO DAS EMPRESAS			
CÓDIGO	ATIVIDADE INDUSTRIAL	CÓDIGO	ATIVIDADE INDUSTRIAL
01.IAM10	Indústria alimentar multi-especializada	12.IPM10	Indústria de panificação e massas
01.IAM20	Indústria alimentar multi-especializada	12.IPM20	Indústria de panificação e massas
01.IAM30	Indústria alimentar multi-especializada	20.IRG10	Indústria de produção e refino de óleos
01.IAM40	Indústria alimentar multi-especializada	21.ISA10	Indústria de produção e refino de açúcar
03.IDC10	Indústria de frigoríficos e derivados de carne	21.ISA20	Indústria de produção e refino de açúcar
03.IDC20	Indústria de frigoríficos e derivados de carne	22.ICC10	Indústria de chocolates e balas
05.IAL10	Indústria de laticínios	22.ICC20	Indústria de chocolates e balas
05.IAL20	Indústria de laticínios	30.ICV10	Indústria de champanhe e vinhos
05.IAL30	Indústria de laticínios	34.IBA10	Indústria de bebidas
05.IAL40	Indústria de laticínios	34.IBA20	Indústria de bebidas
06.ISC10	Indústria de sorvetes e congelados		

FIGURA 5.13. - QUADRO DE REFERÊNCIA DA POPULAÇÃO AMOSTRAL

FONTE: Dados da pesquisa realizada

### 5.4.3 - ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

O tratamento das informações obtidas foi processado de acordo com a seqüência dos instrumentos utilizados, de modo que a aplicação do instrumento seguinte, pudesse permitir a captação dos dados que não apareceram no instrumento anterior. O trabalho de ordenamento dos dados para seu adequado tratamento, seguiu a orientação geral de Selltiz (1975), segundo a qual os dados coletados devem ser agrupados em categorias, de acordo com o interesse da pesquisa, de forma a permitir sua melhor análise e interpretação.

Dois tipos de análise foram desenvolvidos: uma análise quantitativa e uma análise qualitativa. A análise quantitativa dos dados baseou-se em alguns modelos estatísticos e matemáticos, pertinentes à abordagem do trabalho. Entre os modelos estatísticos utilizados, destacam-se (A) os sistemas descritivos da média, mediana, desvio-padrão e coeficiente de variação e, (B) a análise de correlação simples.

Os recursos matemáticos referem-se às equações e expressões empregadas na argumentação de base do trabalho, como por exemplo, as equações de

produtividade (Gold, Son, Leontief, etc), assim como as equações de base do sistema de avaliação proposto.

A análise qualitativa, por sua vez, assumiu a interpretação e expressão dos significados lógicos dos dados coletados, tendo por base os marcos teóricos do trabalho. Assim sendo, os conceitos de base deste estudo, assim como todas as informações coletadas nas duas etapas operacionais da pesquisa, foram analisadas à luz da abordagem teórica, de modo a se obter uma interpretação adequada e satisfatória de seus valores em duas dimensões: a dimensão qualitativa e a quantitativa.

## 5.5 - CONCLUSÕES DO CAPÍTULO

O referencial metodológico definido neste capítulo, constitui um ensaio de articulação e delineamento das operações de pesquisa deste trabalho, baseado nas abordagens sobre os métodos científicos disponíveis. Assim colocado, ele corresponde ao eixo operacional desse estudo, assumindo o papel de guia e condutor do processo de execução de suas diversas atividades.

Em função da problemática imposta pela natureza e especificidade deste projeto, conforme discutido nos capítulos anteriores, esses procedimentos metodológicos constituem operações específicas deste estudo. Desse modo, o uso deste ferramental metodológico em outros trabalhos científicos, pode requerer tanto alterações de forma (estrutura dos instrumentos), como modificações na ordem de execução (seqüenciamento das atividades). Assim sendo, considera-se que a estrutura destes procedimentos possui uma razoável carga de flexibilidade, o que permitirá mudanças na sua estrutura de composição e de funcionalidade.

## SEXTO CAPÍTULO

# APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS DA PESQUISA

"Os *data* mais ricos nunca podem responder, completa e adequadamente, a questões para as quais e pelas quais não foram construídos."

P. Bourdieu, 1968

### 6.1 - INTRODUÇÃO

Este capítulo trata dos procedimentos de aplicação e teste do modelo SAPROV/MA, contendo portanto, a apresentação e análise dos resultados da pesquisa. Nesse sentido, as operações de aplicação do modelo proposto foram executadas de acordo com suas instruções normativas, de modo que os quatro procedimentos operacionais previstos pudessem ser logicamente efetivados.

O capítulo encontra-se organizado em quatro seções (incluindo esta introdução), com a seguinte ordem de sistematização: a segunda seção contém os dados referentes ao estudo exploratório (primeira fase da pesquisa), tendo por finalidade a apresentação das linhas de produção investigadas. Dessa maneira, a seção analisa as configurações tecnológicas das linhas, estabelece uma classificação dos sistemas produtivos com base no tipo de tecnologia empregado e, por último, caracteriza os sistemas de avaliação da produtividade utilizados pelas linhas.

A terceira seção apresenta o estudo de caso descritivo (segunda fase da pesquisa), contendo a demonstração e análise dos resultados referentes a aplicação e teste do modelo proposto, em cinco linhas de fabricação selecionadas. A organização dessa seção inclui quatro sub-unidades, estando cada uma delas relacionada com a execução e análise de um dos procedimentos operacionais do

modelo, em particular. Finalmente, a quarta seção contém algumas considerações conclusivas do capítulo.

## 6.2 - APRESENTAÇÃO DAS LINHAS DE PRODUÇÃO INVESTIGADAS

### — ESTUDO EXPLORATÓRIO —

O estudo de caso exploratório envolveu a avaliação de 30 linhas de produção, em 21 grupos empresariais diferentes, conforme mostrado na figura abaixo. Assumindo cada uma dessas linhas como uma unidade autônoma de negócio, o estudo verificou a ocorrência de duas variáveis básicas:

- (1) o uso de tecnologias avançadas de manufatura, e;
- (2) a natureza e o formato do sistema de avaliação da produtividade adotado.

01.IAM10	Fabricação 1: iogurtes frutados Fabricação 2: iogurtes naturais Fabricação 3: "fromage blanc"	12.IPM10	Fabricação 1: pão de leite
01.IAM20	Fabricação 1: queijo roquefort tipo mesa	12.IPM20	Fabricação 1: brioches Fabricação 2: briochettes recheados Fabricação 3: croissants Fabricação 4: pão parisiense Fabricação 5: pão de leite
01.IAM30	Fabricação 1: leite condensado Fabricação 2: chocolates	20.IRG10	Fabricação 1: margarina
01.IAM40	Fabricação 1: biscoitos Fabricação 2: pratos congelados	21.ISA10	Fabricação 1: açúcar de beterraba
03.IDC10	Fabricação 1: presuntos finos	21.ISA20	Fabricação 1: açúcar refinado
03.IDC20	Fabricação 1: salames finos	22.ICC10	Fabricação 1: balas de chocolate
05.IAL10	Fabricação 1: iogurtes naturais	22.ICC20	Fabricação 1: biscoitos recheados
05.IAL20	Fabricação 1: "fromage blanc" fatiado	30.ICV10	Fabricação 1: champanhe
05.IAL30	Fabricação 1: queijo bleu tipo mesa	34.IBA10	Fabricação 1: cerveja
05.IAL40	Fabricação 1: sopas prontas Fabricação 2: chocolate instantâneo	34.IBA20	Fabricação 1: coca cola
06.ISC10	Fabricação 1: sorvetes finos		

FIGURA 6.1 - LINHAS DE FABRICAÇÃO ANALISADAS NO ESTUDO EXPLORATÓRIO

FONTE: Dados da pesquisa realizada

Esta verificação foi efetuada através da aplicação de um questionário programado (apêndice 1), e teve por objetivo a elaboração de um cenário de especificidades sobre o setor, visando a determinação das unidades de observação empírica do trabalho, para a aplicação e teste do modelo proposto.

O tratamento dos dados coletados em questionário, permitiu uma análise da performance tecnológica das empresas estudadas, produzindo considerações estreitamente relacionadas com os objetivos desta pesquisa. As seções seguintes contêm a apresentação e discussão destes resultados.

### 6.2.1 - CONFIGURAÇÃO TECNOLÓGICA DAS LINHAS DE PRODUÇÃO

O estudo exploratório investigou inicialmente a utilização de tecnologias avançadas de manufatura (AMT's), em trinta linhas de fabricação da indústria francesa de alimentos. O questionário programado solicitou informações sobre a utilização de nove tipos de AMT's, as quais podem ser descritas como segue:

- MRP 1	planejamento das necessidades de material
- MRP2	planejamento das necessidades de materiais e componentes
- SFM	sistemas flexíveis de manufatura
- TG	tecnologia de grupo
- MC	manufatura celular
- JIT	técnicas de produção <i>just-in-time</i>
- TQC	controle total da qualidade
- F.PUX	fluxo puxado
- KANBAN	produção controlada por kanban

A tabulação dos dados (Ficha de Processamento 1 - Anexo A) mostrou que a implantação e uso de sistemas avançados de produção, constituem procedimentos consolidados na maior parte das empresas estudadas. Dos nove tipos de AMT's apontados pela pesquisa, o "**TQC**" é a configuração de maior demanda no setor, uma vez que 83,3% das unidades pesquisadas utilizam essa técnica.

Nesta mesma ordem de considerações aparecem a "**manufatura celular**", o "**JIT**" e o "**MRP I**", como as outras formas de AMT's de maior uso no setor, estando implantadas em 53, 46,7 e 33% das unidades analisadas, respectivamente. Numa escala de menor aplicação estão o "**fluxo puxado**", o "**SFM**" e o "**kanban**", conforme mostra a ilustração da Figura 6.2.

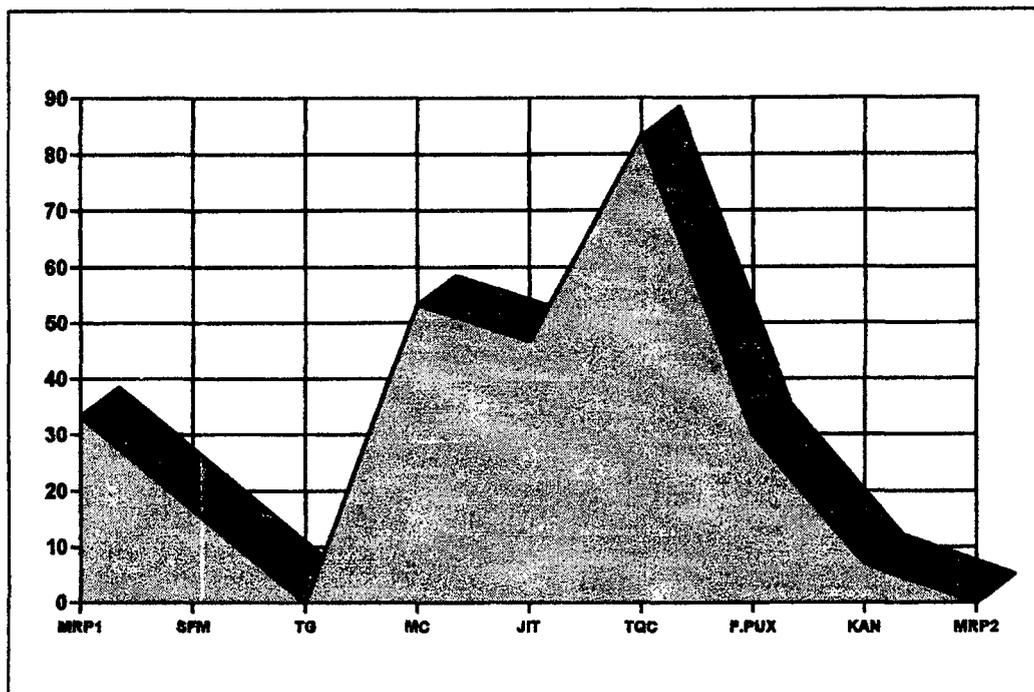


FIGURA 6.2 - CONFIGURAÇÕES DE AMT's NAS EMPRESAS ESTUDADAS

FONTE: Dados da pesquisa realizada

Duas configurações de AMT's estão completamente ausentes nas empresas analisadas: tratam-se da **"tecnologia de grupo (TG)"** e do **"MRP II"**. Outros tipos de sistemas avançados de manufatura, não apontados pela pesquisa, começam a ser experimentados pela indústria de alimentos. Isto pode ser verificado pela descrição das técnicas de produção que são utilizadas no setor, conforme mostra a avaliação das características de manufaturabilidade das unidades estudadas.

As Figuras 6.3, 6.4 e 6.5 ilustram as características técnicas ou os requisitos operacionais (eixo das ordenadas) destes sistemas de produção, de acordo com a descrição apontada pelas próprias empresas. Desse modo, as barras apresentadas nessas figuras indicam os percentuais de ocorrência destas características, no conjunto das unidades de fabricação.

Algumas considerações importantes podem ser extraídas da avaliação destes gráficos. A **"manufatura organizada em células"**, por exemplo, constitui uma característica do sistema de fabricação, em 60% das unidades analisadas. Nesta mesma ordem aparece a **"produção em lote (batch)"**, com o mesmo percentual de ocorrência, confirmando assim o princípio de que a manufatura celular tem suas operações baseadas no sistema de produção em lote.

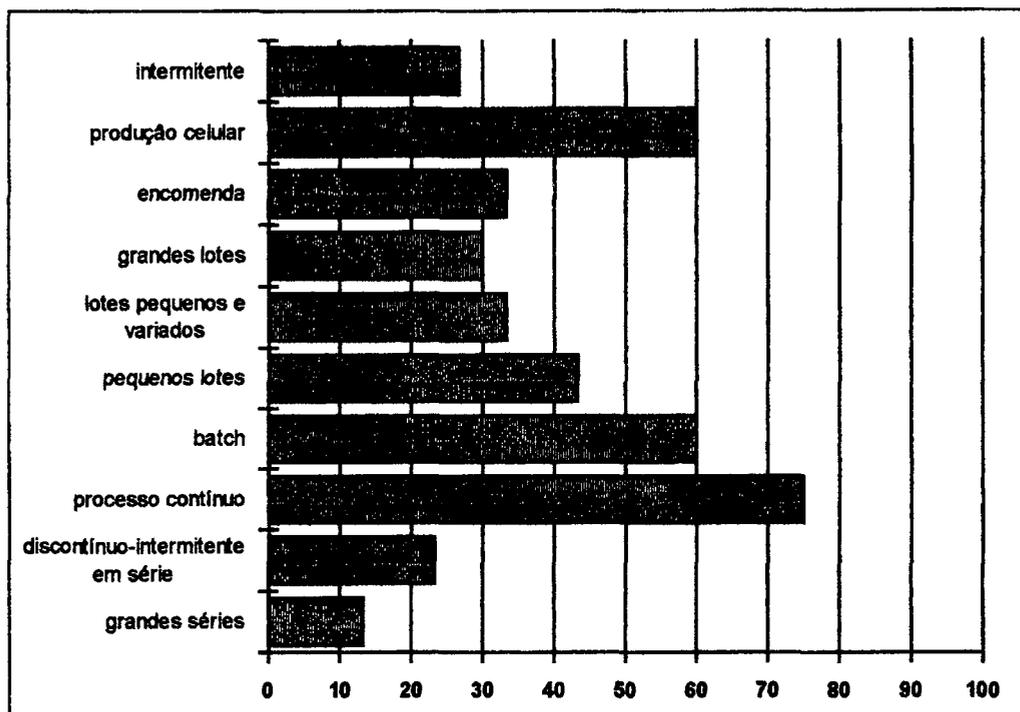


FIGURA 6.3 - CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO I

FONTE: Dados da pesquisa realizada

O cruzamento destas informações com aquelas apresentadas na Figura 6.2, mostra no entanto algumas contradições. A **"manufatura celular"**, por exemplo, é apontada como uma configuração de AMT implantada em apenas 53% das unidades estudadas, enquanto que a **"manufatura organizada em células"** constitui uma característica de manufaturabilidade em 60% dessas unidades (gráfico da Figura 6.3).

De um modo geral, as características listadas em questionário apresentam forte sintonia com os novos paradigmas de produção, traduzindo assim o processo de modernização operacional que avança sobre o setor. A leitura dos gráficos mostrados nesta seção, por exemplo, indica uma tendência acelerada da indústria alimentar, expressa pela consolidação dos métodos modernos de manufatura, bem como pela absorção adaptada das novas formas de gestão.

Algumas dessas características constituem requisitos operacionais que estão incorporados na maior parte dos sistemas de fabricação analisados, conforme pode ser observado nos gráficos apresentados. O **"controle total e permanente da qualidade"**, por exemplo, constitui um requisito operacional desses sistemas em 83,3% das unidades estudadas (gráfico da Figura 6.4).

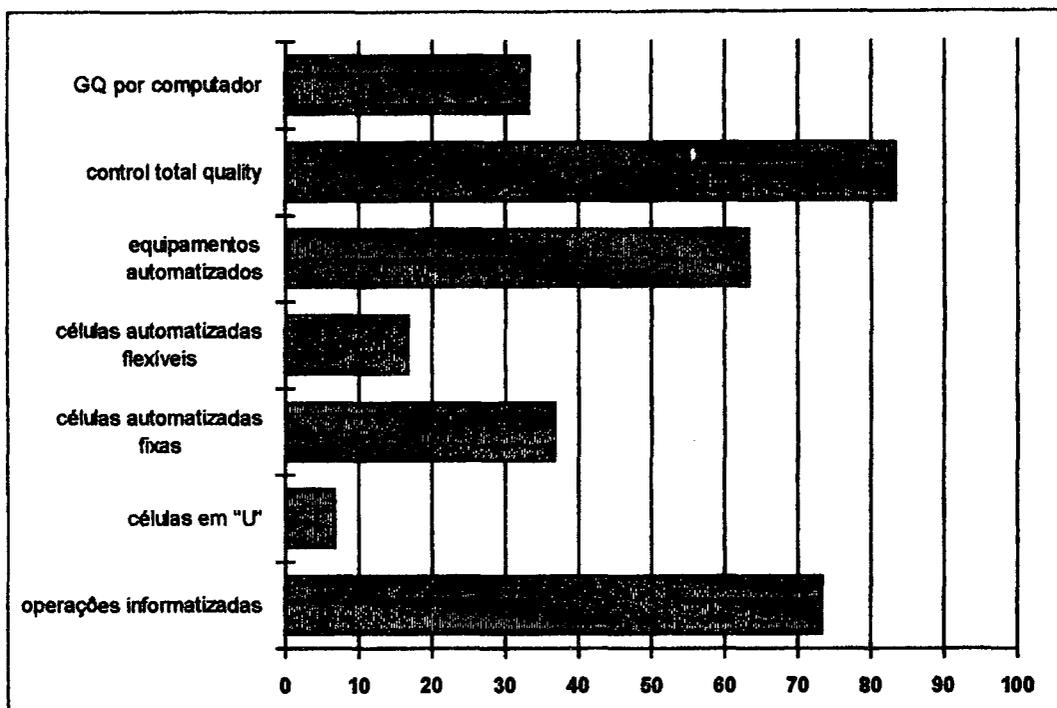
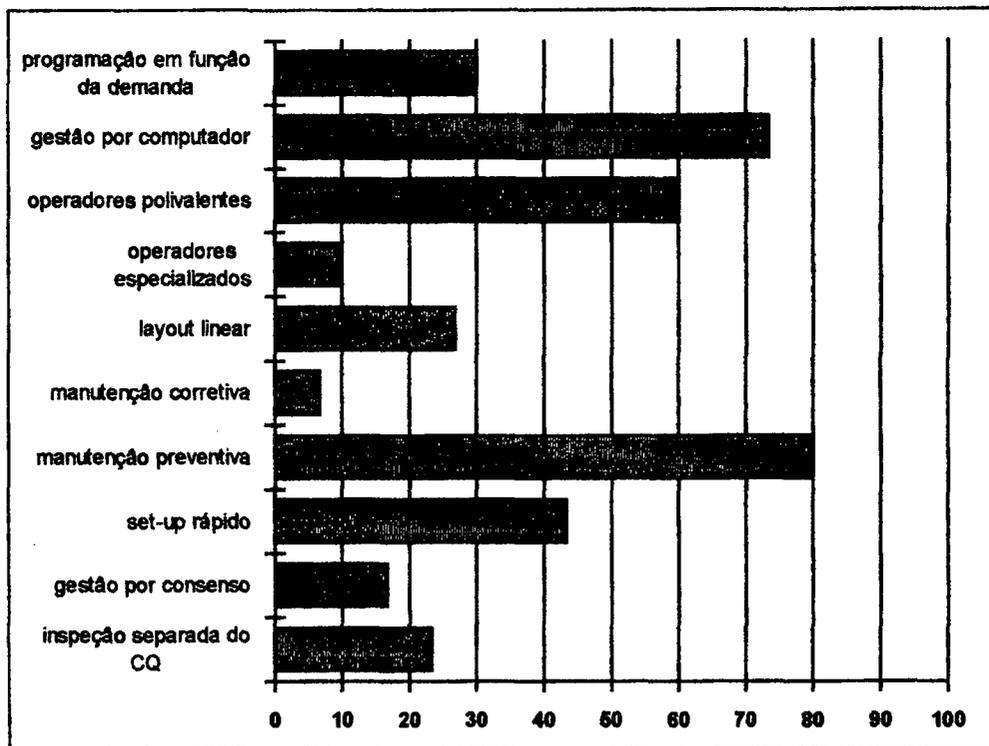


FIGURA 6.4 - CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO II

FONTE: Dados da pesquisa realizada

O uso do computador nas operações de manufatura, principalmente nas atividades de planejamento, controle, acompanhamento, transferência e armazenagem da produção, é uma outra característica importante dos sistemas produtivos da indústria de alimentos. Três dessas características levantadas pela pesquisa, apresentam-se como requisitos operacionais na maioria absoluta dos sistemas de fabricação analisados. É o caso dos **"equipamentos de produção automatizados"** (63,3%), das **"operações de manufatura informatizadas"** (73,3%) e da **"gestão auxiliada por computador"** (73,3%).

A avaliação destes requisitos operacionais, teve por base a análise de confrontação direta dos dados, através do cruzamento das informações disponíveis. Utilizando-se o processo de interpretação e expressão dos significados lógicos desses dados, efetuou-se uma análise do delineamento tecnológico e organizacional, das linhas de fabricação da indústria.



**FIGURA 6.5 - CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO III**

FONTE: Dados da pesquisa realizada

Com base nesta análise, determinou-se uma classificação dos sistemas de manufatura na indústria de alimentos, focalizando essencialmente a natureza organizacional e o tipo de tecnologia empregados nas linhas de fabricação estudadas. A seção seguinte explicita essa classificação e estabelece outras considerações acerca de sua elaboração.

### 6.2.2 - CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE ACORDO COM O TIPO DE TECNOLOGIA EMPREGADO

A modernização tecnológica da indústria de alimentos, assim como as novas formas de gestão vigentes no setor, permitiram uma classificação de seus sistemas produtivos, baseada nos requisitos operacionais apresentados na seção anterior. Nesse sentido, pode-se definir três tipos de sistemas de fabricação, denominados na pesquisa da seguinte forma:

*T1 - FABRICAÇÃO INFORMATIZADA DE CONFIGURAÇÃO CELULAR*

*T2 - FABRICAÇÃO INFORMATIZADA DE CONFIGURAÇÃO LINEAR*

*T3 - FABRICAÇÃO INFORMATIZADA DE CONFIGURAÇÃO LINEAR E CELULAR*

O sistema de manufatura do tipo (T1) corresponde à uma célula de fabricação totalmente informatizada, realizando um processo de natureza contínua, na produção de um produto ou de uma linha de produtos específica. As atividades de gestão do processo são controladas por computador, o que permite a intervenção imediata do operador nos casos de pane. A gestão da célula é uma competência dos próprios operadores, os quais são treinados para exercerem diversas tarefas na esfera da célula. Em geral esse tipo de sistema utiliza o mecanismo do fluxo puxado, cuja gestão se dá pela reconstituição do estoque de produto acabado.

A manufatura do tipo (T2) diz respeito à uma linha de fabricação informatizada, que realiza um processo contínuo na produção de um produto específico. O processo produtivo é organizado em fases, sendo que cada fase requer o trabalho de operadores especializados. A linha de fabricação apresenta flexibilidade de roteiro e de sequenciamento, o que permite tanto a produção de produtos acabados, quanto a de produtos intermediários. Assim sendo, os mecanismos de fluxos variam de acordo com a natureza do produto em elaboração. O acompanhamento das atividades de manufatura é feito através de computador.

A fabricação do tipo (T3) refere-se à uma estrutura de manufatura de *design* misto, onde parte da produção é realizada em configuração linear, e outra em configuração celular. Este sistema permite a elaboração de vários produtos de uma mesma gama, cujo processo produtivo segue o princípio da diferenciação retardada (no final). Os fluxos de produção são ajustados de acordo com os processos em operação (contínuo ou intermitente-contínuo) e o acompanhamento e controle da produção é feito por computador.

Estas três categorias de estruturas produtivas requerem um ambiente especial de manufatura, com observação plena dos modernos conceitos de produção. As operações de fabricação são sistematizadas de acordo com estes novos paradigmas, principalmente aqueles relacionados com as técnicas:

- *de controle total da qualidade,*
- *de balanceamento e sincronização dos fluxos produtivos,*
- *de manutenção preventiva periódica,*
- *de acompanhamento das atividades operacionais por computador,*
- *de engajamento dos empregados nas funções de gestão,*
- *de ajustamento da função de produção à de demanda,*
- *etc.*

A definição desta classificação de sistemas produtivos, assim como aquelas apresentadas nas seções 4.4.1 e 4.4.2, constituem parte dos resultados do processo de análise e avaliação deste estudo exploratório, o que atende, dessa forma, ao primeiro objetivo específico (OE.1) deste trabalho. A Figura 6.6 contém uma sinopse ilustrativa, com alguns exemplos destas classificações.

CRITÉRIOS DE CLASSIFICAÇÃO E CATEGORIAS DE SISTEMAS		EXEMPLOS
<b>BASEADA NA ORGANIZAÇÃO DOS CICLOS DE OPERAÇÃO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Indústrias de tipo I</li> <li>- Indústrias de tipo II</li> <li>- Indústrias de tipo III</li> <li>- Indústrias de tipo IV</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Indústria de conservas</li> <li>- Indústria de bebidas</li> <li>- Indústria de produtos frescos</li> <li>- Indústria de panificação</li> </ul>
<b>DE ACORDO COM A GESTÃO DOS FLUXOS OPERACIONAIS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Organização de fluxo puxado</li> <li>- Organização de fluxo empurrado-puxado com regulação</li> <li>- Organização de fluxo empurrado</li> <li>- Organização de fluxo empurrado-puxado sem regulação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Indústria alcooleira, de panificação e de confeitaria</li> <li>- Indústria de cerveja e de aperitivos</li> <li>- Indústria de processamento de frutas e legumes</li> <li>- Indústria de laticínios e de produtos frescos</li> </ul>
<b>COM BASE NA CONFIGURAÇÃO ORGANIZACIONAL E TECNOLÓGICA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabricação informatizada de configuração celular</li> <li>- Fabricação informatizada de configuração linear</li> <li>- Fabricação informatizada de configuração linear e celular</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Indústria de panificação, confeitaria, chocolates, cerveja e champanhe</li> <li>- Indústria de pratos prontos, açúcar e óleos, manteiga e margarinas</li> <li>- Indústria de massas, sorvetes e congelados, de frigoríficos e derivados de carne</li> </ul>

**FIGURA 6.6 - NOVAS CLASSIFICAÇÕES PARA A INDÚSTRIA DE ALIMENTOS**

FONTE: Dados da pesquisa realizada

### 6.2.3 - CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE – SAP's

A segunda variável investigada neste estudo exploratório, diz respeito aos sistemas de avaliação da produtividade. Neste sentido, a pesquisa identificou as medidas de produtividade adotadas pelas empresas analisadas, com o objetivo de produzir um mapeamento dos principais indicadores utilizados. A figura 6.7 apresenta uma ilustração desse mapeamento, em conformidade com os dados levantados pela Ficha de Processamento 2 - Anexo B.

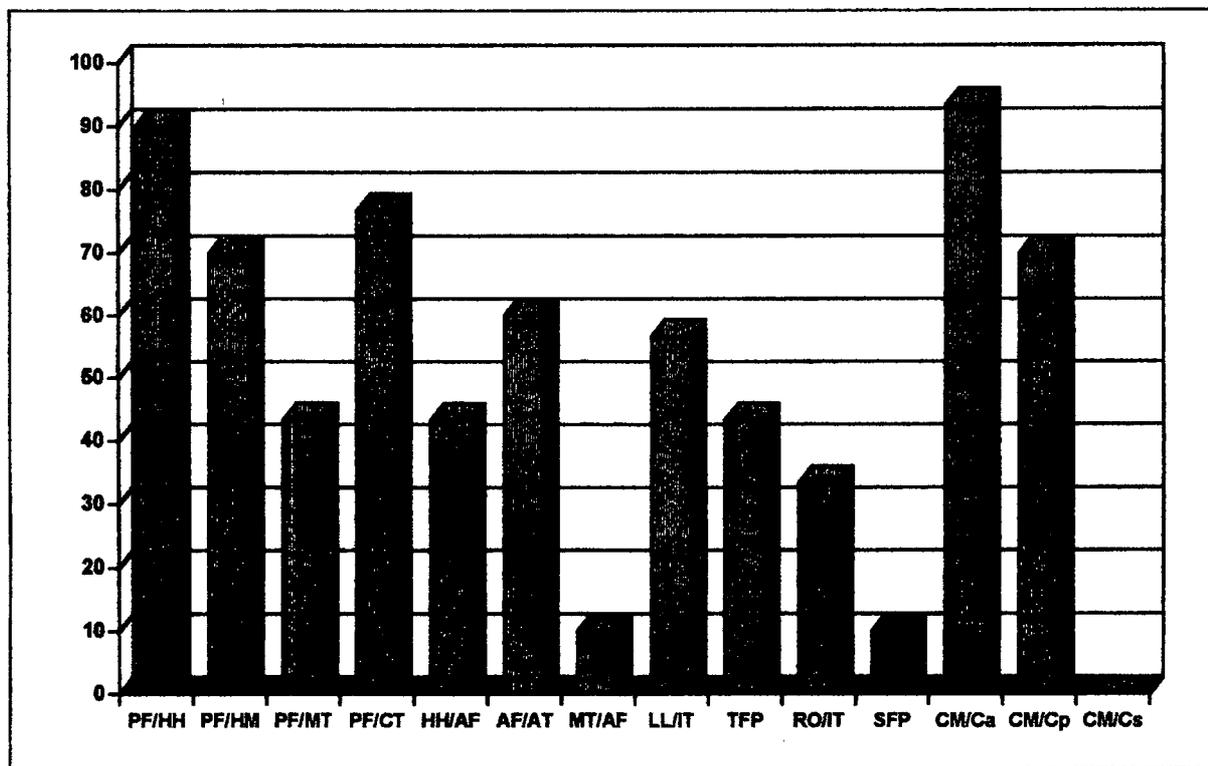
Observa-se que, de um modo geral, as unidades estudadas utilizam índices clássicos para a avaliação do desempenho, não revelando praticamente nenhuma novidade em termos de novas medidas. A **produtividade do capital e a produção por homens-horas**, por exemplo, são os indicadores de maior uso, estando adotados em 93,3 e 90% das unidades, respectivamente.

Essa constatação mostra que, apesar de operarem sistemas avançados de manufatura, estas organizações ainda não conseguiram modernizar seus procedimentos de avaliação do desempenho. Na verdade, a maior parte dos indicadores utilizados está relacionada com o sistema tradicional de custos empresariais, o que inviabiliza uma avaliação mais adequada das novas configurações produtivas implantadas.

Uma justificativa importante desta argumentação é dada pelo próprio mapeamento apresentado abaixo, onde o **índice de produtividade dos softwares operacionais**, por exemplo, não está implantado em nenhuma das unidades estudadas.

Muitos outros indicadores importantes de produtividade, tais como os **índices de perdas, de re-trabalho, de rejeição e de devoluções, as medidas de cadência, de set-up, de espera e de sincronização**, entre outros, estreitamente relacionados com os novos métodos de produção, não aparecem citados pelas empresas. Esta constatação indica a existência de uma baixa correlação entre as técnicas de manufatura utilizadas, e as medidas de desempenho empregadas no processo de avaliação.

Estas considerações atendem, dessa forma, ao segundo objetivo específico deste trabalho (OE.2), na medida em que identifica as principais medidas de desempenho utilizadas pela indústria de alimentos, assim como o significado de seus conceitos, em relação aos sistemas de manufatura vigentes na indústria.



**LEGENDA:**

PF/HH	Produção física por homens-horas	TFP	Produtividade de fator total
PF/HM	Produção física por horas-máquinas	RO/IT	Resultado operacional por insumos totais
PF/MT	Produção física por materiais totais	SFP	Produtividade de fator simples
PF/CT	Produção física por capacidade teórica	CM/Ca	Produtividade do capital
HH/AF	Homens-hora por ativo fixo	CM/Cp	Produtividade da planta
AF/AT	Ativo fixo por ativo total	CM/Cs	Produtividade dos softwares
MT/AF	Materiais totais por ativo fixo		
LL/AT	Lucro líquido por investimento total		

**FIGURA 6.7 - MAPEAMENTO DAS MEDIDAS DE PRODUTIVIDADE UTILIZADAS PELAS EMPRESAS ESTUDADAS**

FONTE: Dados da pesquisa realizada

A pesquisa também levantou informações sobre a estrutura e o funcionamento dos sistemas de avaliação da produtividade, implantados nestas unidades, com o objetivo de verificar a adequação (ou não) destes sistemas, aos novos métodos de produção e de gestão que foram incorporados. Dessa forma, algumas considerações importantes foram constatadas, conforme se observa a seguir.

**PRIMEIRO:** As medidas de produtividade adotadas por estas empresas, nem sempre estão consolidadas na contabilidade gerencial, o que compromete a eficiência de seus sistemas de controle de gestão. A tabulação dos dados ilustrada pela Figura

6.8 revela que apenas 23% das unidades estudadas, admitem ter **todas essas** medidas consolidadas no SCG, enquanto que 41% delas consideram ter somente **algumas dessas** medidas consolidadas. Outras 23% consideram que **grande parte** das medidas estão consolidadas, contra 13% que admitiram que **nenhuma destas** medidas fazem parte do SCG.

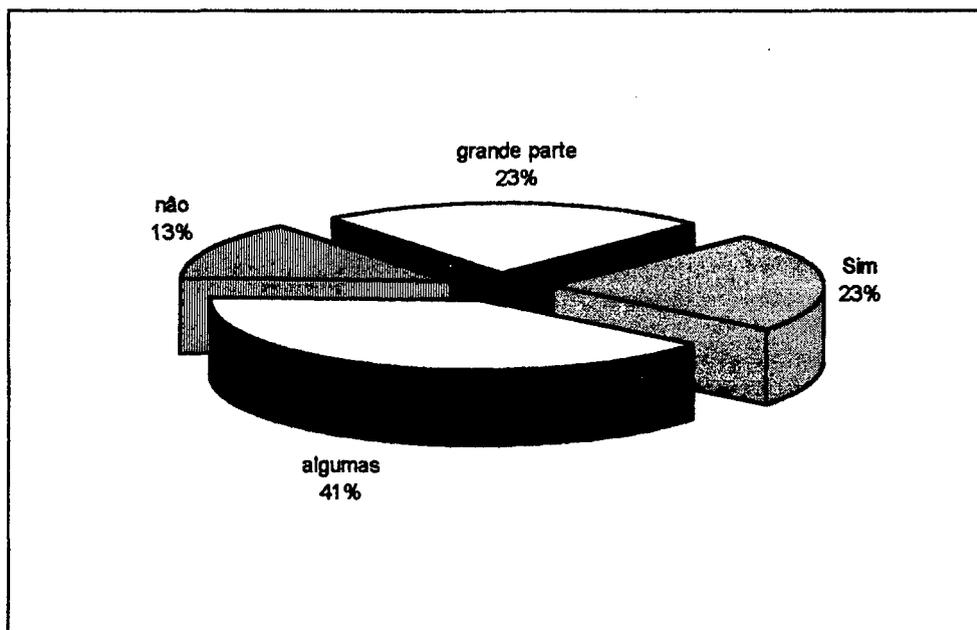


FIGURA 6.8 - AS MEDIDAS DE PRODUTIVIDADE ESTÃO CONSOLIDADAS NO SCG?

FONTE: Dados da pesquisa realizada

SEGUNDO: Os objetivos com os quais as organizações estabelecem suas medidas de produtividade, constituem um outro parâmetro de considerações. De um modo geral, as respostas apresentadas sugerem duas dimensões de análise, ou seja, as empresas utilizam a avaliação da produtividade (1) como uma medida do **desempenho geral da organização** (neste grupo estão 23% das empresas), e (2) como uma medida do **desempenho específico da produção** (40% das empresas analisadas).

Existe também um terceiro grupo de empresas (com 27% da amostra), cujo objetivo é o de **verificar o desempenho da capacidade operacional**, sem definir se esta capacidade se refere à capacidade de manufatura ou à capacidade da organização como um todo. Finalmente, um grupo de 10% dessas unidades deixaram de especificar o objetivo de seus sistemas de avaliação. A Figura 6.9 apresenta uma ilustração destas respostas.

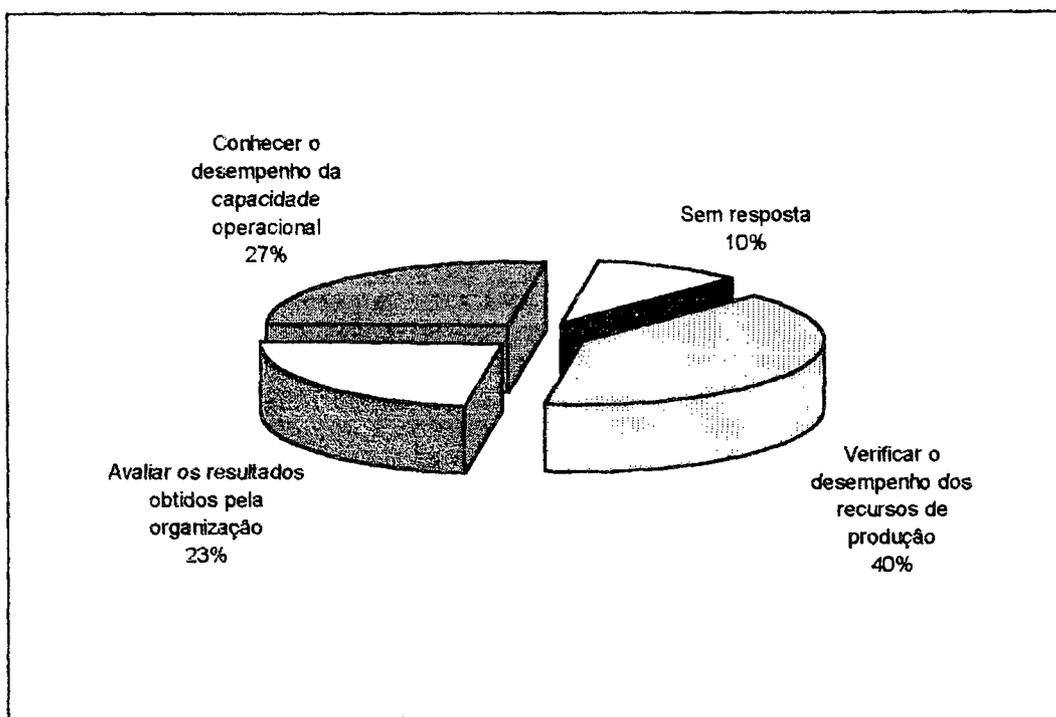


FIGURA 6.9 - COM QUE OBJETIVOS A ORGANIZAÇÃO ESTABELECE ESSAS MEDIDAS DE PRODUTIVIDADE?

FONTE: Dados da pesquisa realizada

TERCEIRO: A gestão de um sistema de avaliação da produtividade deve ocorrer em função dos princípios e normas que regulamentam sua estrutura. Esses princípios explicitam a lógica de verificação dos resultados e põem sentido no cálculo da produtividade. Demandadas sobre essa questão, as empresas analisadas apresentaram respostas contundentes, as quais não se assemelham a estrutura de princípios requerida pelo sistema de avaliação.

Essas respostas foram agrupadas em seis blocos de considerações, de acordo com a natureza e o sentido de seus significados lógicos (Figura 6.10). Dessa maneira, observa-se que 13% das unidades pesquisadas deixaram de informar qualquer dado acerca da questão. Neste caso, pode-se aferir que as empresas em referência, constituem um grupo de unidades com pouca tradição em avaliação de resultados, uma vez que este processo ocorre desvinculado de princípios e normas, conforme recomenda a teoria pertinente.

Os demais blocos de considerações são igualmente pouco elucidativos da questão em pauta. Ressalta-se porém, a exceção registrada em relação ao grupo de 17% de unidades, cujas respostas indicam que o **desempenho operacional deve constituir uma variável de valor da empresa** e, portanto, um princípio a ser observado.

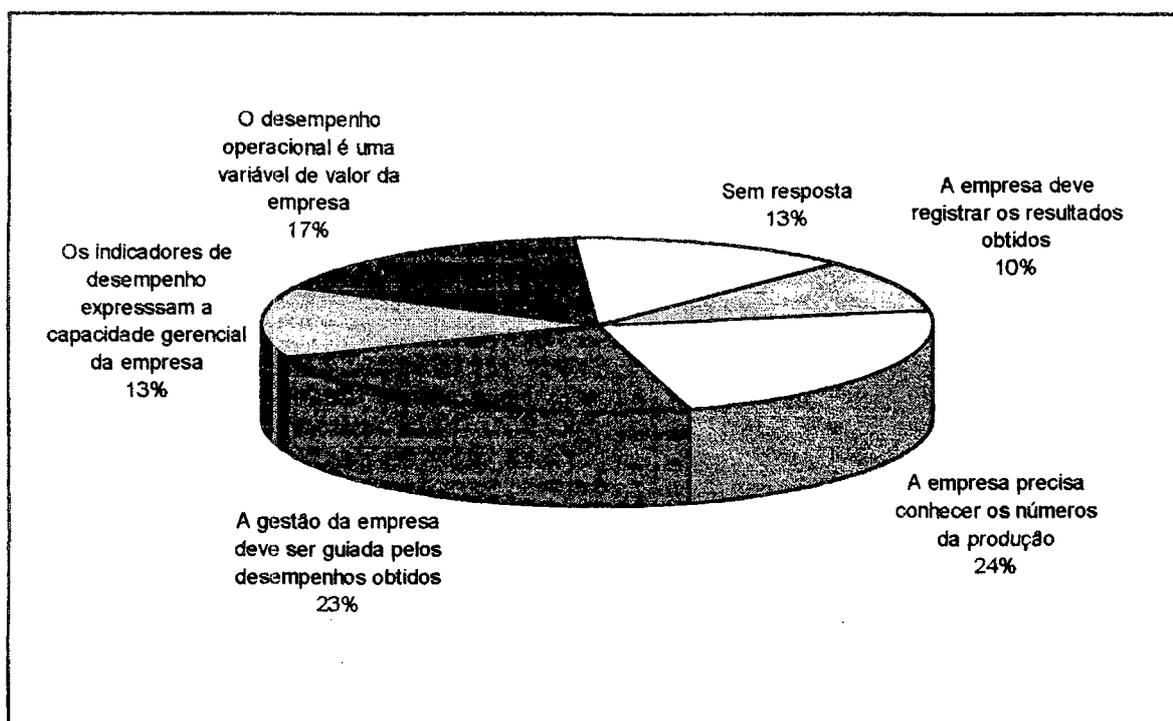


FIGURA 6.10 - QUE PRINCÍPIOS SÃO ADOTADOS NO PROCESSO DE DEFINIÇÃO DAS MEDIDAS DE PRODUTIVIDADE?

FONTE: Dados da pesquisa realizada

QUARTO: A implantação dos sistemas de avaliação da produtividade (SAP's), constitui um procedimento relativamente novo nas empresas analisadas. De acordo com o mapeamento apresentado na Figura 6.11, apenas 33,4% destas organizações possuem SAP's implantados há mais de dez anos. Uma outra parte, referente a 43,3% das empresas, implantou SAP's entre 1985 e 1988 e, finalmente, 20% delas não registraram nenhuma data de implantação.

A pesquisa também demandou uma descrição resumida dos SAP's implantados, com o objetivo de testar informações registradas em ítems anteriores do questionário. Dessa maneira, constatou-se que apenas 6,7% das empresas deixaram de apontar algum dado acerca do SAP implantado, enquanto que no ítem anterior, 20% delas não registraram nenhuma resposta sobre a data de implantação do SAP. Percebe-se assim, a existência de uma certa confusão conceitual provocada sobre o questionário, em alguns pontos importantes da pesquisa.

Com relação a descrição resumida dos SAP's, as respostas foram organizadas em dois blocos de informações, conforme pode ser observado sobre a Figura 6.12. Nesta ordem de considerações, 46,7% das unidades analisadas apontaram seus sistemas de avaliação como **mecanismos de apoio, de design e**

**de controle das atividades gerenciais**, assumindo a organização global como o sistema de referência de seus procedimentos de avaliação.

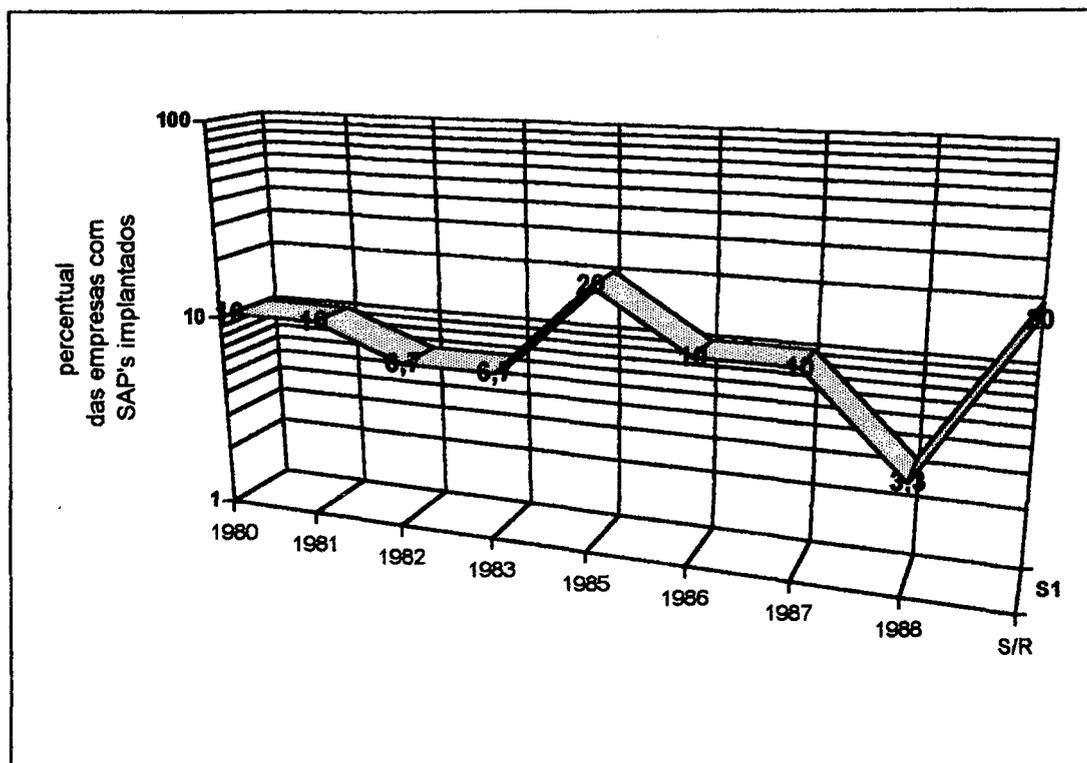


FIGURA 6.11 - DATA DE IMPLANTAÇÃO DOS SAP's

FONTE: Dados da pesquisa realizada

Um outro grupo de organizações, igualmente correspondente a 46,7% das unidades investigadas, descreveram seus SAP's como um **sistema de indicadores e de medidas para a avaliação e acompanhamento das atividades de manufatura**. Contrariamente a orientação do primeiro bloco, este grupo de organizações focaliza seus procedimentos de avaliação sobre o sub-sistema de manufatura, estabelecendo pouca interação com o sistema global.

QUINTO: As empresas analisadas também apontaram algumas dificuldades, no que diz respeito ao processo de avaliação da produtividade. Nesse sentido, constatou-se que a principal dificuldade encontrada pelas empresas, está relacionada com o sistema de custos da organização. Este problema foi apontado por 40% das unidades analisadas (Figura 6.13), sob diferentes ângulos de observação: **quantificação insuficiente e inadequada dos itens de custos, ausência de um departamento central de custos, falta de informações mais precisas da contabilidade de custos, etc.**

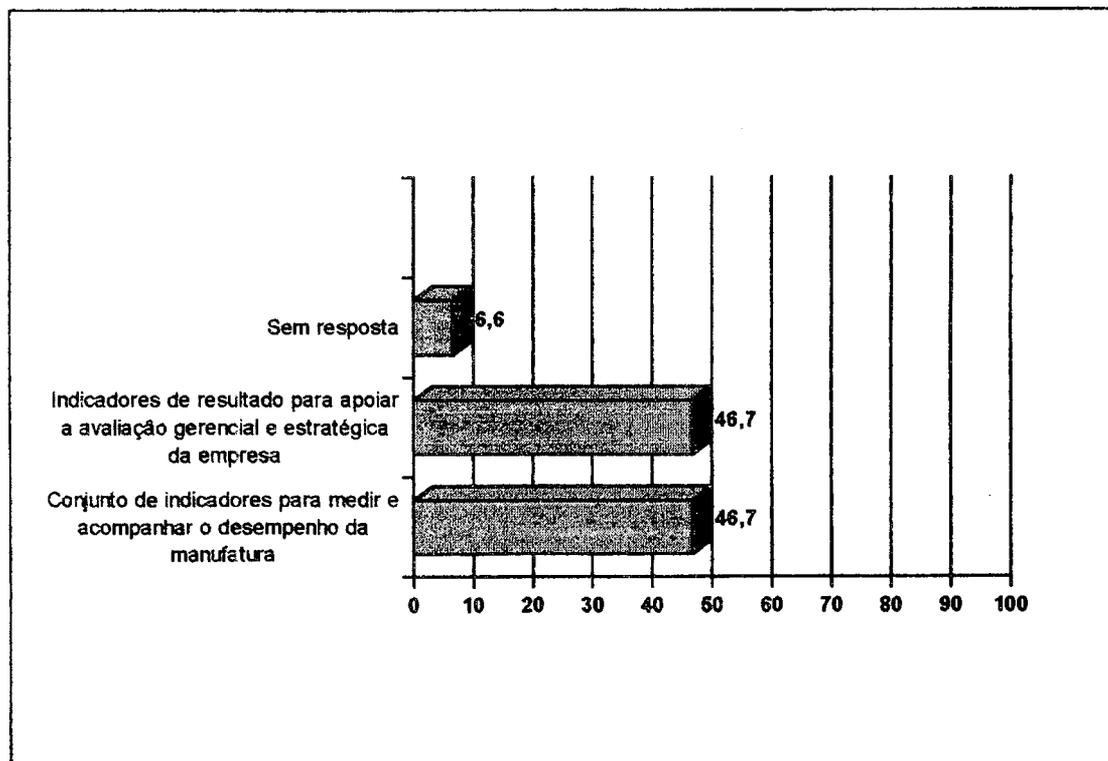
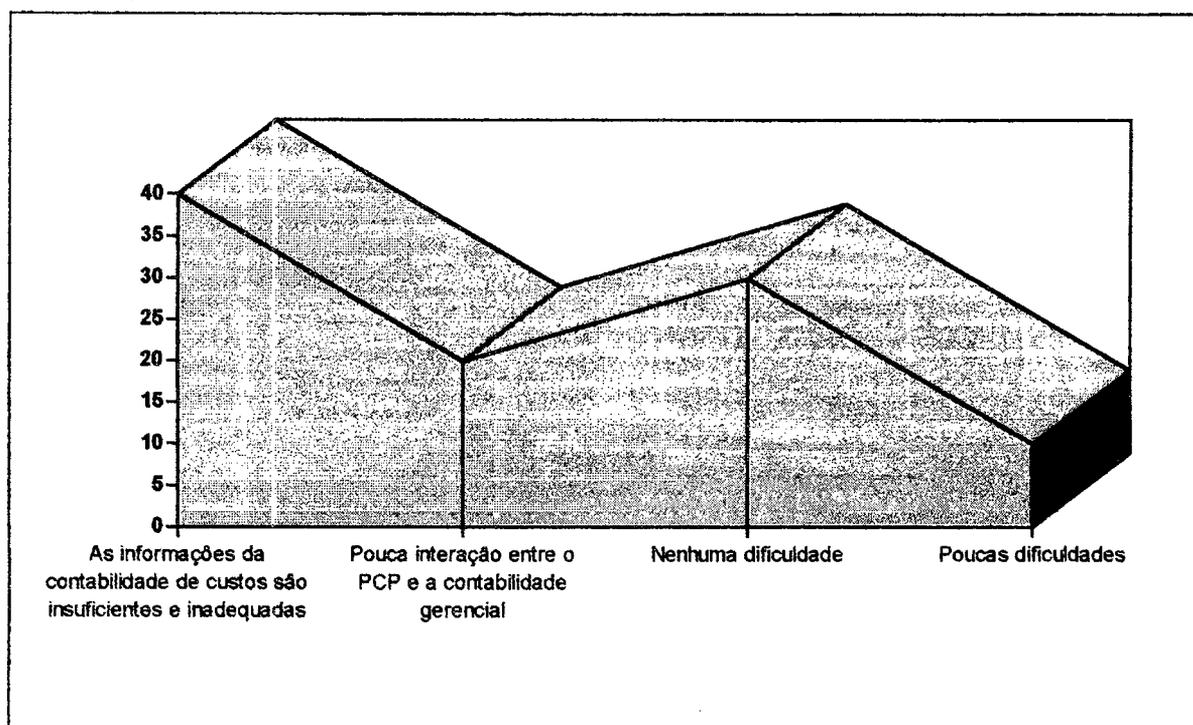


FIGURA 6.12 - DESCRIÇÃO RESUMIDA DOS SAP's

FONTE: Dados da pesquisa realizada

Outra dificuldade apontada refere-se à falta de integração do arranjo organizacional, que dificulta o fluxo de informações entre as várias unidades da organização. Esta dificuldade foi apontada por 20% das empresas estudadas, sendo registrada em diferentes formas de resposta: ***atraso nas informações recebidas do PCP, desintegração das diversas unidades da fábrica, pouca interação entre o PCP e a contabilidade gerencial, etc.***

A tabulação dos dados também mostrou que um outro grupo, formado por 30% das organizações, não apresentou ***nenhuma dificuldade*** em relação aos procedimentos de avaliação. Os outros 10% das empresas responderam encontrar ***poucas dificuldades***, concluindo assim a análise desta questão.



**FIGURA 6.13 - DIFICULDADES ENCONTRADAS NO PROCESSO DE AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE**

FONTE: Dados da pesquisa realizada

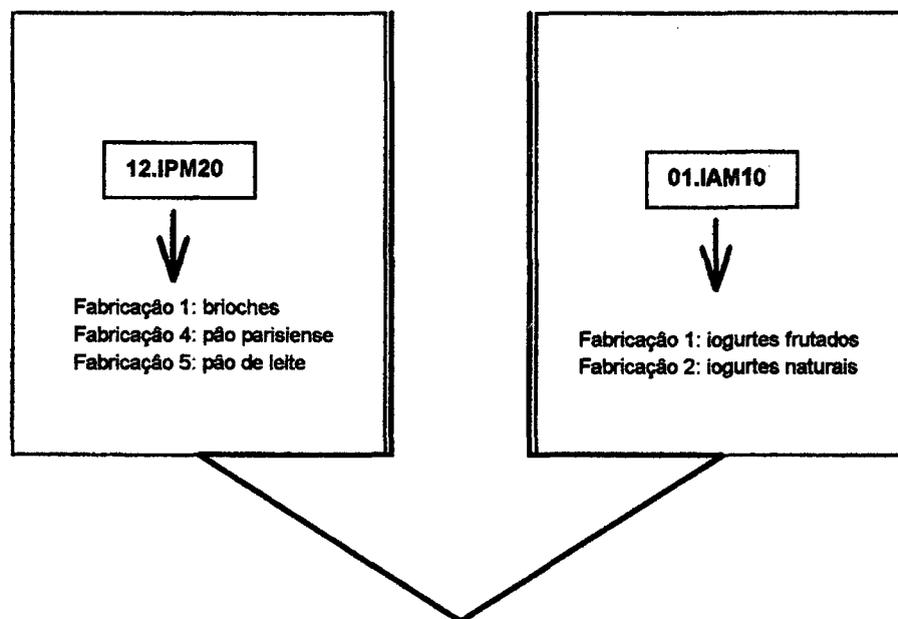
As considerações e análises apresentadas nesta seção, constituem os resultados da primeira fase da pesquisa, denominada "estudo exploratório". A partir destes resultados, determinou-se as unidades de observação empírica do trabalho, que serviram de base para a aplicação e teste do modelo proposto. A seção seguinte contém a apresentação destas unidades, bem como o exercício de aplicação do modelo e os comentários pertinentes.

### 6.3 - APLICAÇÃO E TESTE DO MODELO SAPROV/MA

#### — ESTUDO DESCRITIVO —

A segunda fase desta pesquisa foi desenvolvida através de um estudo descritivo, envolvendo cinco linhas de fabricação que operam com tecnologias avançadas de manufatura. Estas linhas foram selecionadas a partir da população analisada no estudo exploratório, de acordo com os critérios definidos na seção

5.4.2 deste trabalho. A Figura 6.14 contém uma sinopse explicativa destas linhas, com a apresentação resumida de suas configurações organizacionais e tecnológicas.



LINHAS DE PRODUÇÃO	CARACTERÍSTICAS
<p><b>FABRICAÇÃO 1: BRIOCHE</b>  <b>FABRICAÇÃO 4: PÃO PARISIENSE</b>  <b>FABRICAÇÃO 5: PÃO DE LEITE</b></p>	<p>Fabricação informatizada de configuração celular, operando um processo de natureza contínua, com a incorporação das seguintes técnicas: organização JIT em fluxo puxado (gestão por reconstituição dos estoques de PA); produção em série de pequenos lotes; fabricação auxiliada por computador; manutenção preventiva e periódica de todas as instalações celulares; automatização dos equipamentos de produção; controle total e permanente da qualidade (TQC); formação de operadores multi-funcionais; sincronização dos fluxos e balanceamento permanente da linha;</p>
<p><b>FABRICAÇÃO 1: IOGURTE FRUTADO</b>  <b>FABRICAÇÃO 2: IOGURTE NATURAL</b></p>	<p>Fabricação informatizada de configuração linear e celular, podendo operar um processo de natureza contínua ou contínua-intermitente, permitindo a adaptação das seguintes técnicas: organização JIT de fluxo empurrado-puxado sem regulação (o fluxo é puxado sob pedidos e empurrado pela provisão de matérias-primas perecíveis); aplicação do princípio da diferenciação retardada; produção em série de lotes pequenos e diversificados; acompanhamento informatizado das atividades de fabricação; controle total e permanente da qualidade (TQC); manutenção preventiva e periódica das instalações produtivas; automatização dos equipamentos de produção com pouco uso de mão-de-obra; garantia da qualidade auxiliada por computador;</p>

**FIGURA 6.14 - LINHAS DE FABRICAÇÃO ANALISADAS NO ESTUDO DESCRITIVO**  
 FONTE: Dados da pesquisa realizada

Os dados necessários à aplicação do modelo SAPROV/MA foram coletados diretamente sobre as linhas de fabricação, utilizando-se três instrumentos básicos: (1) a entrevista estruturada através de protocolo fixo, (2) a observação sistemática e direta dos procedimentos operacionais das linhas e (3), a análise de relatórios e documentos ligados a produção.

O ordenamento desses dados obedeceu à seqüência de instruções para a aplicação do modelo, de modo que a demonstração de seus valores encontra-se implícito ou explicitamente ilustrada nas sub-seções seguintes. Nesse sentido, estas sub-seções contêm a apresentação e execução dos quatro procedimentos operacionais requeridos pela metodologia SAPROV/MA, com os dados levantados sobre as linhas de fabricação em referência.

### 6.3.1 - DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE VALOR NAS LINHAS DE FABRICAÇÃO ESTUDADAS

Em conformidade com o modelo proposto, o procedimento inicial para a avaliação do desempenho, é a **definição dos critérios de valor da manufatura**. Assim sendo, este primeiro procedimento operacional foi efetuado com base nas instruções explicativas do Modelo SAPROV/MA 1010, respeitando-se os demais princípios que norteiam o método.

Para fins de definição e organização dos critérios de valor, as linhas de fabricação analisadas foram agrupadas em dois blocos, segundo a natureza e as características de seus sistemas de manufatura, conforme mostra a Figura 6.14. Neste mesmo sentido, respeitou-se o caráter de confidencialidade das empresas investigadas, tanto a nível de suas denominações sociais, quanto ao nível dos valores, cifras e outros dados numéricos de seus sistemas produtivos.

De acordo com os dados levantados, as linhas de produção do Grupo 12.IPM20 utilizam quatro tipos de AMT's (MC, JIT, TQC e F.PUXADO), devidamente adaptadas às características da panificação industrial informatizada. Neste sentido, as linhas de fabricação 1, 4 e 5 apresentam grandes similaridades, sobretudo no que diz respeito as características organo-tecnológicas dos métodos empregados. Considerando pois estas similaridades e, respeitando os interesses e objetivos das gerências envolvidas, definiu-se os seguintes critérios de valor para a manufatura do grupo:

SAPROV/MA - MOD. 1011	
DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE VALOR	
	<b>GRUPO: 12.IPM20</b>
<b>LINHAS DE FABRICAÇÃO:</b> FABRICAÇÃO 1: BRIOCHE PASQUIER FABRICAÇÃO 4: PÃO PARISIENSE FABRICAÇÃO 5: PÃO DE LEITE	
CÓDIGO	CRITÉRIOS DE VALOR
001.TPE	Taxa de produção por empregado
002.QPHH	Quantidade produzida por homem-hora
003.QPHM	Quantidade produzida por horas-máquinas
004.QPCE	Quantidade produzida por capital empregado
005.QPVE	Quantidade produzida por vendas efetivas
006.LCTE	Lucros sobre capital total empregado
007.PMCS	% de perdas de matérias-primas e componentes sólidas
008.PDME	% de perdas devidas às máquinas e equipamentos
009.TUM	Taxa de utilização das máquinas
010.POP	% da planta ocupada com a produção
011.CP	Cadência de produção
012.DPCP	Número de documentos no PCP
013.TOME	Tempo total de ociosidade das máquinas e equipamentos
014.TPRM	Tempo total de preparação e regulação das máquinas
015.LTTP	Lead time total de produção
016.TTS	Tempo total de set-up
017.TTE	Tempo total de espera
018.OCMF	% de operadores na categoria multi-funcional
019.PMEP	Prazo médio de entrega dos pedidos
020.NPEI	Número de pontos de estocagem intermediária
021.FIMP	Frequência de intervenções para manutenção preventiva
022.QEPE	Quantidade total dos estoques de produtos em elaboração
023.QEMP	Quantidade total dos estoques de matérias-primas
024.QEPA	Quantidade total dos estoques de produtos acabados
025.FCO	Falhas nos cronogramas operacionais
026.POE	% da planta ocupada com os estoques
027.SFM	% de sincronização dos fluxos à montante
028.SFJ	% de sincronização dos fluxos à jusante
029.IR	Índice de rejeição
030.DEQQ	% de devoluções efetivas por questões de qualidade
031.NDLP	Número de defeitos por lote de produção
032.QR	Quantidade de retrabalho
033.IRQQ	Índice de reclamações do cliente por motivos de qualidade
034.EAI	% de entregas em atraso ou incompletas
035.IRMP	Índice de reclamações do cliente por motivos de prazo
036.CP	% de cancelamento dos pedidos
037.FGQ	% dos fornecedores em "Garantia de Qualidade"
038.FPPP	Frequência das panes no processo produtivo
039.QSUP	Quantidade de softwares utilizados na produção
040.IRMO	Índice de rotatividade da mão-de-obra
041.IAE	Índice de absentéismo dos empregados
042.NAT	Número de acidentes no trabalho
043.NQAG	Nota de QT atribuída pelos grupos de qualidade
044.NHAQ	Nota de Higiene atribuída pelos grupos de qualidade
045.IPPD	Investimentos permanentes em P&D

FIGURA 6.15 - CRITÉRIOS DE VALOR DA MANUFATURA NA EMPRESA 12.IPM20

FONTE: Dados da pesquisa realizada

Este mesmo procedimento foi efetuado em relação às linhas de fabricação 1 e 2 do Grupo 01.IAM10, cujos sistemas de manufatura apresentam forte similaridade organizacional e tecnológica, conforme explicita a sinopse da Figura 6.14. De acordo com os dados coletados, estas linhas de produção utilizam igualmente quatro tipos de AMT's (MC, JIT, TQC e F.PUXADO), com as adaptações requeridas pela produção informatizada de laticínios.

O processo de definição dos critérios de valor para estas linhas, observou os princípios e a natureza das tecnologias empregadas, assim como os objetivos e metas da alta administração do grupo. A Figura 6.16 contém o formulário ilustrativo, com a apresentação final destes critérios.

A metodologia do processo avaliativo não estabelece uma quantidade exata (mínima ou máxima) para os critérios de valor de um sistema produtivo, de modo que o número exato desses critérios, será sempre uma função de dois fatores importantes: (1) do tipo de tecnologia empregado, que definirá a natureza dos métodos de fabricação, e (2); dos objetivos e metas previstos pela administração, os quais decorrem, quase sempre, das próprias inovações implantadas.

SAPROVIMA - MOD. 1011	
DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE VALOR	
LINHAS DE FABRICAÇÃO: FABRICAÇÃO 1: IOGURTE NATURAL FABRICAÇÃO 2: IOGURTE FRUTADO	
GRUPO: 01.IAM10	
CÓDIGO	CRITÉRIO DE VALOR
001.TPE	Taxa de produção por empregado
002.QPHH	Quantidade produzida por homem-hora
003.QPCE	Quantidade produzida por capital empregado
004.LCTE	Lucros sobre capital total empregado
005.PDME	% de perdas devidas às máquinas e equipamentos
006.PMCP	% de perdas de matérias-primas e componentes perecíveis
007.POP	% da planta ocupada com a produção
008.CP	Cadência de produção
009.DPCP	Número de documentos no PCP
010.TPRM	Tempo total de preparação e regulação das máquinas
011.LTTP	Lead time total de produção
012.TTS	Tempo total de set-up
013.TTE	Tempo total de espera
014.OCMF	% de operadores na categoria multi-funcional
015.PMEP	Prazo médio de entrega dos pedidos
016.NPEI	Número de pontos de estocagem intermediária
017.PPPR	Programação de produção: previsto / realizado
018.FIMP	Frequência de intervenções para manutenção preventiva
019.QEPE	Quantidade total dos estoques de produtos em elaboração
020.QEMP	Quantidade total dos estoques de matérias-primas
021.QEPA	Quantidade total dos estoques de produtos acabados
022.RCDP	Rotatividade de clientes por distrito e por produto
023.FCO	Falhas nos cronogramas operacionais
024.POE	% da planta ocupada com os estoques
025.SFM	% de sincronização dos fluxos à montante
026.SFJ	% de sincronização dos fluxos à jusante
027.IR	Índice de rejeição
028.DEQQ	% de devoluções efetivas por questões de qualidade
029.IRQQ	Índice de reclamações do cliente por motivos de qualidade
030.EAI	% de entregas em atraso ou incompletas
031.IRMP	Índice de reclamações do cliente por motivos de prazo
032.CP	% de cancelamento dos pedidos
033.FGQ	% dos fornecedores em "Garantia de Qualidade"
034.FPPP	Frequência das panes no processo produtivo
035.QSUP	Quantidade de softwares utilizados na produção
036.IRMO	Índice de rotatividade da mão-de-obra
037.NAT	Número de acidentes no trabalho
038.NQAG	Nota de QT atribuída pelos grupos de qualidade
039.NHAG	Nota de Higiene atribuída pelos grupos de qualidade
040.IPPD	Investimentos permanentes em P&D

FIGURA 6.16 - CRITÉRIOS DE VALOR DA MANUFATURA NA EMPRESA 01.IAM10

FONTE: Dados da pesquisa realizada

### 6.3.2 - DETERMINAÇÃO DE PADRÕES REFERENCIAIS DE DESEMPENHO PARA OS CRITÉRIO DE VALOR DA PRODUÇÃO

Em consonância com os procedimentos de referência do modelo proposto, o segundo procedimento operacional diz respeito à **definição dos padrões referenciais de desempenho para cada critério de valor da manufatura**, de modo que estes critérios possam ser quantitativo e qualitativamente avaliados.

De acordo com as instruções explicativas pertinentes ao modelo, esses padrões de referência foram determinados a partir dos critérios de excelência das empresas estudadas. Nesse sentido, encaminhou-se um protocolo fixo à cada empresa, para que a alta administração apresentasse, em caráter confidencial, os padrões de excelência desejados por suas organizações.

Os valores informados constituem **metas de excelência** à serem alcançadas por cada unidade, em função das inovações tecnológicas implantadas, assim como dos objetivos organo-gerenciais de cada administração em particular. Desse modo, estes valores representam **padrões de desempenho apenas para estas organizações**, podendo (ou não) serem utilizados como valores de referência em outras unidades similares.

Desse modo, o procedimento em pauta permitiu atribuir um padrão de desempenho para cada critério de valor, gerando assim uma matriz permanente e flexível de informações, que deve ser utilizada para a avaliação das unidades analisadas. A Figura 6.17 apresenta a estrutura final dessa matriz, com os dados referentes à cada empresa.

Observe-se que estes valores podem ser ajustados no tempo, uma vez que eles foram elaborados com base no conceito de excelência, que cada uma das organizações possui. Considerando portanto, que a definição de excelência constitui um conceito de melhoramento contínuo, espera-se assim que os seus parâmetros de referência possam melhorar continuamente no tempo.

Uma outra consideração importante, relacionada com a definição técnica destes padrões de referência, diz respeito aos próprios objetivos do modelo proposto. Neste sentido, os parâmetros aqui definidos têm como objetivo o acompanhamento e controle do desempenho operacional dos sistemas produtivos, através da comparação, no tempo, dos resultados alcançados pela organização, nos diversos aspectos da estrutura produtiva.

Assim sendo, os resultados efetivamente alcançados devem ser comparados com os padrões de referência estabelecidos, de modo que se obtenha um amplo cenário avaliativo do desempenho da manufatura.

PADRÕES REFERENCIAIS DE DESEMPENHO VALORES REPRESENTATIVOS DOS NÚMEROS INFORMADOS PELAS EMPRESAS	EMPRESAS VALORES PADRÕES	
	CRITÉRIOS DE VALOR	12.IPM20
Taxa de produção por empregado	3.600/sem.	5.200/sem.
Quantidade produzida por homem-hora	90.0	130.0
Quantidade produzida por horas-máquinas	300.0	-
Quantidade produzida por capital empregado	5.00	4.50
Quantidade produzida por vendas efetivas	100.0%	-
Lucros sobre capital total empregado	1.50\$	1.70\$
% de perdas de matérias-primas e componentes perecíveis	-	1.80
% de perdas de matérias-primas e componentes sólidas	1.50	-
% de perdas devidas às máquinas e equipamentos	1.90	1.40
Taxa de utilização das máquinas	120 hrs/sem.	-
% da planta ocupada com a produção	85.0	75.0
Cadência de produção	97.0%	100.0%
Número de documentos no PCP	2.0	2.0
Tempo total de ociosidade das máquinas e equipamentos	0.03	-
Tempo total de preparação e regulação das máquinas	2.5 hrs/sem.	1.6 hrs/sem.
Lead time total de produção	5.5 hrs	8.5 hrs
Tempo total de set-up	1.2 hrs/sem.	1.0 hr/sem.
Tempo total de espera	0.04	0.15
% de operadores na categoria multi-funcional	100.0	100.0
Prazo médio de entrega dos pedidos	1.0 dia	2.0 dias
Número de pontos de estocagem intermediária	2.00	1.00
Programação de produção: previsto / realizado	-	0.99
Frequência de intervenções para manutenção preventiva	2.0/sem	2.0/sem
Quantidade total dos estoques de produtos em elaboração	1.0 d/prod.	1.0 d/prod.
Quantidade total dos estoques de matérias-primas	3.0 d/prod.	2.0 d/prod.
Quantidade total dos estoques de produtos acabados	0.5 d/prod.	0.75 d/prod.
Rotatividade de clientes por distrito e por produto	-	0.04
Falhas nos cronogramas operacionais	0.05	1.25
% da planta ocupada com os estoques	5.0	1.5
% de sincronização dos fluxos à montante	100.0	100.0
% de sincronização dos fluxos à jusante	100.0	100.0
Índice de rejeição	2.50	1.60
% de devoluções efetivas por questões de qualidade	0.50	1.00
Número de defeitos por lote de produção	15.50	-
Quantidade de retrabalho	0.8%	-
Índice de reclamações do cliente por motivos de qualidade	2.00	2.50
% de entregas em atraso ou incompletas	0.50	0.30
Índice de reclamações do cliente por motivos de prazo	3.50	1.20
% de cancelamento dos pedidos	0.50	1.00
% dos fornecedores em "Garantia de Qualidade"	100.0	100.0
Frequência das panes no processo produtivo	0.03	1.0 /mês
Quantidade de softwares utilizados na produção	3.00	5.00
Índice de rotatividade da mão-de-obra	0.50	0.10
Índice de absenteísmo dos empregados	0.40	-
Índice de acidentes no trabalho	0.05	0.00
Nota de QT atribuída pelos grupos de qualidade	10.0	10.0
Nota de Higiene atribuída pelos grupos de qualidade	10.0	10.0
Investimentos permanentes em P&D	10% LL	15% LL

**FIGURA 6.17 - PADRÕES REFERENCIAIS DE DESEMPENHO PARA AS EMPRESAS ESTUDADAS**

FONTE: Dados da pesquisa realizada

### 6.3.3 - AUDITORIA DE AVALIAÇÃO DOS CRITÉRIOS DE VALOR DA MANUFATURA

Uma vez definidos os padrões de referência, pode-se executar o terceiro procedimento operacional do Modelo SAPROV/MA, cuja finalidade é a instrução de **auditoria para avaliação dos critérios de valor da produção**. Trata-se do auditamento dos resultados efetivamente alcançados por cada critério de valor e a comparação destes, com os padrões referenciais de desempenho definidos anteriormente. O processo de avaliação inclui ainda a determinação da taxa de produtividade obtida, assim como a variação desta em relação ao valor de referência.

Conforme as instruções explicativas do modelo, o processo de auditoria observou o alinhamento dos critérios de valor em três grupos de avaliação, de modo a avaliar separadamente o desempenho em produtividade, em flexibilidade e em qualidade, referente às unidades estudadas. Nesse sentido, os dados coletados na pesquisa estão demonstrados nos formulários Modelos de Referência 1012, 1013 e 1014 da estrutura SAPROV/MA, conforme ilustração das figuras abaixo.

O auditamento dos dados teve por finalidade a avaliação dos resultados efetivamente obtidos pela manufatura, em relação aos resultados padrões definidos pela empresa. A relação entre estes dois resultados é denominada de **taxa de produtividade**, cujo valor representa a base de cálculo para a determinação de três índices importantes do sistema de produção, quais sejam: Índice de Indução de Produtividade (IIP); de Indução de Flexibilidade (IIF) e; de Indução de Qualidade (IIQ).

A lógica desses indicadores é a da explicitação matemática das operações de produtividade, de flexibilidade e de qualidade do sistema de manufatura, permitindo que sejam identificados pontos fortes e pontos fracos da estrutura produtiva. Desse modo, o resultado desejado desses índices será sempre aquele igual a 1, ou seja, quando o resultado efetivo for igual ao resultado padrão.

Ressalta-se, mais uma vez, que os dados apresentados nos formulários de auditoria, constituem "*dados representativos*" dos números informados pelas empresas, em atendimento ao contrato de confidencialidade firmado entre esta pesquisa e as empresas analisadas.

Conforme pode ser observado nos formulários ilustrados pelas Figuras 6.18, 6.19 e 6.20, dos 45 critérios de valor listados para a manufatura da empresa 12.IPM20, 12 deles foram julgados como indutores de produtividade; 16 como

indutores de flexibilidade e; 17 como de qualidade. Esta categorização foi realizada com base na natureza do critério de valor, ou seja, em função do tipo de valor que o critério imprime ao sistema produtivo.

SAPROV/MA - MOD. 1012		GRUPO 12.IPM20			
AUDITORIA PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO FOLHA A					
CRITÉRIOS DE VALOR DA MANUFATURA AVANÇADA		AVALIAÇÃO			
		EFETIVO (1)	PADRÃO (2)	TAXA (1/2)	VARIACÃO %
Taxa de produção por empregado		3.120	3.600	0.8666	- 13.34
Quantidade produzida por homem-hora		78.00	90.00	0.8666	- 13.34
Quantidade produzida por horas-máquinas		200.00	300.00	0.6666	- 33.33
Quantidade produzida por capital empregado		4.30	5.00	0.8600	- 14.00
Quantidade produzida por vendas efetivas		85.00	100.00	0.8500	- 15.00
Lucros sobre capital total empregado		1.40	1.50	0.9333	- 6.66
% de perdas de matérias-primas e componentes sólidas		1.45	1.50	0.9666	- 3.33
% de perdas devidas às máquinas e equipamentos		1.90	1.90	1.0000	0.00
Taxa de utilização das máquinas		80.00	120.00	0.6666	- 33.33
% da planta ocupada com a produção		85.00	85.00	1.0000	0.00
Cadência de produção		0.85	0.97	0.8762	- 12.38
Número de documentos no PCP		5.00	2.00	2.5000	+ 150.00
DESEMPENHO TOTAL DOS PARÂMETROS DE VALOR DA PRODUTIVIDADE				12.0525	

**FIGURA 6.18 - AUDITORIA DE AVALIAÇÃO MOD. 1012 - EMPRESA 12.IPM20**

FONTE: Dados da pesquisa realizada

Os valores registrados na última coluna dos formulários, indicam as variações entre os resultados efetivamente alcançados pela empresa e os padrões de excelência por elas estabelecidos. Desse modo, os critérios de valor tanto podem ser avaliados individualmente, ou seja, caso a caso, quanto em conjunto, através dos grupos de indução de produtividade, de flexibilidade ou de qualidade.

Esse procedimento permitirá a identificação de pontos fortes e de pontos fracos do sistema produtivo, através da apresentação de suas áreas de problemas (focos de entropia), assim como de suas instâncias de retroalimentação permanente ou em estado de excelência (focos de homeostase). De um modo geral, as constatações efetuadas em relação aos sistemas analisados, são as seguintes:

**1 - SOBRE O DESEMPENHO TÉCNICO EM PRODUTIVIDADE DAS LINHAS DE PRODUÇÃO DO GRUPO 12.IPM20** – No que diz respeito às linhas de fabricação do Grupo 12.IPM20, o desempenho técnico em produtividade foi medido através de 12 critérios de valor, conforme demonstrado na Figura 6.18. Desses critérios, 2 deles (**percentual de perdas devidas às máquinas e equipamentos e percentual da planta ocupada com a produção**) apresentaram desempenho efetivo igual ao desempenho padrão, alcançando assim os níveis de excelência determinados pela empresa. Assim sendo, esses dois critérios representam pontos fortes do sistema de produção, uma vez que caracterizam metas de manufatura plenamente alcançadas pela organização.

Dos demais critérios analisados, outros dois deles (**percentual de perdas sobre matérias-primas e componentes sólidas e lucros sobre o capital total empregado**) apresentaram baixa variação entre o desempenho real e o desempenho padrão, fixada em 3.33 e 6.66 %, respectivamente. Considera-se que esses itens representam também pontos fortes do sistema de manufatura, uma vez que constituem indicadores bastante próximos dos níveis de excelência determinados.

Os 8 critérios restantes apresentaram baixo desempenho (todos com variação entre o resultado real e o padrão acima de 10%), caracterizando áreas de problemas da estrutura de produção. Desses critérios, o que apresenta maior problema é, sem dúvida, o **número de documentos no PCP**, cuja variação entre o resultado real e o padrão foi de 150%.

**2 - SOBRE O DESEMPENHO TÉCNICO EM FLEXIBILIDADE DAS LINHAS DE PRODUÇÃO DO GRUPO 12.IPM20** – O desempenho técnico em flexibilidade, por sua vez, foi medido através de 16 critérios de valor, cujos resultados estão demonstrados na Figura 6.19. Desses critérios, apenas um deles (**frequência de intervenções para manutenção preventiva**), atingiu o desempenho padrão definido pela empresa. De acordo com as instruções do modelo, este critério é a única meta de excelência, em termos de flexibilidade, alcançada pelo grupo.

Os outros 15 critérios apresentaram baixo desempenho em relação ao resultado padrão, revelando fracos níveis de flexibilidade do sistema de manufatura.

Entre esses pontos fracos ou áreas de problemas, dois deles chamam a atenção pela alta variação entre o resultado efetivo e o padrão: tratam-se do **tempo total de ociosidade das máquinas e equipamentos**, com variação de 133,33%, e da **quantidade total dos estoques de produtos acabados**, com 100% de variação.

SAPROV/MA - MOD. 1013		GRUPO 12.IPM20			
AUDITORIA PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO FOLHA B					
CRITÉRIOS DE VALOR DA MANUFATURA AVANÇADA		AVALIAÇÃO			
		EFETIVO (1)	PADRÃO (2)	TAXA (1/2)	VARIAÇÃO %
Tempo total de ociosidade das máquinas e equipamentos		0.07	0.03	2.3333	+ 133.33
Tempo total de preparação e regulação das máquinas		3.00	2.50	1.2000	+ 20.00
Lead time total de produção		6.50	5.50	1.1818	+ 18.18
Tempo total de set-up		1.45	1.20	1.2083	+ 20.83
Tempo total de espera		0.05	0.04	1.2500	+ 25.00
% de operadores na categoria multi-funcional		85.00	100.00	0.8500	- 15.00
Prazo médio de entrega dos pedidos		1.50	1.00	1.5000	+ 50.00
Número de pontos de estocagem intermediária		3.00	2.00	1.5000	+ 50.00
Frequência de intervenções para manutenção preventiva		2.00	2.00	1.0000	0.00
Quantidade total dos estoques de prod. em elaboração		1.50	1.00	1.5000	+ 50.00
Quantidade total dos estoques de matérias-primas		3.50	3.00	1.1666	+ 16.66
Quantidade total dos estoques de produtos acabados		1.00	0.50	2.0000	+ 100.00
Falhas nos cronogramas operacionais		0.03	0.05	0.6000	- 40.00
% da planta ocupada com os estoques		8.50	5.00	1.7000	+ 70.00
% de sincronização dos fluxos à montante		65.00	100.00	0.6500	- 35.00
% de sincronização dos fluxos à jusante		82.00	100.00	0.8200	- 18.00
DESEMPENHO TOTAL DOS PARÂMETROS DE VALOR DA FLEXIBILIDADE				20.4600	

FIGURA 6.19 - AUDITORIA DE AVALIAÇÃO MOD. 1013 - EMPRESA 12.IPM20

FONTE: Dados da pesquisa realizada

3 - SOBRE O DESEMPENHO TÉCNICO EM QUALIDADE DAS LINHAS DE PRODUÇÃO DO GRUPO 12.IPM20 – Para a avaliação do desempenho técnico em qualidade das linhas de fabricação do grupo, utilizou-se 17 critérios de valor, conforme demonstrado na Figura 6.20. A auditoria constatou que desses 17 critérios, apenas dois deles (**quantidade de softwares utilizados na produção e índice de absenteísmo dos empregados**), atingiram os padrões de referência estabelecidos pela empresa. Neste sentido, esses critérios representam as duas únicas metas de excelência em qualidade, alcançadas pelo grupo.

SAPROV/MA - MOD. 1014		GRUPO 12.IPM20			
AUDITORIA PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO FOLHA C					
CRITÉRIOS DE VALOR DA MANUFATURA AVANÇADA		AVALIAÇÃO			
		EFETIVO (1)	PADRÃO (2)	TAXA (1/2)	VARIAÇÃO %
Índice de rejeição		2.58	2.50	1.0320	+ 3.20
% de devoluções efetivas por questões de qualidade		0.64	0.50	1.2800	+ 28.00
Número de defeitos por lote de produção		15.50	15.00	1.0333	+ 3.33
Quantidade de retrabalho		1.10	0.80	1.3750	+ 37.50
Índice de reclamações por motivos de qualidade		2.90	2.00	1.4500	+ 45.00
% de entregas em atraso ou incompletas		0.95	0.50	1.9000	+ 90.00
Índice de reclamações do cliente por motivos de prazo		3.75	3.50	1.0714	+ 7.14
% de cancelamento dos pedidos		1.25	0.50	2.5000	+ 150.00
% dos fornecedores em "Garantia de Qualidade"		75.00	100.00	0.7500	- 25.00
Frequência das panes no processo produtivo		0.05	0.03	1.6666	+ 66.66
Quantidade de softwares utilizados na produção		3.00	3.00	1.0000	0.00
Índice de rotatividade da mão-de-obra		0.83	0.50	1.6600	+ 66.00
Índice de absenteísmo dos empregados		0.40	0.40	1.0000	0.00
Índice de acidentes no trabalho		0.07	0.05	1.4000	+ 40.00
Nota de QT atribuída pelos grupos de qualidade		8.80	10.00	0.8800	- 12.00
Nota de Higiene atribuída pelos grupos de qualidade		9.00	10.00	0.9000	- 10.00
Investimentos permanentes em P&D		7.50	10.00	0.7500	- 25.00
DESEMPENHO TOTAL DOS PARÂMETROS DE VALOR DA QUALIDADE				21.6483	

FIGURA 6.20 - AUDITORIA DE AVALIAÇÃO MOD. 1014 - EMPRESA 12.IPM20

FONTE: Dados da pesquisa realizada

Dos 15 critérios restantes, três deles apresentaram baixa variação (inferior a 10%) entre o desempenho real e o desempenho padrão, colocando-se igualmente como pontos fortes, em termos de qualidade, do sistema produtivo. É o caso do **índice de rejeição**, com 3.2% de variação; do **número de defeitos por lote de produção**, com 3.33% e; do **índice de reclamações por motivos de qualidade**, com 7.14%. Esta constatação indica o nível de seriedade do programa de TQC implantado pela empresa, cujos resultados começam a ser observados em diversos pontos da organização.

Entre os 12 critérios com desempenhos considerados muito baixos, dois deles apresentaram elevadas variações na taxa de desempenho, caracterizando assim os pontos de maior problema das linhas, no que diz respeito à qualidade. O primeiro deles diz respeito ao **percentual de cancelamento dos pedidos**, com uma variação de 150%, portanto, um dos pontos mais fracos do sistema, acompanhado do **índice de rotatividade da mão-de-obra**, que apresentou um distanciamento do resultado padrão em torno de 66%.

Este mesmo auditamento foi efetuado com relação às linhas de fabricação do Grupo 01.IAM10, ilustrado nas Figuras 6.21, 6.22 e 6.23. Observe que dos 40 critérios de valor estabelecidos para a manufatura do grupo, apenas 9 foram considerados indutores de produtividade. Do restante, 17 deles foram julgados indutores de flexibilidade e 14 foram assinalados como indutores de qualidade. As constatações resultantes desse processo podem ser apresentadas como segue:

**4 – SOBRE O DESEMPENHO TÉCNICO EM PRODUTIVIDADE DAS LINHAS DE PRODUÇÃO DO GRUPO 01.IAM10** – A auditoria sobre o desempenho em produtividade das linhas de fabricação do grupo 01.IAM10 foi realizada com base em 9 critérios de valor, também denominados "critérios de indução de produtividade". Desses critérios, apenas um deles (**percentual de perdas devidas às máquinas e equipamentos**), apresentou resultado real equivalente ao resultado padrão estabelecido, caracterizando assim a única meta de excelência, em termos de produtividade, alcançada pela empresa.

Dos critérios restante, três deles apresentaram baixa variação (inferior a 10%) entre o desempenho real e o padrão, indicando a existência de três outros pontos fortes do sistema produtivo, conforme segue: **taxa de produção por empregado**, **quantidade produzida por homem-hora** e **percentual da planta ocupada com a produção**. Estes pontos, somados ao nível de excelência alcançado pelo critério anterior, totalizam 44.4% de bom desempenho em produtividade nos sistemas analisados. Acredita-se assim, que esta situação é o

resultado das ações de melhoria contínua da produtividade implantadas pela empresa, nos anos anteriores ao período observado pela pesquisa.

Os demais critérios apresentaram desempenhos aceitáveis, de forma que, de um modo geral, as condições de produtividade das linhas analisadas estão perfeitamente sob controle.

SAPROV/MA - MOD. 1012		GRUPO 01.IAM10			
AUDITORIA PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO FOLHA A					
CRITÉRIOS DE VALOR DA MANUFATURA AVANÇADA		AVALIAÇÃO			
		EFETIVO (1)	PADRÃO (2)	TAXA (1/2)	VARIAÇÃO %
Taxa de produção por empregado		4.720	5.200	0.9076	- 9.24
Quantidade produzida por homem-hora		118.00	130.00	0.9076	- 9.24
Quantidade produzida por capital empregado		3.80	4.50	0.8444	- 15.56
Lucros sobre capital total empregado		1.45	1.70	0.8529	- 14.71
% de perdas de matérias-primas e comp. perecíveis		1.55	1.80	0.8611	- 13.89
% de perdas devidas às máquinas e equipamentos		1.40	1.40	1.0000	0.00
% da planta ocupada com a produção		68.00	75.00	0.9066	- 9.34
Cadência de produção		0.87	1.00	0.8700	- 13.00
Número de documentos no PCP		3.00	2.00	1.5000	+ 50.00
DESEMPENHO TOTAL DOS PARÂMETROS DE VALOR DA PRODUTIVIDADE				8.6502	

FIGURA 6.21 - AUDITORIA DE AVALIAÇÃO MOD. 1012 - EMPRESA 01.IAM10

FONTE: Dados da pesquisa realizada

**5 – SOBRE O DESEMPENHO TÉCNICO EM FLEXIBILIDADE DAS LINHAS DE PRODUÇÃO DO GRUPO 01.IAM10** – Para a avaliação do desempenho técnico em flexibilidade das linhas estudadas, utilizou-se 17 critérios de valor (42,5% do total), conforme mapeamento constante do formulário abaixo. Destes 17 critérios, dois deles (*números de pontos de estacarem intermediária e frequência de intervenções para manutenção*

*preventiva*), apresentaram desempenho efetivo igual ao desempenho padrão, constituindo-se nos únicos pontos fortes em flexibilidade do sistema.

SAPROVIMA - MOD. 1013		GRUPO DIAMANTO			
AUDITORIA PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO FOLHA B					
CRITÉRIOS DE VALOR DA MANUFATURA AVANÇADA		AVALIAÇÃO			
		EFETIVO (1)	PADRÃO (2)	TAXA (1/2)	VARIAÇÃO %
Programação de produção: previsto / realizado		0.85	0.99	0.8585	- 14.15
Tempo total de preparação e regulação das máquinas		2.00	1.60	1.2500	+ 25.00
Lead time total de produção		10.00	8.50	1.1764	+ 17.64
Tempo total de set-up		1.20	1.00	1.2000	+ 20.00
Tempo total de espera		0.26	0.15	1.7333	+ 73.33
% de operadores na categoria multi-funcional		72.00	100.00	0.7200	- 28.00
Prazo médio de entrega dos pedidos		2.50	2.00	1.2500	+ 25.00
Número de pontos de estocagem intermediária		1.00	1.00	1.0000	0.00
Frequência de intervenções para manutenção preventiva		2.00	2.00	1.0000	0.00
Quantidade total dos estoques de prod. em elaboração		1.50	1.00	1.5000	+ 50.00
Quantidade total dos estoques de matérias-primas		3.50	2.00	1.7500	+ 75.00
Quantidade total dos estoques de produtos acabados		1.00	0.75	1.3333	+ 33.33
Falhas nos cronogramas operacionais		1.90	1.25	1.5200	+ 52.00
% da planta ocupada com os estoques		2.00	1.50	1.3333	+ 33.00
% de sincronização dos fluxos à montante		62.00	100.00	0.6200	- 38.00
% de sincronização dos fluxos à jusante		70.00	100.00	0.7000	- 30.00
Rotatividade de clientes por distrito e por produto		0.06	0.04	1.5000	+ 50.00
DESEMPENHO TOTAL DOS PARÂMETROS DE VALOR DA FLEXIBILIDADE				20.4448	

FIGURA 6.22 - AUDITORIA DE AVALIAÇÃO MOD. 1013 - EMPRESA 01.IAM10

FONTE: Dados da pesquisa realizada

Note-se que os demais critérios assumiram diferentes e elevadas taxas de variações entre desempenho real e padrão, em valores que vão de 14.15% a 75%. Esta constatação aponta a existência de baixos níveis de flexibilidade da manufatura, traduzidos em pontos fracos do sistema produtivo. Com base nessa constatação, duas alternativas de considerações podem ser construídas: (1) ou as intervenções de melhoramento da produtividade produziram poucos efeitos nos níveis de flexibilidade das linhas; ou (2) a ocorrência desses efeitos ainda não pode ser medida, em função do tempo de implantação dessas ações.

CRITÉRIOS DE VALOR DA MANUFATURA AVANÇADA	AVALIAÇÃO			
	EFETIVO (1)	PADRÃO (2)	TAXA (1/2)	VARIAÇÃO %
Índice de rejeição	2.20	1.60	1.3750	+ 37.50
% de devoluções efetivas por questões de qualidade	1.35	1.00	1.3500	+ 35.00
Índice de reclamações por motivos de qualidade	2.80	2.50	1.1200	+ 12.00
% de entregas em atraso ou incompletas	0.55	0.30	1.8333	+ 83.33
Índice de reclamações do cliente por motivos de prazo	1.38	1.20	1.1500	+ 15.00
% de cancelamento dos pedidos	1.39	1.00	1.3900	+ 39.00
% dos fornecedores em "Garantia de Qualidade"	42.00	100.00	0.4200	- 58.00
Frequência das panes no processo produtivo	1.00	1.00	1.0000	0.00
Quantidade de softwares utilizados na produção	3.00	5.00	0.6000	- 40.00
Índice de rotatividade da mão-de-obra	0.18	0.10	1.8000	+ 80.00
Número de acidentes no trabalho	0.06	0.04	1.5000	+ 50.00
Nota de QT atribuída pelos grupos de qualidade	7.50	10.00	0.7500	- 25.00
Nota de Higiene atribuída pelos grupos de qualidade	8.90	10.00	0.8900	- 11.00
Investimentos permanentes em P&D	12.50	15.00	0.8333	- 16.66
DESEMPENHO TOTAL DOS PARÂMETROS DE VALOR DA QUALIDADE			16.0116	

FIGURA 6.23 - AUDITORIA DE AVALIAÇÃO MOD. 1014 - EMPRESA 01.IAM10

FONTE: Dados da pesquisa realizada

6 - SOBRE O DESEMPENHO TÉCNICO EM QUALIDADE DAS LINHAS DE PRODUÇÃO DO GRUPO 01.IAM10 – A auditoria para a avaliação do desempenho técnico em qualidade nestas linhas, foi realizada com base em 14 critérios de valor, conforme demonstração da Figura 6.23. Nesta ordem de considerações, um desses critérios (***frequência de panes no processo produtivo***) atingiu o nível de excelência determinado pela empresa, nas duas linhas analisadas, constituindo-se num ponto forte para a manufatura do grupo.

Dos 13 critérios restantes, todos com taxas de variação entre o desempenho real e o padrão acima de 10%, dois deles, em particular, configuram áreas de problemas para o sistema produtivo. É o caso do ***percentual de entregas em atraso ou incompletas***, que assumiu um distanciamento de 83.33% do valor padrão, e do ***índice de rotatividade da mão-de-obra***, com variação de 80%.

Contrariamente a situação anterior, referente às condições de flexibilidade, os níveis de qualidade destas linhas apresentam bons sinais de evidenciação de melhoramento, traduzidos em quatro critérios analisados, correspondentes a 28,6% do total investigado. Na verdade, além do critério que assumiu valor de excelência, três outros (***nota de higiene atribuída pelos grupos de qualidade, índice de reclamações por motivos de qualidade e índice de reclamações por motivos de prazo***), apresentaram taxas de variações elevadas, mas sob controle, em torno de 11, 12 e 15%, respectivamente.

A avaliação desses critérios de valor, permitiu a formulação parcial de uma base de dados específica sobre os sistemas de manufatura empregados, a qual será utilizada na avaliação do desempenho global da produção das unidades analisadas. Desse modo, as informações geradas foram utilizadas na aplicação dos indicadores de base do modelo, com o objetivo de avaliar o desempenho técnico e econômico da manufatura. Observe-se que estas informações são específicas das linhas estudadas, evidenciando-se portanto, o caráter exclusivo e absoluto das mesmas, para fins de uso e aplicação.

### 6.3.4 - APLICAÇÃO DOS INDICADORES DE BASE PARA A AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA MANUFATURA

O quarto e último procedimento operacional do Modelo SAPROV/MA, segundo suas instruções normativas, diz respeito à **aplicação dos indicadores de base**, cuja finalidade é a **avaliação do desempenho técnico e econômico da produção**. Para a execução desta operação, definiu-se um sistema de dados sobre a produção realizada nas cinco linhas estudadas, conforme ilustração da figura abaixo.

DADOS PARA ANÁLISE DA MANUFATURA	EMPRESA 12.IPM20			EMPRESA 01.IAM10	
	FAB.1	FAB.4	FAB.5	FAB.1	FAB.2
Número de critérios de valor da produtividade (Ncvp)	12	12	12	09	09
Número de critérios de valor da flexibilidade (Ncvf)	16	16	16	17	17
Número de critérios de valor de qualidade (Ncvq)	17	17	17	14	14
Soma total dos desempenhos dos parâmetros de valor da produtividade (Sdpp)	12.0525	12.0525	12.0525	8.6502	8.6502
Soma total dos desempenhos dos parâmetros de valor da flexibilidade (Sdppf)	20.4600	20.4600	20.4600	20.4448	20.4448
Soma total dos desempenhos dos parâmetros de valor da qualidade (Sdppq)	21.6483	21.6483	21.6483	16.0116	16.0116
Output total produzido (Otp)	124.800	137.280	162.240	169.920	207.680
Preço deflacionado da unid. de prod. vendido (Pv)	0.08	0.10	0.09	0.11	0.12
Custo total da mão-de-obra (Cmo)	3.540.0	3.894.0	4.602	4.965	6.068
Custo dos materiais empregados (Cmt)	839.00	918.50	1.120	1.430	1.698
Custo de depreciação (Ca)	325.80	358.38	423.54	432.00	528.00
Custo de máquinas e equipamentos (Cm)	119.30	131.23	155.09	148.20	181.13
Custo de ferramentas (Cf)	55.20	60.72	71.76	68.70	83.97
Custo do chão de fábrica (Cp)	48.00	52.80	62.40	57.30	70.03
Custo dos softwares utilizados (Cs)	31.50	31.50	31.50	38.70	38.70
Custo total de set-up (Cup)	65.70	65.70	65.70	72.30	72.30
Custo total de espera (Cw)	43.00	43.00	43.00	48.00	48.00
Custo de Ociosidade (Coc)	85.60	85.60	85.60	-	-
Custo de Estoques (Ci)	101.50	111.65	131.95	125.50	153.40
Custo de prevenção (Cpv)	25.50	25.50	25.50	28.10	28.10
Custo de falhas (Cdf)	34.70	34.70	34.70	42.00	42.00

FIGURA 6.24 - SISTEMA DE DADOS PARA ANÁLISE DA MANUFATURA NAS LINHAS DE PRODUÇÃO ESTUDADAS

FONTE: Dados da pesquisa realizada

As informações de custo e preço constantes na figura anterior foram coletadas através de protocolo fixo, graças ao acordo de confidencialidade firmado entre o IGIA (Institut de Gestion Internationale Agro-Alimentaire) e a alta administração das empresas envolvidas na pesquisa. Nesse sentido, todos os dados apresentados nesta sinopse passaram por um "processo de maquiamento", de modo que eles constituem apenas números representativos dos valores reais informados pelas empresas.

Na prática, os indicadores de base constituem uma matriz geral para a avaliação da produtividade, formada por 8 índices de desempenho, sendo 6 parciais e 2 globais, estando todos baseados no conceito de **produtividade vetorial da manufatura**. Esses indicadores estão denominados no modelo da seguinte forma:

- IIP Índice de Indução de Produtividade
- IIF Índice de Indução de Flexibilidade
- IIQ Índice de Indução de Qualidade
- IPVMA Índice de Produtividade Vetorial da Manufatura Avançada
- IDTP Índice de Desempenho Total em Produtividade
- IDTF Índice de Desempenho Total em Flexibilidade
- IDTQ Índice de Desempenho Total em Qualidade
- IDVMA Índice de Desempenho Vetorial da Manufatura Avançada

As operações de aplicação desses indicadores foram feitas de acordo com o Modelo de Referência SAPROV/MA 1015, utilizando como base de cálculo, as informações constantes do Sistema de Dados para Análise da Manufatura (Figura 6.24), referente às unidades de produção analisadas. Este sistema de dados, assim como os indicadores de base construídos no modelo, constituem produtos da consecução do terceiro e quarto objetivos específicos (OE.3) e (OE.4) desta pesquisa.

Desse modo e em conformidade com as instruções do modelo proposto, efetuou-se a avaliação do desempenho técnico e econômico da manufatura, nas cinco linhas de fabricação analisadas. Para cada uma das linhas, utilizou-se os oito indicadores básicos, calculando-se os resultados obtidos através de folhas específicas de cálculo. A figura abaixo ilustra a execução operacional desses indicadores, bem como suas respectivas configurações de cálculo, para as linhas de fabricação da empresa 12.IPM20.

EMPRESA 12.IPM20	CONFIGURAÇÃO DE CÁLCULOS E RESULTADOS		
	LINHA 1	LINHA 4	LINHA 5
<b>ÍNDICE DE INDUÇÃO DE PRODUTIVIDADE</b> $IIP = (Sdpp \div Ncvp) \times 100$	$IIP = (12.0525 \div 12) \times 100$ $IIP = 100.43$	$IIP = (12.0525 \div 12) \times 100$ $IIP = 100.43$	$IIP = (12.0525 \div 12) \times 100$ $IIP = 100.43$
<b>ÍNDICE DE INDUÇÃO DE FLEXIBILIDADE</b> $IIF = (Sdpp \div Ncvf) \times 100$	$IIF = (20.4600 \div 16) \times 100$ $IIF = 127.87$	$IIF = (20.4600 \div 16) \times 100$ $IIF = 127.87$	$IIF = (20.4600 \div 16) \times 100$ $IIF = 127.87$
<b>ÍNDICE DE INDUÇÃO DE QUALIDADE</b> $IIQ = (Sdpp \div Ncvq) \times 100$	$IIQ = (21.6483 \div 17) \times 100$ $IIQ = 127.34$	$IIQ = (21.6483 \div 17) \times 100$ $IIQ = 127.34$	$IIQ = (21.6483 \div 17) \times 100$ $IIQ = 127.34$
<b>ÍNDICE DE PRODUTIVIDADE VETORIAL DA MANUFATURA AVANÇADA</b> $IPVMA = Otp \div \{ Otp \times [(IIP \times IIF \times IIQ) \div 100] \} \times 100$	$IPVMA = (124.800) \div (124.800 \times 1.6352) \times 100$ $IPVMA = 61.15$	$IPVMA = (137.280) \div (137.280 \times 1.6352) \times 100$ $IPVMA = 61.15$	$IPVMA = (162.240) \div (162.240 \times 1.6352) \times 100$ $IPVMA = 61.15$
<b>ÍNDICE DE DESEMPENHO TOTAL EM PRODUTIVIDADE</b> $IDTP = [Otp \times Pv] \div [\sum (Cmo + Cmt + Ca + Cm + Cf + Cp + Cs) \times (IIP \div 100)]$	$IDTP = (124.800 \times 0.08) \div (4.958.80 \times 1.0043)$ $IDTP = 2.00$	$IDTP = (137.280 \times 0.10) \div (5.447.13 \times 1.0043)$ $IDTP = 2.51$	$IDTP = (162.240 \times 0.09) \div (6.466.29 \times 1.0043)$ $IDTP = 2.25$
<b>ÍNDICE DE DESEMPENHO TOTAL EM FLEXIBILIDADE</b> $IDTF = [Otp \times Pv] \div [\sum (Cup + Cw + Coc + Ci) \times (IIF \div 100)]$	$IDTF = (124.800 \times 0.08) \div (295.80 \times 1.2787)$ $IDTF = 26.39$	$IDTF = (137.280 \times 0.10) \div (305.95 \times 1.2787)$ $IDTF = 35.09$	$IDTF = (162.240 \times 0.09) \div (326.25 \times 1.2787)$ $IDTF = 35.00$
<b>ÍNDICE DE DESEMPENHO TOTAL EM QUALIDADE</b> $IDTQ = [Otp \times Pv] \div [\sum (Cpv + Cdf) \times (IIQ \div 100)]$	$IDTQ = (124.800 \times 0.08) \div (60.20 \times 1.2734)$ $IDTQ = 130.24$	$IDTQ = (137.280 \times 0.10) \div (60.20 \times 1.2734)$ $IDTQ = 179.07$	$IDTQ = (162.240 \times 0.09) \div (60.20 \times 1.2734)$ $IDTQ = 190.47$
<b>ÍNDICE DE DESEMPENHO VETORIAL DA MANUFATURA AVANÇADA</b> $IDVMA = [Otp \times Pv] \div [\sum (CP \times (IIP \div 100) + CF \times (IIF \div 100) + CQ \times (IIQ \div 100))]$	$IDVMA = (124.800 \times 0.08) \div (4.980.12 + 378.24 + 76.66)$ $IDVMA = 1.84$	$IDVMA = (137.280 \times 0.10) \div (5.470.55 + 391.21 + 76.66)$ $IDVMA = 2.31$	$IDVMA = (162.240 \times 0.09) \div (6.494.09 + 417.17 + 76.66)$ $IDVMA = 2.09$

FIGURA 6.25 - APLICAÇÃO DOS INDICADORES BÁSICOS – FOLHA DE CÁLCULO DA EMPRESA 12.IPM20

FONTE: Dados da pesquisa realizada

Observe-se que o desempenho técnico das linhas foi medido através dos quatro primeiros indicadores, sendo que três deles (IIP, IIF e IIQ) correspondem a medidas parciais e apenas um (IPVMA), constitui uma medida global de produtividade. Tanto para as medidas parciais, quanto para o indicador global, utilizou-se uma base de cálculo comum para as três linhas de fabricação, em conformidade com a auditoria dos dados (seção 6.3.4), que considerou serem similares, as características operacionais e tecnológicas dessas linhas.

O **Índice de indução de produtividade**, que indica a diferença ou o distanciamento entre a produtividade programada para o sistema e a produtividade efetivamente alcançada, apresentou um resultado médio equivalente a 100.43. Este resultado indica a existência de um diferencial de produtividade (produtividade padrão menos produtividade efetiva) em torno de 0.43%, o que caracteriza uma boa medida de desempenho. Note-se que esta medida está bastante próxima da medida padrão (IIP = 100), apontando assim a excelente reação da empresa às ações de melhoramento da produtividade, nas três linhas de produção analisadas.

Com relação ao **Índice de indução de flexibilidade**, o resultado alcançado apontou uma diferença média de 27.87% entre a flexibilidade programada e a flexibilidade efetiva, indicando assim um considerável nível de falhas na capacidade reativa da empresa. Este resultado indica também uma certa incongruência entre as ações de melhoramento da produtividade, de um lado, e as de melhoria da flexibilidade, do outro, ilustrando a incapacidade da empresa de produzir melhoramentos simultâneos nos diferentes aspectos da estrutura produtiva.

O **Índice de indução de qualidade**, por sua vez, apresentou um resultado correspondente a 127.34, induzindo uma diferença média entre a qualidade padrão e a qualidade efetiva em torno de 27.34%. Observe-se que este resultado é bastante próximo do resultado assumido pelo IIF, o que indica a existência de uma forte correlação entre as intervenções de melhoria da flexibilidade e as ações de TQC, implantadas pela empresa.

O **Índice de produtividade vetorial da manufatura avançada** indica a relação entre a produção total efetiva e o padrão de excelência produtiva. O padrão de excelência é determinado pela organização, estando expresso na equação através dos indicadores IIP, IIF e IIQ. Para o caso das linhas analisadas, este índice foi de 61.15, indicando que foram alcançadas mais de 60% das metas de excelência, estabelecidas pela empresa. Conforme salientado, o IPVMA é uma medida global e vetorial do desempenho técnico da manufatura, de modo que este resultado constitui um vetor técnico de atributos, referente a produção realizada em cada uma das linhas de fabricação estudadas.

Do ponto de vista da avaliação e acompanhamento da produção, a aplicação destes indicadores constitui apenas um exercício parcial de avaliação. Na verdade, os resultados verificados devem ser continuamente controlados e comparados no tempo, através de igual exercício de avaliação, com periodicidade curta (mensal, bimestral ou trimestral). Nesse sentido, o modelo permite tanto a comparação sistematizada e dinâmica dos resultados alcançados, para fins de avaliação e tomada de decisões, quanto o ajustamento de critérios e parâmetros julgados pertinentes ao processo de avaliação.

O desempenho econômico das linhas foi medido através dos quatro últimos indicadores (IDTP, IDTF, IDTQ e IDVMA), sendo que os três primeiros constituem medidas parciais de produtividade econômica e, o último, uma medida global de desempenho.

O **Índice de desempenho total em produtividade** estabelece a relação entre o resultado total da produção e os custos específicos de produtividade. Observe-se que o somatório destes custos constitui um vetor de atributos da linha de fabricação, na medida em que os seus valores são ponderados pelo índice de indução em produtividade. De acordo com a folha de cálculo da Figura 6.25, os valores de IDTP calculados para as linhas 1, 4 e 5, indicam que o resultado econômico da produção, nestas linhas, cobrem 2.00, 2.51 e 2.25 vezes o montante de seus custos de produtividade, respectivamente.

Em se tratando de um indicador econômico de produtividade, que relaciona receitas e despesas de produção, a presença do IIP na equação do IDTP tem a função de um fator de ponderação, cujo valor representa o indutor de atributos referente as metas de excelência em produtividade, estabelecidas para as unidades de produção em referência. Nesse sentido, quanto mais próximo estiver o IIP de seu valor padrão (IIP = 100), maior será o resultado apontado pelo IDTP. Nesta mesma ordem de consideração, uma diminuição dos custos de produtividade fará com que a relação expressa pelo IDTP seja maior.

O **Índice de desempenho total em flexibilidade** é uma medida parcial de produtividade, que aponta a relação entre o valor total da produção e o custos de flexibilidade do sistema produtivo. Este indicador assume a mesma lógica de operação do IDTP, tendo seu valor ponderado pelos atributos de excelência em flexibilidade, definidos pela empresa. Os resultados verificados de 26.39, 35.09 e 35.00 para as linhas de fabricação 1, 4 e 5, respectivamente, indicam a proporção em que os custos ponderados de flexibilidade, foram cobertos pela produção realizada.

No limite de alcance dos padrões de excelência da empresa, esta relação seria dada apenas pelos valores da produção e dos custos. Considerando a tendência de redução permanente destes últimos, em função das ações de melhoramento da flexibilidade do sistema, pode-se aferir que o resultado do IDTF deve apresentar variações positivas, nos sucessivos intervalos do exercício de avaliação.

O **Índice de desempenho total em qualidade** é também uma medida parcial de produtividade, que indica o desempenho econômico relacionado com o valor da produção e os custos de qualidade da linha de fabricação. A aplicação do IDTQ nas

unidades analisadas, apontou desempenhos de 130.24, 179.07 e 190.47, para as linhas de produção 1, 4 e 5, respectivamente, conforme ilustração da Figura 6.25.

Estes resultados revelam a proporção em que os custos de qualidade foram cobertos pelo valor da produção, constituindo-se em indicadores do sistema de qualidade, para cada uma das linhas estudadas. Assim sendo, o controle e monitoramento do comportamento desses números, pressupõe a sistematização do exercício periódico de avaliação, que permitirá a comparação, no tempo, dos resultados alcançados em cada processo avaliativo.

O **índice de desempenho vetorial da manufatura avançada** é uma medida global e vetorial de produtividade econômica do sistema produtivo, que indica a relação entre o valor total da produção e o montante dos custos gerados pelo sistema de manufatura. A estrutura de custos, organizada de acordo com a natureza operacional de seus valores (de produtividade, de flexibilidade e de qualidade), foi ponderada em função de seus respectivos indicadores técnicos, quais sejam, o IIP, o IIF e o IIQ. Desse modo, os resultados alcançados pelo IDVMA devem ser interpretados como vetores de atributos econômicos das linhas de produção, na medida em que refletem, também, a inferência dos critérios de valor estabelecidos, para cada linha em particular.

Dos resultados obtidos (1.84, 2.31 e 2.09, para as linhas 1, 4 e 5, respectivamente), o melhor deles é, sem dúvida, o da linha de fabricação 4. Este resultado indica que as receitas de produção da linha, cobrem 2.31 vezes, os custos requeridos em seu processo de fabricação.

Este mesmo processo avaliativo foi efetuado em relação as linhas de fabricação da empresa 01.IAM10, conforme demonstração da folha de cálculo apresentada na Figura 6.26. A rede de indicadores, formada por oito índices, foi operacionalizada sobre os resultados técnicos e econômicos das duas unidades de produção, com o objetivo de testar e validar os parâmetros do modelo proposto.

EMPRESA 01.IAM10 INDICADORES	CONFIGURAÇÃO DE CÁLCULOS E RESULTADOS	
	LINHA 1	LINHA 2
ÍNDICE DE INDUÇÃO DE PRODUTIVIDADE $IIP = (Sdpp \div Ncvp) \times 100$	$IIP = (8.6502 \div 9) \times 100$ IIP = 96.11	$IIP = (8.6502 \div 9) \times 100$ IIP = 96.11
ÍNDICE DE INDUÇÃO DE FLEXIBILIDADE $IIF = (Sdpp \div Ncvf) \times 100$	$IIF = (20.4448 \div 17) \times 100$ IIF = 120.26	$IIF = (20.4448 \div 17) \times 100$ IIF = 120.26
ÍNDICE DE INDUÇÃO DE QUALIDADE $IIQ = (Sdppq \div Ncvq) \times 100$	$IIQ = (16.0116 \div 14) \times 100$ IIQ = 114.37	$IIQ = (16.0116 \div 14) \times 100$ IIQ = 114.37
ÍNDICE DE PRODUTIVIDADE VETORIAL DA MANUFATURA AVANÇADA $IPVMA = Otp \div \{ Otp \times [ (IIP \times IIF \times IIQ) \div 100^3 ] \} \times 100$	$IPVMA = 169.920 \div (169.920 \times$ $1.3219) \times 100$ IPVMA = 75.65	$IPVMA = (207.680) \div (207.680$ $\times 1.3219) \times 100$ IPVMA = 75.65
ÍNDICE DE DESEMPENHO TOTAL EM PRODUTIVIDADE $IDTP = [Otp \times Pv] \div [ \sum (Cmo + Cmt + Ca + Cm + Cf +$ $Cp + Cs) \times (IIP \div 100) ]$	$IDTP = (169.920 \times 0.11) \div$ $(7.139.90 \times 0.9611)$ IDTP = 2.72	$IDTP = (207.680 \times 0.12) \div$ $(8.667.83 \times 0.9611)$ IDTP = 2.99
ÍNDICE DE DESEMPENHO TOTAL EM FLEXIBILIDADE $IDTF = [Otp \times Pv] \div [ \sum (Cup + Cw + Coc + Ci) \times (IIF \div$ $100) ]$	$IDTF = (169.920 \times 0.11) \div$ $(245.80 \times 1.2026)$ IDTF = 63.23	$IDTF = (207.680 \times 0.12) \div$ $(273.70 \times 1.2026)$ IDTF = 75.71
ÍNDICE DE DESEMPENHO TOTAL EM QUALIDADE $IDTQ = [Otp \times Pv] \div [ \sum (Cpv + Cdf) \times (IIQ \div 100) ]$	$IDTQ = (169.920 \times 0.11) \div$ $(70.10 \times 1.1437)$ IDTQ = 233.14	$IDTQ = (207.680 \times 0.12) \div$ $(70.10 \times 1.1437)$ IDTQ = 310.86
ÍNDICE DE DESEMPENHO VETORIAL DA MANUFATURA AVANÇADA $IDVMA = [Otp \times Pv] \div [ CP \times (IIP \div 100) + CF \times (IIF \div$ $100) + CQ \times (IIQ \div 100) ]$	$IDVMA = (169.920 \times 0.11) \div$ $(6.862.15 + 295.60 + 80.17)$ IDVMA = 2.58	$IDVMA = (137.280 \times 0.12) \div$ $(5.330.65 + 329.15 + 80.17)$ IDVMA = 1.88

FIGURA 8.26 - APLICAÇÃO DOS INDICADORES BÁSICOS – FOLHA DE CÁLCULO  
DA EMPRESA 01.IAM10

FONTE: Dados da pesquisa realizada

Para as duas linhas analisadas, o *Índice de indução de produtividade* apresentou resultado equivalente a 96.11, indicando um distanciamento de -3.89 % entre a produtividade padrão da empresa e a produtividade real. Este resultado, bastante próximo das metas de excelência das linhas (IIP = 100), indica o bom concurso do programa de melhoramento da produtividade, implantado pelo grupo.

No que diz respeito ao *Índice de indução de flexibilidade*, o resultado constatado para as duas linhas foi de 120.26, o que mostra que os níveis de flexibilidade das linhas apresenta uma incongruência de cerca de 26%, em relação à reatividade programada da empresa. Note-se que este resultado é bastante diferente daquele alcançado pelo IIP, expressando dessa forma, a baixa relação existente entre os indicadores de produtividade e de flexibilidade das linhas analisadas.

No caso do **índice de indução de qualidade**, o resultado obtido (114.37) apontou um distanciamento de 14.37% entre os níveis reais de qualidade e o padrão de excelência determinado pela empresa. Constata-se assim, que o concurso dos objetivos de qualidade da empresa está bem mais próximo da meta prevista (IIQ = 100), do que aquele demonstrado pelo IIF.

Conforme colocado anteriormente, estes resultados constituem indicadores técnicos para a avaliação do desempenho das linhas analisadas, de modo que o processo avaliativo deve definir instâncias de comparação, no tempo, para os respectivos valores obtidos.

Em consonância com essas medidas parciais de produtividade, calculou-se o **índice de produtividade vetorial da manufatura avançada**, o qual apontou um resultado de 75.65, para as duas linhas em referência. Nesta ordem de consideração, o valor obtido mostra que foram alcançadas mais de 75% das metas de "excelência produtiva" das linhas, de modo que a produtividade global dos sistemas de fabricação é, em média, 24.35% menor que aquela prevista pela administração.

Para a avaliação do desempenho econômico, utilizou-se igualmente quatro indicadores específicos do modelo SAPROV/MA, cujos resultados são mostrados como segue. O **índice de desempenho total em produtividade** apresentou resultados de 2.72 e 2.99, para as linhas de fabricação 1 e 2, respectivamente. Estes números indicam o nível de produtividade dos atributos gerados pelos sistemas de manufatura, considerados apenas a produção obtida e os custos específicos de produtividade do sistema.

Observe-se que estes valores são superiores aos resultados de IDTP calculados para as linhas de fabricação do grupo 12.IPM.20, o que poderia significar que a manufatura do grupo 01.IAM10, apresenta melhor desempenho em produtividade, que a do outro grupo em referência. Ressalta-se, porém, que esse critério de comparação somente seria válido, se os sistemas de produção dos dois grupos apresentassem as mesmas configurações tecnológicas de produto e de processo, conforme salientado anteriormente.

Com relação ao **índice de desempenho total em flexibilidade**, os resultados obtidos de 63.23 e 75.71, para as linhas de produção 1 e 2, respectivamente, foram igualmente superiores àqueles obtidos pelas linhas do grupo 12.IPM20. Em função das particularidades do modelo, os índices calculados constituem indicadores específicos de cada linha, não sendo recomendado, portanto, a comparação entre indicadores de linhas de fabricação diferentes. Assim sendo, o processo avaliativo deve ocorrer entre os indicadores de uma mesma linha

(em diversos exercícios de avaliação), ou entre indicadores de linhas com sistemas operacionais similares.

No que diz respeito ao **índice de desempenho total em qualidade**, os resultados alcançados foram de 233.14, para a fabricação 1 e de 310.86, para a fabricação 2. Como pode ser observado, estes valores permitem a identificação do nível dos custos de qualidade das linhas, em relação ao valor econômico da produção realizada.

O **índice de desempenho vetorial da manufatura avançada** mostrou que a relação entre os atributos gerados e os critérios de fabricação requeridos, é positiva nas duas linhas de produção, na seguinte proporção: 2.58 na linha 1 e, 1.88 na linha 2. Assim sendo, estes índices correspondem à produtividade econômica, global e vetorial das linhas analisadas, devendo ser utilizados como vetores de atributos das respectivas linhas, para fins de avaliação periódica de seus desempenhos.

#### 6.4 - CONCLUSÕES DO CAPÍTULO

Em função das características metodológicas deste trabalho, o exercício de apresentação e análise dos resultados da pesquisa corresponde, na prática, ao processo de aplicação e teste do modelo proposto. Desse modo, as considerações extraídas desse processo, estão muito mais relacionadas com a execução efetiva de seus quatro procedimentos operacionais, do que mesmo com o comportamento dos dados numéricos, decorrentes desta aplicação.

Neste sentido, observou-se que os procedimentos técnicos do modelo SAPROV/MA são de fácil de operacionalidade, não apresentando nenhuma dificuldade que possa ser considerada restritiva, no conjunto de suas operações de execução. Tratam-se, na verdade, de procedimentos simples de avaliação, que formam um sistema lógico e agregado, voltado à análise e verificação da produtividade global de uma estrutura produtiva.

A experiência de aplicação nas cinco linhas analisadas, constatou que o processo avaliativo pertinente ao modelo, apresenta basicamente duas dimensões: uma dimensão técnica e uma econômica. Essas dimensões, apesar de integrarem conceitos e indicadores diferentes, estão inter-relacionadas quanto aos objetivos do modelo, de modo que não podem ser utilizadas em separado, sob quaisquer hipóteses.

No que diz respeito à dimensão técnica, constatou-se a possibilidade de que várias linhas de fabricação de uma mesma empresa, comportando características organizacionais e tecnológicas similares, possam ser avaliadas conjuntamente, sem prejuízo ou restrição de valores para as variáveis consideradas. Neste aspecto, a condição estabelecida é a de que sejam definidos critérios de valor idênticos, para os sistemas em análise.

Observou-se igualmente, que a avaliação de desempenho com base em critérios de valor, constitui um processo sobretudo dinâmico e flexível de aferição de resultados, dadas as características de seus procedimentos operacionais. Assim sendo, esse processo permite o livre cambiamento (inclusão e exclusão) de variáveis, mantendo inalterada a estrutura de avaliação do modelo. A formatação do número de critérios de valor, por exemplo, ou mesmo o parâmetro de excelência desses critérios, constituem um exercício dinâmico e flexível de definição, à ser administrado pelas equipes de avaliação.

Uma outra conclusão importante, já salientada na seção anterior, é que este processo avaliativo requer a comparação, no tempo, dos resultados obtidos, com aqueles verificados em outros exercícios de avaliação. Para fins de validade e sustentação do processo, esta comparação deve ocorrer entre os indicadores de uma mesma linha de produção e, nunca, entre os indicadores de linhas diferentes.

## SÉTIMO CAPÍTULO

### CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS

**"O primado da produtividade organizacional sobre a produtividade tradicional dos recursos ou das operações se afirma por todas as partes, como uma questão irreversível."**

*Philippe Zarifian, 1994*

De acordo com os critérios de organização adotados neste trabalho, cada capítulo foi estruturado de modo a incluir, em suas páginas finais, as conclusões emanadas de seu conteúdo. Esta ordem de sistematização permitiu com que cada capítulo apresentasse, de modo particular e específico, as considerações conclusivas pertinentes ao conteúdo investigado. Assim sendo, o presente capítulo apresenta apenas um resumo destas principais considerações, apontando igualmente as recomendações finais decorrentes da execução deste estudo.

As avaliações e análises produzidas no primeiro e segundo capítulo, apontaram as características e especificidades das evoluções recentes do mundo produtivo, explicitando os enfoques mais importantes registrados na literatura. Observa-se, em primeiro lugar, que o acirramento da concorrência e a internacionalização da oferta de produtos, produziram cambiamentiamentos profundos no ambiente, como por exemplo, a extinção das reservas de mercado e a explosão competitiva entre diversos países do planeta.

Em segundo lugar, constata-se que o processo de internacionalização dos mercados impulsionou a geração de economias de escalas em diversos processos produtivos, estimulou o aumento dos investimentos em P&D e desenvolveu a idéia do pronto atendimento ao cliente, mesmo nos casos em que este cliente se decida a operar no estrangeiro. Sob a pressão do marketing, cuja idealização é a de satisfazer, da melhor maneira possível, as necessidades de cada segmento da

clientela, o sistema de produção e de distribuição deve ser capaz de levar em consideração uma variedade de produtos cada vez maior, mantendo constante os custos de revenda.

Neste ambiente em plena evolução, as empresas estão sendo obrigadas a imporem novos objetivos aos seus sistemas logísticos, como por exemplo, a diminuição dos tempos de resposta (prazo de entrega aos clientes, tempo de concepção de novos produtos); a redução dos custos de fabricação, através da eliminação dos desperdícios e disfuncionamentos operacionais; a obtenção de excelência na qualidade dos produtos, o aperfeiçoamento dos serviços ao cliente; etc.

Paralelamente ao desenvolvimento das novas formas de gestão, presencia-se a eclosão das novas tecnologias, que modificam sensivelmente os modos de produção, bem como as regras de funcionamento dos sistemas logísticos. Nesta ordem de consideração, verifica-se o re-aparelhamento tecnológico dos sistemas produtivos, através dos novos *softwares*, *hardwares* e *humanwares* de produção. Essas tecnologias começam com a **máquina de comando numérico**, passam pela **manufatura acompanhada por computador** e os **robôs**, chegando à **fábrica flexível**, que permite uma automatização completa dos processos de produção.

A avaliação do desempenho desses novos sistemas produtivos, impôs modificações importantes nos mecanismos de apuração e gestão dos custos, estimulando a definição de novas medidas de produtividade, conforme a análise desenvolvida no terceiro capítulo deste trabalho. Neste sentido, surgiram o sistema de custeio baseado na atividade (ABC), o modelo de custos RWSC e RISC para análise da manufatura avançada, o sistema *benchmarking* de indicadores de avaliação, além de diversos outros modelos matemáticos de medida e avaliação do desempenho.

De um modo geral, considera-se bastante expressivo o avanço produzido no campo da avaliação econômica dos modernos sistemas produtivos, uma vez que estas contribuições constituem abordagens básicas para apoiar outros estudos e pesquisas em andamento. Considera-se outrossim, que estas contribuições são ainda de natureza bastante generalista, adequando pouca especificidade no que diz respeito a configuração tecnológica do novo modo de produzir.

Sabe-se, por exemplo, que a medida de desempenho de um sistema produtivo, deve refletir a natureza do processo de fabricação utilizado, bem como o tipo de tecnologia empregado, de modo que diversas categorias de indústrias e de processos, podem requerer diferentes sistemas de medidas, conforme os interesses e especificidades da análise em questão.

No limite desta constatação, o estudo em pauta investigou os parâmetros de medida do desempenho de sistemas avançados de produção na indústria de alimentos, caracterizando as especificidades tecnológicas desta indústria, assim como as variáveis de avaliação que lhes são pertinentes. A análise apresentada no quarto capítulo deste trabalho, aponta as particularidades da indústria, as adaptações de AMT's aos sistemas operacionais em uso e a definição dos novos conceitos de produção na indústria alimentar.

A partir das análises e discussões produzidas nestes quatro primeiros capítulos, associadas às observações empíricas realizadas sobre oito linhas de fabricação da indústria, definiu-se o delineamento de um sistema de avaliação do desempenho para a manufatura avançada da indústria de alimentos, conforme demonstrado na primeira parte do quinto capítulo. O sistema SAPROV/MA, assim denominado no trabalho, corresponde, na verdade, a uma metodologia específica de avaliação, onde o conceito de desempenho é definido como um vetor de atributos.

O enfoque central do modelo reside na idéia de que a medida de desempenho de um sistema avançado de produção, deve constituir uma unidade vetorial de produtividade, indexada aos parâmetros de valor das tecnologias empregadas pela estrutura produtiva. O modelo considera que estes parâmetros de valor representam os elementos caracterizadores da manufatura, podendo ser agrupados em três classes distintas de avaliação: os critérios de valor da produtividade física do sistema, os critérios de valor da flexibilidade operacional da estrutura produtiva e os critérios de valor da qualidade obtida pelo sistema produtivo.

A aplicação e teste do sistema SAPROV/MA, mostrados no sexto capítulo, indicaram algumas vantagens e pertinências importantes do modelo proposto, as quais podem ser citadas resumidamente como segue:

- O sistema SAPROV/MA permite estabelecer indicadores específicos de desempenho para as unidades de fabricação analisadas, tanto ao nível das medidas parciais, quanto ao nível das medidas globais.
- A execução do processo avaliativo ocorre nas duas dimensões do desempenho, ou seja, o sistema permite que sejam avaliados tanto o desempenho técnico, quanto o desempenho econômico da manufatura.
- O sistema proposto possui uma estrutura dinâmica e flexível de avaliação, de modo que os parâmetros de valor definidos no modelo

podem ser modificados e/ou ajustados, conforme as necessidades requeridas.

– O processo avaliativo possui uma estrutura simples, comportando apenas quatro procedimentos operacionais, sendo portanto, de fácil uso e aplicação.

Dessa forma, tanto o objetivo geral da pesquisa, quanto os objetivos específicos OE.1, OE.2, OE.3 e OE.4, foram prontamente alcançados, nas diferentes etapas do estudo realizado. A consecução destes objetivos encontra-se desenvolvida e mostrada no trabalho na seguinte ordem de seqüência:

NATUREZA DO OBJETIVO	DESCRIÇÃO	ORDEM DE INSERÇÃO NO TRABALHO
OBJETIVO GERAL	Estabelecer um sistema de avaliação da produtividade, tendo como unidade de referência os sistemas avançados de produção, a fim de permitir uma gestão adequada da manufatura avançada na indústria de alimentos.	Capítulo VI, seção 6.3.4
OBJETIVO ESPECÍFICO OE.1	Definir uma tipologia dos sistemas de produção na indústria agro-alimentar, com base nas características de suas configurações organizacionais e tecnológicas.	Capítulos IV e VI, seções 4.4.1, 4.4.2 e 6.2.2
OBJETIVO ESPECÍFICO OE.2	Identificar as principais medidas de desempenho utilizadas pela indústria de alimentos, verificando a correlação existente entre esses indicadores e as técnicas de manufatura utilizadas.	Capítulo VI, seção 6.2.3
OBJETIVO ESPECÍFICO OE.3	Estabelecer uma rede de indicadores parciais de desempenho, logicamente combinados com os paradigmas dos novos métodos de produção, de modo a permitir a elaboração e teste de um sistema de avaliação do desempenho global, em um ambiente de manufatura avançada.	Capítulo VI, seção 6.3.4
OBJETIVO ESPECÍFICO OE.4	Determinar os parâmetros de mensuração do desempenho global de um sistema produtivo, de modo que estes parâmetros sejam funções das AMT's incorporadas pelo sistema.	Capítulo VI, seção 6.3.4

A experiência de realização deste trabalho suscita algumas recomendações importantes, sobretudo no que diz respeito às futuras pesquisas sobre o assunto. Conforme citado anteriormente, o sistema SAPROV/MA constitui um modelo específico de avaliação do desempenho, cujas variáveis estão essencialmente voltadas para os sistemas de fabricação modernos da indústria de alimentos. Neste sentido, o uso do presente modelo para a avaliação de outros tipos de manufatura,

demandará necessariamente algumas modificações na estrutura de suas variáveis e de seus parâmetros de medida.

A aplicação do modelo proposto em outros setores da indústria, como o têxtil, o metal-mecânico, o de confecções, etc, deverá constituir objeto de novos estudos e pesquisas, a fim de verificar o estado da arte sobre esse tipo de conhecimento nestes setores, assim como para testar e validar os princípios e conceitos fundamentais que compõem o modelo SAPROV/MA.

No contexto destas recomendações, pode-se apresentar uma metodologia de implantação do modelo, levando em consideração alguns critérios básicos e comuns aos diversos tipos de organizações da indústria. Esses procedimentos metodológicos constituem operações gerais de implementação operacional do modelo e podem ser sintetizados da seguinte forma:

## METODOLOGIA DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA SAPROV/MA

---

### PROCEDIMENTOS

### INSTRUÇÃO NORMATIVA

① - Formação da equipe de avaliação.

Os avaliadores devem estar sintonizados com os princípios, as metas e os valores da organização. O formato da equipe deve incluir o gerente de produção e de engenharia e um representante da alta administração da empresa.

② - Definição da base de dados.

O processo de auditoria e avaliação proposto no modelo SAPROV/MA, pressupõe a definição de um sistema de dados confiável acerca do sub-sistema de manufatura da organização. A qualidade dessa informação constitui um parâmetro importante do processo avaliativo, garantindo a validade e segurança dos indicadores construídos.

③ - Análise qualitativa consistente dos indicadores de avaliação

A análise dos indicadores propostos deve privilegiar critérios de referência previamente estabelecidos, de modo a sistematizar o cenário de avaliação desejado pela empresa. Alguns desses critérios estão referenciados nos próprios princípios que norteiam o modelo, podendo ser apresentados como segue:

- Os índices globais (IPVMA e IDVMA) funcionam como balizadores dos resultados técnico e econômico da manufatura, de tal forma que as ações de intervenção gerencial devem ser desenhadas em função dos resultados demonstrados pelos indicadores parciais.

- Os indicadores e variáveis trabalhados no processo de avaliação devem assumir uma natureza dinâmica, de modo que suas tipologias possam ser alteradas e/ou modificadas.

- Em determinadas situações, a equipe de avaliação

poderá proceder uma eliminação de possíveis redundâncias entre os indicadores, calculando as correlações existentes entre eles. Este procedimento poderá enxugar melhor o modelo, ajustando-o às especificidades da organização.

- O terceiro procedimento operacional do modelo, que trata do processo de auditoria dos parâmetros de valor da manufatura, poderá ser efetuado através da utilização de benchmark ideal ou setorial por indicadores.

Outra recomendação importante está relacionada com a pesquisa acerca dos sistemas de custos para análise da manufatura avançada. No entendimento geral deste trabalho, trata-se ainda de uma questão a ser investigada com bastante cuidado, haja visto sua importância para os estudos sobre a avaliação econômica dos novos métodos de produção.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADLER, P. S. Managing flexible automation. **California Management Review**, spring, pp.34-56, 1988.
- AGRA ALIMENTATION. Les decideurs de l'industrie alimentaire. 4 ed., Paris, **Agra Alimentation**, 1992
- ALY, A. A. e SUBRAMANIAM, M. Design of an FMS decision support system. **International Journal of Production Research**, v. 31, n° 10, pp.2257-2273, 1993.
- AOKI, M. Management japonais. **Problèmes Économiques**, n° 2225, mai, 1991.
- ARMITAGE, Howard M. e ATKINSON, Anthony A. The choice of productivity measures in organizations. In: KAPLAN, Robert S. (ccord). **Measures for manufacturing excellence**. Boston, Harvard Business School Press, 1990.
- BERKLEY, B. J. Testing minimum performance levels for kanban-controlled lines. **International Journal of Production Research**, v. 32, n° 1, pp.93-109, 1994.
- BERNOUÏS, C. e BÉGUÉ, Christopher. La prévision des ventes dans les entreprises: enjeux, contexte et pratique. **Économie et Gestion Agro-Alimentaire**, n° 26, jan., 1993.
- BLALOCK, H. **Introduction à la recherche sociale**. Gembloux, Duculot, 1973.
- BLANCHÉ, R. **La méthode expérimentale et la philosophie de la phisyque**. Paris, Armand Collin, 1969.
- BOISVERT, Hugues. **Le contrôle de gestion: vers une pratique renouvelée**. Montreal, Edition ERPI, 1991.
- BOUNINE, Jean e SUZAKI, Kiyoshi. **Produire juste à temps: les sources de la productivité industrielle japonaise**. (4 tir), Paris, Masson, 1989.
- BOUDON, Raymond. **L'ideologie ou l'origine des idées reçues**. Paris, FAYARD, 1986.
- BOYST, Bill e BELT Bill. Où faut-il placer vos kanbans? **Revue Française de Gestion**, n° 4, pp.33-47, 1992.
- BRIMSON, J. A. Bringing cost management up to data. **Manufacturing Engineering**, jun., pp.49-51, 1988.

- BRUYNE, Paul de, HERMAN, Jacques e SCHOUTHEETE, Marc de. **Dinâmica da pesquisa em ciências sociais: os polos da prática metodológica**. 3ª edição, Rio de Janeiro, Francisco Alves, 1982.
- BUFFA, Elwood S. **Operations management, problems and models**. London, Wiley, 1968.
- ----- e SARIN Rakesh K. **Modern production / operations management**. 8 ed., John Wiley & Sons, 1987.
- BUNGE, M. **Scientific Research**, Berlin, Springer, 1967.
- BYRKETT, D. L., OZDEN, M. H. e PATTON, J. M. Integrating flexible manufacturing systems with traditional manufacturing, planning, and control. **Production and Inventory Management Journal**, v. 29, pp.15-21, 1988.
- CARILLON, Jean-Philippe. **Juste-à-temps dans la gestion des flux industriels**. Paris, Hommes et Techniques, 1986.
- CHASE, R. B. Where does the customer fit in a service operation? **Harvard Business Review**, nov.-dec., 1978.
- CHU, Chao-Hsien e SHIH Wei-Ling. Simulation studies in JIT production. **International Journal of Production Research**, v. 30, nº 11, pp.2573-2586, 1992.
- COHENDET, P. e LIERENA, P. Réduire les délais de réaction pour améliorer la production. **Revue Française de Gestion**. jan.-fév., 1988.
- COMBEMALE, Pascal e PARIENTY, Arnaud. **La productivité: analyse de la rentabilité, de l'efficacité et de la productivité**. Paris, Éditions Nathan, 1993.
- CONNOR, M. John et al. **The food manufacturing industries: structure, strategies, performance and policies**. D.C. Heath and Company. Massachusetts, Lexington, 1985.
- COOPER, R. e KAPLAN, Robert S. Measure cost right: make the right decisions. **Harvard Business Review**, sept.-oct., pp.96-103, 1988.
- CRAIG, C. E. e HARRIS, C. R. Total productivity measurement at firm level. **Sloan Management Review**, v. 14, n. 3, 1973.
- CROUHY, Michel e GREIF, Michel. **Gérer simplement les flux de production: du plan directeur au suivi des ateliers - la stratégie du juste-à-temps**. Paris, Éditions du Moniteur, 1991.
- CUNHA, Cristiano J. C. A. Aspectos estratégicos do CIM. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, IX, 1989, Porto Alegre - RS. **Anais**. Porto Alegre, ABEPRO, 1989, pp.113-122.

- CZIULIK C. e ROSA, Edisom da. O CIM como elemento do planejamento estratégico das organizações. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, VIII, 1988, São Carlos - SP. **Anais**. São Carlos, ABEPRO, 1988, pp.25-30.
- DAHEL, N. E. e SMITH, S. B. Designing flexibility into cellular manufacturing systems. **International Journal of Production Research**, v. 31, n. 4, pp.933-945, 1993.
- DAS, S. K. e NAGENDRA, P. Investigations into the impact of flexibility on manufacturing performance. **International Journal of Production Research**, v. 31, n. 10, pp.2337-2354, 1993.
- DEVESCOVI, Domenico L.A. e TOLEDO, J.C.de. A importância de uma estratégia de gestão da produtividade. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, IX, 1989, Porto Alegre - RS. **Anais**. Porto Alegre, ABEPRO, 1989, pp.1-12.
- DIALLO, Ahmadou. La gestion par client dans les industries agro-alimentaires. **Économie et Gestion Agro-Alimentaire**, n° 30, jan., 1994.
- DIORIO, M. O. **Vocabulaire de la productivité**. Montreal, Institut National de Productivité, 1980.
- ----- Mesurer la productivité: pourquoi? comment?. **PME Gestion**, sept., p.4, 1981.
- ----- De la productivité traditionnelle à la productivité concurrentielle. **L'Ingénieur**, mai.-juin., 1984.
- DOGRAMACI, A. **Productivity analysis: a range of perspectives**. Londres, Martinus Nijhoff Publishing, 1981.
- DUIMERING, Robert P. et al. Integrated manufacturing: redesign the organization before implementing flexible technology. **Sloan Management Review**, summer, pp.47-56, 1993.
- EILON, S., GOLD, Bela e SOESAN, J. **Applied productivité analysis for industry**. Oxford, Pergamon Press, 1976.
- FARHOOMAND, A., et al. Manager's perception towards automation in manufacturing. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 37 n. 3, pp.228-232, 1990.
- FAWCETT, Stanley E. e BIROU Laura M. Just-in-time sourcing techniques: current state of adoption and performance benefits. **Production and Inventory Management Journal**, primeiro quadrimestre, pp. 18-24, 1993,

- FLORIOT, Jean-Louis. **Génie des systèmes industriels et management de la technologie**. Tese de doutorado, Nancy, INPL, 1986, 535 pp.
- GHOBADIAN, Abby e HUSBAND, Tom. Measuring total productivity using production functions. **International Journal of Production Research**, v. 28, n. 8, pp.1435/1446, aug. 1990.
- GIARD, Vincent. **Gestion de production**. Paris, Economica, 1988.
- GOLD, Bela. Technology, Productivity and Economic Analysis. **Omega**, v.1 n. 1, pp.5-23, 1973.
- GORRY, G. A. e SCOTT, Morton M. S. A framework for management information systems. **Sloan Management Review**, v; 13, n. 1, pp.55-71, 1971.
- GOUSTY, Y. e KIEFFER, J. P. Une nouvelle typologie pour les systèmes industriels de production. **Revue Française de Gestion**, n. 5, juin.-août., 1988.
- GREEN Raúl H. e ROCHA DOS SANTOS, Roseli, (coord.). **BRESIL, un système agro-alimentaire en transition**. Paris, IHEAL, 1993.
- GREEN Raúl H. e RODRIGUEZ ZUÑIGA, Manuel. **Nouvelles technologies et fonctionnement en réseau**. In: GREEN, Raúl H. e ROCHA DOS SANTOS, Roseli, (coord.). **BRÉSIL, un système agro-alimentaire en transition**. Paris, IHEAL, 1993.
- GUILHOM, Bernard. Rendements et productivité. In: ARENA, Richard (coord). **Traité d'économie industrielle**, 2ª ed., Paris, Economica, 1991.
- GUPTA, Y. P. A feasibility study of JIT purchasing implementation in a manufacturing facility. **International Journal of Operations and Production Management**, v.10, n. 1, pp.31-41, 1990.
- GUSMÃO, S. L. L. de. e SILVA, G. Z. da. Manufatura celular: proposta de metodologia de implantação. In: Encontro da Associação Nacional dos Programas de Pós-Graduação em Administração, XVI, 1992, Canela - RS. **Anais**. Canela, ANPAD, 1992, pp.168-182.
- HATCHUEL, A. e SARDAS, J. C. **Le pilotage des systèmes complexes de production: les grandes transitions contemporaines des systèmes de production**. Toulouse, Cepadues, 1992.
- HAY, Edward. **Just-in-time: um exame dos novos conceitos de produção**. São Paulo, Maltese-Editora Norma, 1992.
- HAYES, Robert H, et al. **Dynamic manufacturing: creating the learning organization**. New York, The Free Press, 1988.

- ----- and WHEELWRIGHT Steven C. Link manufacturing process and life cycle. **Harvard Business Review**, jan.-feb. pp.133-140, 1979a.
- ----- The dynamic of process product life cycles. **Harvard Business Review**, mar.-apr., 1979.
- ----- **Restoring our competitive edge: competing through manufacturing**. New York, John Wiley & Sons, 1984.
- HERAGU, S. S. e GUPTA, Y. P. A heuristic cellular manufacturing facilities. **International Journal of Production Research**, v. 32, n. 1, pp.125-140, 1994.
- HUSBAND, T. M. e GHOBADIAN, A. Measuring total productivity in a batch production factory: a case study. **International Journal of Production Research**, n.19, pp.411-424, 1981.
- INSTITUTE FOR INTERNATIONAL RESEARCH . **La maitrise des flux et des délais: pour améliorer la compétitivité dans les industries agro-alimentaires**. Paris, 1991.
- JOHNSON, Dale A. e LaBARRE, James E. Retraining management information systems for its role in computer integrated manufacturing. **Journal of Systems Management**, sept., 1993.
- JOHNSON, Thomas e KAPLAN, Robert S. **Relevance lost: the rise and fall of management accounting**. Boston, Harvard Business School Press, 1987.
- JORDAN, C. Paul e FRAZIER, Gregory V. Is the full potential of cellular manufacturing being achieved? **Production and Inventory Management Journal**, primeiro quadrimestre, pp.70-72, 1993.
- KALTWASSER, J., HERCHT, A. e LANG, R. Hierarchical control of flexible manufacturing systems. **IFAC Information Control Problems in Manufacturing Technology**, Suzdal, pp.37-44, 1986.
- KAPLAN, A. **The conduct of inquiry: methodology for behavioral science**. São Francisco, Chandler Publishing Company, 1964.
- KAPLAN, Robert S. **Measuring manufacturing performance: a new challenge for managerial accounting research**, v. 5, n. 4, pp.686-705, 1983.
- ----- . Yesterday's accounting undermines production. **Harvard Business Review**, jul.-aug., pp.95-101, 1984.
- ----- . Limitations of cost accounting in advanced manufacturing environments. In:------(coord). **Measures for manufacturing excellence**. Boston, Harvard Business School Press, 1990.

- KATZ, J. M. **Production fonctions, foreign investment and growth**. Amsterdam, North-Holland Publishing Company, 1969.
- KEEN, P. G. e SCOTT MORTON, M. S. **Decision support systems: an organizational perspective**. Massachusetts, Addison-Wesley, 1978.
- KENDRICK, John W. **Productivity trends in the USA**. Princeton, N.S. University Press, 1961.
- ----- **A practical guide to productivity measurement**. Washington. D.C, The Bureau of National Affairs. Inc., 1984.
- ----- e CREAMER, Daniel. **Measuring company productivity**. The **Conference Board Studies in Business Economics**, n. 89, 1965.
- ----- e VACARRA, Beatrice N. **New developments in productivity measurement and analysis: studies in income and wealth**, Chicago, University of Chicago Press, 1975.
- KOCHIKAR, V. P. e NARENDRAN, T. T. **A framework for assessing the flexibility of manufacturing systems**. **International Journal of Production Research**, v. 30, n. 12, pp.2873-2895, 1992.
- KOTLER, Philip et al. **A nova concorrência**, São Paulo, Prentice-Hall, 1986.
- KULATILAKA, N. **Financial, economic and strategic issues concerning the decision to invest in advanced automation**. **International Journal of Production Research**, v. 13, pp.241-262, 1984.
- LAVERTY, Jacques e DEMEESTÈRE, René. **Les nouvelles règles du contrôle de gestion industrielle**. Paris, Bordas, 1990.
- LEBAS, Michel. **Comptabilité analytique basée sur les activités: analyse et gestion des activités**. **Revue Française de Gestion Industrielle**, n. 4, 1992.
- LEONTIEF, Wossily W. et al. **The future of world economy**. New York, Oxford University Press, 1977.
- MACCARTHY, B. L. e LIU JIYIN. **A new classification scheme for flexible manufacturing systems**. **International Journal of Production Research**, v. 31, n. 2, pp.299-309, 1993.
- McLAIN, J. O. e L. J. Thomas. **Operations management**. 2 ed., New Jersey, Prentice-Hall, 1985.
- MALASSIS, Louis e GHERSI Gérard. **Initiation à l'économie agro-alimentaire**. Paris, Éditions HATIER, 1992.

- MANSFIELD, Edwin. Technology and productivity in the United States. In: FELDSTEIN, Martin (ed). **The american economy in transition**. Chicago, University of Chicago Press, 1980.
- MEFFORD, Robert N. Quality and productivity: the linkage. **International Journal of Production Economics**, v. 24, pp.137-141, 1991.
- MEREDITH, J. Justification techniques for advanced manufacturing techniques. **International Journal of Production Research**, v. 24, n. 5, pp.1043-1057, 1986.
- MILLER, Jeffrey G. Fit production systems to the task. **Harvard Business Review**, jan.-fev., pp.145-54, 1986.
- MILTENBURG, G. L. e KRINSKY, I. Evaluating flexible manufacturing systems. **IEEE Transactions**, jun., pp.222-233, 1987.
- MIN, Hokey and SHIN, Dooyoung. Simultaneous formation and human cells in group technology: a multiple objective approach. **International Journal of Production Research**, v. 31, n. 10, pp.2307-2318, 1993.
- MIYAKE, D. I., FERRAZ, J. E. M. e ABREU, L. F. P. Tecnologia de grupo, manufatura celular e produtividade. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, X, 1990, Belo Horizonte - MG. **Anais**. Belo Horizonte, ABEPRO, 1990, pp.145-151.
- MOAL, Pierre Le. e TARONDEAU, Jean-Claude. Un défi à la fonction production. **Revue Française de Gestion**, n. 19, janv.-fév., pp.9-14, 1979.
- MOERMAN, P. A. Economic evaluation of investments in new production technologies. **Engineering Costs and Production Economic**, v. 13, pp.241-262, 1988.
- MOHANTY, R. P. e RASTOGI, S. C. An action research approach to productivity measurement. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 6, n. 4, pp.47-61, 1986.
- MOLET, H. **Une nouvelle gestion industrielle**. Paris, Hermes, 1993.
- MONDEN, Yasuhiro. Adaptable kanban system helps toyota maintain just-in-time production. **Industrial Engineering**, pp.29-46, mai., 1981.
- ----- **Toyota production system**. Atlanta, Industrial Engineering and Management Press, 1983.
- MOORE, Roberto Gino. **Um modelo de procedimento para avaliação da produtividade industrial**. (dissertação de mestrado), São Paulo, USP, 1989, 141p.

- MOREIRA, Daniel. As muitas faces da produtividade. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, VIII, São Carlos - SP, 1988. **Anais**. São Carlos, ABEPRO, 1988, pp.1-17.
- MULKENS, Hubert. Les nouvelles organizations productives. **Revue Française de Gestion Industrielle**, n. 3, pp.6-29, 1993.
- MUSCAT, Antonio R. Namur. Produtividade e gestão da produção. **Cadernos de Política e Gestão em Ciência e Tecnologia**. São Paulo, NPGCT- USP, 1987.
- NAGARUR, Nagen. Some performance measure of flexible manufacturing systems. **International Journal of Production Research**, v. 30, n. 4, 992, pp.799-809.
- NAKHLA, Med. Gestion e pilotage des systèmes de production: l'exemple de l'industrie agro-alimentaire. **Revue Française de Gestion Industrielle**, n. 2, 1993.
- NOLLET, Jean, KÉLADA, Joseph, e MATTIO O. Diorio. **La gestion des opérations et de la production**. Québec, Gaétan Morin, 1986.
- PARK, C. S. e SON, Young K. An economic evaluation model for dvanced manufacturing systems. **The Engineering Economist**, v. 34, n. 1, pp. 1-26, 1988.
- POPPER, K. R. **The logic of scientific discovery**. Londres, Hutchinson, 1972.
- PORTER, Michael E. **The competitive advantage of nations**. New York, Free Press, 1982.
- RICHARDSON, Peter R. e GORDON, John R. M. Measuring total anufacturing performance. **Sloan Management Review**, pp.47-58, winter, 1980.
- RUDIO, Franz V. **Introdução ao projeto de pesquisa científica**. Petrópolis, Vozes, 1978.
- SALERNO, Mário S. **Produção, trabalho e participação: CCQ e KANBAN numa nova imigração japonesa**. (dissertação de mestrado) Rio de Janeiro, UFRJ, 1985, 129p.
- SCHONBERGER R. J. **Japanese manufacturing techniques: nine hidden lessons in simplicity**. New York , Free Press, 1982.
- ----- e MOISY, C. **Les secrets de la compétitivité mondiale**. Strasbourg, Les Éditions de l'Entreprise, 1987.
- SEED, A. H. Cost accouting in the age of robotics. **Management Accouting**, oct., pp.39-43, 1984.

- SELTZ, C. et al. **Método de pesquisa nas relações sociais**. São Paulo, EDUSP, 1975.
- SIEGEL, I. H. **Company productivity - measurement for improvement**. Michigan, Institut for Employment Research, Kalamazoo, 1980.
- SIMON, H. A. **The new science of management decision**. New York, Harper and Row, 1960.
- SKEFF, A. M. F. **Organização departamental e produção científica**. (dissertação de mestrado), UNB, Brasília, 1977.
- SKINNER, W. The productivity paradox. **Harwad Business Review**, pp.55-59, july-aug., 1986.
- SON, Young K. **An economic evaluation model for advanced manufacturing systems**. (tese de doutorado), Auburn University, USA, 1987a.
- —————. e PARK C. S. Economic measure of productivity, quality and flexibility in advanced manufacturing systems. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 6, n.3, pp.197-207, 1987.
- —————. A performance measurement method which remedies the productivity paradox. **Production and Inventory Management Journal**, v. 31, n. 2, pp.38-43, 1990.
- —————. A framework for modern manufacturing economics. **International Journal of Production Research**, v. 29, n. 12, pp.2483-2499, 1991.
- —————. e HSU, L. F. A method of measuring quality costs. **International Journal of Production Research**, v. 29, n. 9, pp.1785-1794, 1991.
- SRIDHAR J. e RAJENDRAN, C. Scheduling in a cellular manufacturing system: A simulated annealing approach. **International Journal of Production Research**, v. 31, n. 12, pp.2927-2945, 1993.
- SUTTON, Sharon G. Une nouvelle ère de la comptabilité. **Revue Française de Gestion Industrielle**, n. 4, 1992.
- STARR, Martin K. **Systems management of operations**, Londres, Prentice-Hall, 1971.
- TARONDEAU, Jean-Claude. Systèmes d'information et gestion de production **Document de Recherches CERESSEC**, Cergy, mai. 1978.
- —————. **Produits et technologies: choix politiques de l'entreprise industrielle**. Paris, Dalloz, 1982.
- —————. L'évolution de la gestion industrielle. **Revue Française de Gestion**, sept.-déc., 1985.

- ----- e MOAL, Pierre Le. Quelles stratégies industrielles?  
**Le Monde**, 8 mai 1979.
- TAYLOR, B. W. e DAVIS, R. K. Corporate productivity: getting it all together.  
**Industrial Engineering**, v. 19, n.3, 1977.
- TAYLOR, F. Winslow. **Princípios de administração científica**. 7 ed., São Paulo, Atlas, 1986.
- TREILLON, R. La gestion intégrée de l'information. **Cahiers des Ingénieurs Agronomes**, n. 416, avril-mai, 1991.
- UNITED NATIONS REPORT's. Input-output tables and analysis. Department of Economics and Social Affairs Stastical Office. **Studies in Methods, Série F**, n. 14, New York, **United Nations**, 1973.
- UTTERBACK, James C. e ABERNATHY, William J. A dynamic model of process and product innovation. **Omega**, v. 3, n. 6, pp.639-656, 1975.
- VOSS, C. A. **Just-in-time manufacture: international trends in manufacturing technology**. Londres, IFS (Publications) Ltd, 1987.
- WEILL, Peter., SAMSON, Danny A. e SOHAL, Amrik S. Advanced manufacturing echnology: an analysis of practice. **IJTM**, Special Issue on Manufacturing Strategy, pp.335-353, 1991.
- WEMMERLÖV, U. e HYER, N. L. Cellular manufacturing in the U.S. industry: A survey of users. **International Journal of Production Research**, v. 27, n. 9, pp.1511-1530, 1989.
- WILD, Ray. **Concepts for operations management**. London, John Wiley & Sons, 1981.
- WOODWARD, Joan. **Industrial organization: theory and practice**. London, Oxford University Press, 1965.
- YAMASHINA, Hajime. **Just-in-Time**. São Paulo, Editora IM & C International, 1988.

**FICHAS DE PROCESSAMENTO  
CATEGORIA 1**

EMPRESA	TECNOLOGIAS AVANÇADAS DE PRODUÇÃO								
	MRP I	MRP II	SFM	TG	MC	JIT	TQC	F.PUXADO	KANBAN
01.IAM10 - L1					X	X	X	X	
01.IAM10 - L2					X	X	X	X	
01.IAM10 - L3					X	X	X	X	
01.IAM20	X				X		X		
01.IAM30 - L1			X		X				
01.IAM30 - L2			X		X			X	
01.IAM40 - L1	X						X		
01.IAM40 - L2					X			X	
03.IDC10						X	X		X
03.IDC20							X		
05.IAL10	X						X		
05.IAL20						X	X		
05.IAL30							X		
05.IAL40 - L1	X		X		X		X		
05.IAL40 - L2						X	X		
06.ISC10			X		X		X		
12.IPM10							X	X	X
12.IPM20 - L1					X	X	X	X	
12.IPM20 - L2					X	X	X	X	X
12.IPM20 - L3					X	X	X	X	X
12.IPM20 - L4					X	X	X	X	
12.IPM20 - L5					X	X	X	X	
20.IRG10	X						X		
21.ISA10	X								X
21.ISA20	X								X
22.ICC10	X					X	X		
22.ICC20	X					X	X		
30.ICV10	X						X		X
34.IBA10			X		X		X		
34.IBA20						X	X	X	

EMPRESA	CARACTERISTICAS DO SISTEMA DE PRODUÇÃO									
	PGS/M	PD/IS	PPC	PL/B	LPPD	LPPV	LPRG	LPEP	POC	PIFL
01.IAM10 - L1				X	X	X			X	X
01.IAM10 - L2				X	X	X			X	X
01.IAM10 - L3				X	X	X			X	X
01.IAM20		X				X			X	X
01.IAM30 - L1		X		X			X		X	X
01.IAM30 - L2		X		X			X		X	X
01.IAM40 - L1				X		X			X	
01.IAM40 - L2				X		X			X	
03.IDC10		X			X					
03.IDC20		X				X				
05.IAL10		X			X					
05.IAL20		X			X					X
05.IAL30				X			X			
05.IAL40 - L1		X		X	X				X	
05.IAL40 - L2		X		X	X				X	
06.ISC10	X	X					X		X	
12.IPM10				X		X		X	X	X
12.IPM20 - L1		X		X	X			X	X	
12.IPM20 - L2		X		X	X			X	X	
12.IPM20 - L3		X		X	X			X	X	
12.IPM20 - L4		X		X	X			X	X	
12.IPM20 - L5		X		X	X			X	X	
20.IRG10	X		X				X			
21.ISA10	X		X				X			
21.ISA20	X		X				X			
22.ICC10				X		X		X		
22.ICC20				X		X		X		
30.ICV10			X							
34.IBA10			X				X	X	X	
34.IBA20			X				X	X		

**CONVENÇÕES:**

- PGS/M *Produção realizada em grandes séries (massa)*
- PD/IS *Produção de processo descontínuo-intermitente em série*
- PPC *Produção de processo contínuo*
- PL/B *Produção em lote (batch)*
- LPPD *Lotes de produção de pequena dimensão*
- LPPV *Lotes de produção pequenos e diversificados*
- LPRG *Lotes de produção relativamente grandes*
- LPEP *Lotes de produção encomendados e personalizados*
- POC *Produção organizada em células*
- PIFL *Produção intermitente com fluxo linear de materiais*

EMPRESA	CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE PRODUÇÃO									
	PBSP	PTAC	CPF'U	CPAF	CPAF'	CPR	EPA-T	MFCP	TQC	GQAC
01.IAM10 - L1		X		X			X		X	X
01.IAM10 - L2		X		X			X		X	X
01.IAM10 - L3		X		X			X		X	X
01.IAM20		X		X					X	X
01.IAM30 - L1		X	X		X		X		X	
01.IAM30 - L2		X	X		X		X		X	
01.IAM40 - L1				X			X			
01.IAM40 - L2				X			X			
03.IDC10		X							X	
03.IDC20		X							X	
05.IAL10									X	X
05.IAL20		X							X	X
05.IAL30									X	X
05.IAL40 - L1		X			X		X		X	
05.IAL40 - L2		X							X	
06.ISC10		X			X				X	X
12.IPM10									X	X
12.IPM20 - L1		X		X			X		X	
12.IPM20 - L2		X		X			X		X	
12.IPM20 - L3		X		X			X		X	
12.IPM20 - L4		X		X			X		X	
12.IPM20 - L5		X		X			X		X	
20.IRG10		X					X		X	
21.ISA10							X			
21.ISA20										
22.ICC10		X					X		X	
22.ICC20		X					X		X	
30.ICV10		X							X	
34.IBA10		X			X		X			X
34.IBA20							X		X	

**CONVENÇÕES:**

PBSP	Produção baseada na similaridade entre as peças
PTAC	Produção, tratamento, transferência e armazenagem auxiliada por computador
CPF'U	Células de produção em forma de U
CPAF	Células de produção automatizadas e fixas
CPAF'	Células de produção automatizadas e flexíveis
CPR	Células de produção robotizadas
EPA-T	Equipamentos de produção automatizados com pouco uso de mão-de-obra
MFCP	Máquinas-ferramentas convencionais ou programáveis
TQC	Controle permanente e total da qualidade
GQAC	Garantia de qualidade auxiliada por computador

EMPRESA	CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE PRODUÇÃO									
	SICQ	GPC	TRE	MPP	MCP	LL	OEA	OMF-P	PCG/C	SOFD
01.IAM10 - L1			X	X				X	X	X
01.IAM10 - L2			X	X				X	X	
01.IAM10 - L3			X	X				X	X	
01.IAM20				X			X		X	
01.IAM30 - L1			X	X				X		
01.IAM30 - L2			X	X				X	X	X
01.IAM40 - L1									X	
01.IAM40 - L2			X						X	
03.IDC10				X						
03.IDC20				X						
05.IAL10				X					X	
05.IAL20	X			X					X	
05.IAL30	X			X					X	
05.IAL40 - L1			X	X		X		X		X
05.IAL40 - L2			X	X				X		
06.ISC10			X	X		X		X		X
12.IPM10				X				X	X	
12.IPM20 - L1	X	X		X		X		X	X	X
12.IPM20 - L2	X	X		X		X		X	X	X
12.IPM20 - L3	X	X		X		X		X	X	X
12.IPM20 - L4	X	X		X		X		X	X	X
12.IPM20 - L5	X	X		X		X		X	X	X
20.IRG10									X	
21.ISA10					X		X			
21.ISA20					X		X			
22.ICC10			X	X				X	X	
22.ICC20			X	X				X	X	
30.ICV10									X	
34.IBA10			X	X		X		X	X	
34.IBA20			X	X				X	X	

**CONVENÇÕES:**

- SICQ Serviço de inspeção como parte separada do controle de qualidade
- GPC Gestão da produção por consenso
- TRE Troca rápida de equipamentos
- MPP Manutenção preventiva periódica
- MCP Manutenção corretiva periódica
- LL Lay-out linear
- OEA Operadores especializados por atividade
- OMF-P Operadores multi-funcionais ou polivalentes
- PCG/C Planejamento, controle e gestão da produção auxiliada por computador
- SOFD Sequenciamento das operações em função da demanda

**FICHAS DE PROCESSAMENTO  
CATEGORIA 2**

EMPRESA	CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE	
DI-SAP	Descrição resumida do SAP	
01.IAM10 - L1	1985	Medidas para avaliar e acompanhar o desempenho operacional da produção
01.IAM10 - L2	1985	Medidas para avaliar e acompanhar o desempenho operacional da produção
01.IAM10 - L3	1985	Medidas para avaliar e acompanhar o desempenho operacional da produção
01.IAM20	1980	Índices para apoiar a avaliação gerencial
01.IAM30 - L1		Conjunto de indicadores para medir o desempenho da manufatura
01.IAM30 - L2		Conjunto de indicadores para medir o desempenho da manufatura
01.IAM40 - L1	1982	Produção refletida em números
01.IAM40 - L2	1982	Produção refletida em números
03.IDC10	1983	Medidas da contabilidade gerencial
03.IDC20	1981	Índices do desempenho parcial da fábrica
05.IAL10	1980	Indicadores de base do planejamento estratégico
05.IAL20		Medidas dos resultados parciais e total da produção
05.IAL30	1985	Demonstração numérica dos resultados da empresa
05.IAL40 - L1	1981	Índices para subsidiar a tomada de decisão
05.IAL40 - L2	1981	Índices para subsidiar a tomada de decisão
06.ISC10	1988	Índices para subsidiar a tomada de decisão
12.IPM10		
12.IPM20 - L1	1986	Indicadores de resultado para a avaliação estratégica
12.IPM20 - L2	1986	Indicadores de resultado para a avaliação estratégica
12.IPM20 - L3	1986	Indicadores de resultado para a avaliação estratégica
12.IPM20 - L4	1987	Indicadores de resultado para a avaliação estratégica
12.IPM20 - L5	1987	Indicadores de resultado para a avaliação estratégica
20.IRG10	1980	Análise contábil-gerencial dos resultados da fábrica
21.ISA10		Indicadores técnicos para guiar a produção
21.ISA20		
22.ICC10	1983	Informações técnicas para o controle gerencial da produção
22.ICC20	1983	Informações técnicas para o controle gerencial da produção
30.ICV10	1985	Base de dados para a análise e o controle da produção
34.IBA10	1987	Índices acerca do desempenho técnico da fábrica
34.IBA20	1985	Sistema de indicadores para medir e avaliar a empresa

**CONVENÇÕES:**

DI-SAP

Data de implantação do sistema de avaliação da produtividade

EMPRESA	MEDIDAS DE PRODUTIVIDADE ADOTADAS										
	PF/HH	PF/HM	PF/MT	PF/CT	HH/AF	AF/AT	QM/AF	L/AT	TFP	RO/TI	SFP
01.IAM10 - L1	X			X	X	X		X	X	X	
01.IAM10 - L2	X			X	X	X		X	X	X	
01.IAM10 - L3	X			X	X	X		X	X	X	
01.IAM20	X				X	X	X	X		X	
01.IAM30 - L1	X	X	X	X					X		X
01.IAM30 - L2	X	X	X	X					X		X
01.IAM40 - L1	X	X	X						X		
01.IAM40 - L2	X	X	X						X		
03.IDC10				X	X	X		X			
03.IDC20	X	X	X		X						X
05.IAL10		X		X		X		X	X		
05.IAL20	X	X	X	X				X	X	X	
05.IAL30	X		X		X				X		
05.IAL40 - L1	X	X		X	X	X		X			
05.IAL40 - L2	X	X		X	X	X		X			
06.ISC10	X	X		X	X	X		X			
12.IPM10	X	X		X		X			X	X	
12.IPM20 - L1	X	X		X		X		X			
12.IPM20 - L2	X	X		X		X		X			
12.IPM20 - L3	X	X		X		X		X			
12.IPM20 - L4	X	X		X		X		X			
12.IPM20 - L5	X	X		X		X		X			
20.IRG10			X	X	X	X		X			
21.ISA10	X	X	X						X		
21.ISA20	X		X		X						
22.ICC10	X	X	X	X			X			X	
22.ICC20	X	X	X	X			X			X	
30.ICV10	X	X	X	X		X				X	
34.IBA10	X	X		X	X					X	
34.IBA20	X			X		X		X	X		

## CONVENÇÕES:

PF/HH	Produção física por homens-horas
PF/HM	Produção física por horas-máquinas
PF/MT	Produção física por materiais totais
PF/CT	Produção física por capacidade teórica
HH/AF	Homens-hora por ativo fixo
AF/AT	Ativo fixo por ativo total
QM/AF	Quantidade de materiais por ativo fixo
L/AT	Lucro por investimento total
TFP	Produtividade de fator total
RO/TI	Resultado operacional por insumos totais
SFP	Produtividade de fator simples

EMPRESA	MEDIDAS DE PRODUTIVIDADE ADOTADAS					Essas medidas estão consolidadas no SCG?
	CM/Ca	CM/Cp	CM/Cs	CM/Cq	CM/Cf	
01.IAM10 - L1	X	X		X		Algumas
01.IAM10 - L2	X	X		X		Algumas
01.IAM10 - L3	X	X		X		Algumas
01.IAM20	X					Sim
01.IAM30 - L1	X	X		X		Algumas
01.IAM30 - L2	X	X		X		Algumas
01.IAM40 - L1	X	X				Sim
01.IAM40 - L2	X	X		X		Algumas
03.IDC10	X					Sim
03.IDC20						Não
05.IAL10	X	X				Algumas
05.IAL20	X					Não
05.IAL30	X			X		A maior parte
05.IAL40 - L1	X	X		X		Algumas
05.IAL40 - L2	X	X		X		Algumas
06.ISC10	X			X		Algumas
12.IPM10		X				Sim
12.IPM20 - L1	X	X				Grande parte
12.IPM20 - L2	X	X				Grande parte
12.IPM20 - L3	X	X				Grande parte
12.IPM20 - L4	X	X				Grande parte
12.IPM20 - L5	X	X				Grande parte
20.IRG10	X					Sim
21.ISA10	X	X				Não
21.ISA20	X	X				Não
22.ICC10	X			X		Algumas
22.ICC20	X			X		Algumas
30.ICV10	X	X				Sim
34.IBA10	X	X				Sim
34.IBA20	X	X				A maior parte

**CONVENÇÕES:**

CM/Ca	Produtividade do capital
CM/Cp	Produtividade da planta
CM/Cs	Produtividade dos softwares operacionais
CM/Cq	Produtividade do sistema de qualidade
CM/Cf	Produtividade do sistema de flexibilidade

EMPRESA	CARACTERISTICAS DO SISTEMA DE AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE
	<b>Principais dificuldades no processo de avaliação da produtividade</b>
01.IAM10 - L1	Quantificação insuficiente das unidades de custo
01.IAM10 - L2	Quantificação insuficiente das unidades de custo
01.IAM10 - L3	Quantificação insuficiente das unidades de custo
01.IAM20	Imprecisão dos centros de custos
01.IAM30 - L1	Atraso nas informações recebidas do PCP
01.IAM30 - L2	Atraso nas informações recebidas do PCP
01.IAM40 - L1	Nenhuma dificuldade
01.IAM40 - L2	Nenhuma dificuldade
03.IDC10	Desintegração das várias unidades da fábrica
03.IDC20	Poucas dificuldades
05.IAL10	As dificuldades surgidas são imediatamente resolvidas
05.IAL20	Nenhuma dificuldade
05.IAL30	A ausência de um departamento central de custos
05.IAL40 - L1	Pouca interação entre o PCP e a contabilidade gerencial
05.IAL40 - L2	Pouca interação entre o PCP e a contabilidade gerencial
06.ISC10	Nenhuma dificuldade
12.IPM10	Poucas dificuldades
12.IPM20 - L1	Falta de informações mais precisas da contabilidade de custos
12.IPM20 - L2	Falta de informações mais precisas da contabilidade de custos
12.IPM20 - L3	Falta de informações mais precisas da contabilidade de custos
12.IPM20 - L4	Falta de informações mais precisas da contabilidade de custos
12.IPM20 - L5	Falta de informações mais precisas da contabilidade de custos
20.IRG10	Dificuldades de natureza técnica
21.ISA10	Nenhuma dificuldade
21.ISA20	Nenhuma dificuldade
22.ICC10	Algumas unidades de custo padecem de quantificação mais adequada
22.ICC20	Algumas unidades de custo padecem de quantificação mais adequada
30.ICV10	Poucas dificuldades
34.IBA10	As dificuldades são solucionáveis
34.IBA20	Nenhuma dificuldade

EMPRESA	CARACTERISTICAS DO SISTEMA DE AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE
	<b>Com que objetivos a organização estabelece essas medidas de produtividade?</b>
01.IAM10 - L1	Conhecer o resultado operacional da produção
01.IAM10 - L2	Conhecer o resultado operacional da produção
01.IAM10 - L3	Conhecer o resultado operacional da produção
01.IAM20	Subsidiar a administração geral
01.IAM30 - L1	
01.IAM30 - L2	
01.IAM40 - L1	Verificar o andamento da manufatura
01.IAM40 - L2	Verificar o andamento da manufatura
03.IDC10	Apoiar a gestão das unidades
03.IDC20	Identificar problemas operacionais
05.IAL10	Estudar o ambiente de produção
05.IAL20	Acompanhar as atividades de fabricação
05.IAL30	
05.IAL40 - L1	Apoiar as decisões estratégicas do grupo
05.IAL40 - L2	Apoiar as decisões estratégicas do grupo
06.ISC10	Acompanhar os resultados de produção
12.IPM10	Indicar os desempenhos operacionais
12.IPM20 - L1	Estudar os procedimentos operacionais da fábrica
12.IPM20 - L2	Estudar os procedimentos operacionais da fábrica
12.IPM20 - L3	Estudar os procedimentos operacionais da fábrica
12.IPM20 - L4	Estudar os procedimentos operacionais da fábrica
12.IPM20 - L5	Estudar os procedimentos operacionais da fábrica
20.IRG10	Avaliar o desempenho do maquinário e da mão-de-obra
21.ISA10	Indicar o desempenho do maquinário e da mão-de-obra
21.ISA20	Verificar o desempenho dos recursos de produção
22.ICC10	Avaliar os resultados obtidos pela organização
22.ICC20	Avaliar os resultados obtidos pela organização
30.ICV10	Planejar o andamento da produção
34.IBA10	Conhecer o desempenho da capacidade operacional
34.IBA20	Identificar as áreas fortes da empresa

EMPRESA	CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE
	<b>Princípios adotados no processo de definição das medidas de produtividade</b>
01.IAM10 - L1	A empresa precisa conhecer os números da produção
01.IAM10 - L2	A empresa precisa conhecer os números da produção
01.IAM10 - L3	A empresa precisa conhecer os números da produção
01.IAM20	
01.IAM30 - L1	O resultado da produção deve ser medido e quantificado
01.IAM30 - L2	O resultado da produção deve ser medido e quantificado
01.IAM40 - L1	A empresa deve acompanhar e melhorar os resultados obtidos
01.IAM40 - L2	A empresa deve acompanhar e melhorar os resultados obtidos
03.IDC10	A administração eficiente deve estar orientada pelo desempenho alcançado
03.IDC20	Os indicadores de produção revelam a eficiência do sistema produtivo
05.IAL10	A unidade de produção pode ser completamente quantificada
05.IAL20	O monitoramento da fábrica deve ser guiado pelos índices de manufatura
05.IAL30	Os resultados da produção podem ser medidos e quantificados
05.IAL40 - L1	As decisões do grupo devem estar subsidiadas pelos desempenhos obtidos
05.IAL40 - L2	As decisões do grupo devem estar subsidiadas pelos desempenhos obtidos
06.ISC10	Todo resultado deve ser demonstrado em número
12.IPM10	A administração da produção necessita de informações sobre o desempenho técnico
12.IPM20 - L1	O desempenho operacional é uma variável de valor da empresa
12.IPM20 - L2	O desempenho operacional é uma variável de valor da empresa
12.IPM20 - L3	O desempenho operacional é uma variável de valor da empresa
12.IPM20 - L4	O desempenho operacional é uma variável de valor da empresa
12.IPM20 - L5	O desempenho operacional é uma variável de valor da empresa
20.IRG10	A empresa deve registrar os resultados obtidos
21.ISA10	
21.ISA20	
22.ICC10	Os indicadores de desempenho expressam a capacidade gerencial da empresa
22.ICC20	Os indicadores de desempenho expressam a capacidade gerencial da empresa
30.ICV10	
34.IBA10	O conhecimento dos desempenhos obtidos ajuda no planejamento organizacional
34.IBA20	Os resultados operacionais podem auxiliar no planejamento estratégico

**QUESTIONÁRIO PROGRAMADO**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
IGIA – INSTITUT DE GESTION INTERNATIONAL AGRO-ALIMENTAIRE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**RECHERCHE DE DOCTORAT**

**QUESTIONNAIRE D'ENQUÊTE  
AUTEUR: M. SEVERIANO, COSMO FO.**

**RECHERCHE DES INDICATEURS DE PERFORMANCE ET SUIVI  
OPÉRATIONNEL DANS LES ATELIERS ALIMENTAIRES MODERNES**

**1.0. - IDENTIFICATION DE L'ENTREPRISE**  
**NOTE: JOINDRE LES TROIS DERNIÈRES RAPPORTS ANNUELS**

- ⇐ DÉNOMINATION SOCIALE: \_\_\_\_\_
- ⇐ SECTEUR ALIMENTAIRE DE L'ENTREPRISE: \_\_\_\_\_
- ⇐ EFFECTIF SALARIES (NOMBRE): \_\_\_\_\_

**2.0. CARACTÉRISATION DE L'ATELIER**  
**NOTE: CHOISIR UNE LIGNE DE PRODUCTION DANS UNE USINE**

- QUEL MARCHÉ SERT L'ATELIER?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

- QUEL PRODUIT FABRIQUE L'ATELIER?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

- QUELS PROCESS DE PRODUCTION MET EN OEUVRE L'ATELIER?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

- LA GAMME DES OPÉRATIONS EST ELLE CONSTITUÉE DE 1 OU PLUSIERS SEGMENTS DE PRODUCTION HOMOGENE? (\*)

SI OUI, LE DÉFINI AU POINT 3.1.

Four horizontal lines for handwritten response.

- QUELS MATIÈRES-PREMIÈRES UTILISE L'ATELIER?

Four horizontal lines for handwritten response.

3.0. - SYSTÈME DE GESTION DE PRODUCTION

3.1. TYPE DE SYSTÈME DE PRODUCTION:

SYSTÈ DE PRODUCTION	SEGMENT HOMOGENE DE PRODUCTION CORRESPONDANT (*)
---------------------	--

- |   |       |
|---|-------|
| <input type="checkbox"/> PRODUCTION EN GRANDES SERIES (MASSE);          | _____ |
| <input type="checkbox"/> PRODUCTION DISCONTINUE-INTERMITTENTE EN SERIE; | _____ |
| <input type="checkbox"/> PRODUCTION DE PROCESSUS CONTINU;               | _____ |
| <input type="checkbox"/> PRODUCTION PAR LOT;                            | _____ |
| <input type="checkbox"/> AUTRES FORMES COMBINEES.                       | _____ |

Four horizontal lines for handwritten notes or additional information.

**3.2. SYSTÈME DE GESTION DE PRODUCTION:**

- |   |                              |
|---|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> ] MRP I                          | ANNÉE D'IMPLANTATION: [    ] |
| <input type="checkbox"/> ] MRP II                         | ANNÉE D'IMPLANTATION: [    ] |
| <input type="checkbox"/> ] CELLULES DE PRODUCTION         | ANNÉE D'IMPLANTATION: [    ] |
| <input type="checkbox"/> ] JAT - JUSTE-A-TEMPS            | ANNÉE D'IMPLANTATION: [    ] |
| <input type="checkbox"/> ] CONTROLE KANBAN                | ANNÉE D'IMPLANTATION: [    ] |
| <input type="checkbox"/> ] TECHNOLOGIE DE GROUPE          | ANNÉE D'IMPLANTATION: [    ] |
| <input type="checkbox"/> ] SYSTÈME FLEXIBLE DE PRODUCTION | ANNÉE D'IMPLANTATION: [    ] |
| <input type="checkbox"/> ] TQC - TOTAL QUALITY CONTROL    | ANNÉE D'IMPLANTATION: [    ] |
| <input type="checkbox"/> ] FLUX TENDU (TIRÉ)              | ANNÉE D'IMPLANTATION: [    ] |

**3.3. CARACTÉRISTIQUES DU SYSTÈME DE PRODUCTION DE L'ATELIER:**

- ] LOTS DE PRODUCTION DE PETITE DIMENSION;
- ] LOTS DE PRODUCTION PETITS ET DIVERSIFIÉS;
- ] LOTS DE PRODUCTION RELATIVEMENT GRANDS;
- ] LOTS DE PRODUCTION COMMANDÉS ET PERSONNALISÉS;
- ] PRODUCTION ORGANISÉE EN CELLULE DE MANUFACTURE;
- ] PRODUCTION INTERMITTENTE AVEC FLUX LINÉAIRE DE COMPOSANTS;
- ] PRODUCTION BASÉE SUR LA SIMILARITÉ OU ÉQUIVALENCE ENTRE PIÈCES ET TACHES;
- ] PRODUCTION, MANIPULATION, TRANSFERT ET MAGASINAGE ASSISTÉE PAR ORDINATEUR;
- ] CELLULES DE PRODUCTION EN FORME DE " U ";
- ] CELLULES DE PRODUCTION AUTOMATISÉES ET FIXES;
- ] CELLULES DE PRODUCTION AUTOMATISÉES ET FLEXIBLES;
- ] CELLULES ROBOTISÉES;
- ] ÉQUIPEMENTS DE PRODUCTION AUTOMATISÉS, AVEC FAIBLE UTILISATION DE MAIN-D'OEUVRE;
- ] MACHINES-OUTILS CONVENTIONNELLES OU PROGRAMMABLES;
- ] CONTRÔLE PERMANENT ET TOTALE DE LA QUALITÉ;

CONTINUE A LA PAGE SUIVANTE.

- ] ASSURANCE QUALITÉ ASSISTÉE PAR ORDINATEUR;
- ] INSPECTION DE PRODUIT COMME PART SEPARÉE DU CONTROLE QUALITÉ;
- ] GESTION DE PRODUCTION PAR CONSENTEMENT;
- ] CHANGEMENT RAPIDE D'OUTILS;
- ] MAINTENANCE PRÉVENTIVE PÉRIODIQUE;
- ] MAINTENANCE CORRECTIVE PÉRIODIQUE;
- ] LAY-OUT LINÉAIRE;
- ] OPERATEURS SPECIALISÉS PAR ACTIVITÉS;
- ] OPERATEURS MULTI-FONCTIONNELS (POLYVALENTS);
- ] PLANIFICATION, CONTRÔLE ET GESTION DE LA PRODUCTION ASSISTÉE PAR ORDINATEUR;
- ] ORDONNANCEMENT DES OPÉRATIONS EN FONCTION DE LA DEMANDE;
- ] AUTRES CARACTÉRISTIQUES DU SYSTÈME DE PRODUCTION DE L'ENTREPRISE.

---

---

---

---

---

#### 4.0. - LE SYSTÈME DE MESURES DE PRODUCTIVITÉ

QUESTION 1:

L'ATELIER A-T-IL UN SYSTÈME DE MESURE DE LA PRODUCTIVITÉ?

DEPUIS QUAND EST IMPLANTÉ CE SYSTÈME?

---

---

---

**QUESTION 2:**

**SI OUI, POUVEZ-VOUS DÉCRIRE, DE FAÇON RESUMÉ, SON FONCTIONNEMENT?**

---

---

---

---

---

---

---

**QUESTION 3:**

**DETERMINER LES PRINCIPAUX RÉSULTATS ACQUIS AU COURS DES TROIS DERNIÈRES ANNÉS  
PAR LES INDICATEURS DE PRODUCTIVITÉ MIS EN OEUVRE DANS L'ATELIER:**

**- A QUI SERVENT-ELLES?**

**- COMMENT SONT-ELLES UTILISÉES?**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**QUESTION 4:**

**PRÉSENTER LES PRINCIPES OU LES NORMES GÉNÉRALES QUI SONT ADOPTÉES, PAR RAPPORT  
À LA DÉFINITION DES ACTIVITÉS QUI SONT SUJET DE MESURE DE PRODUCTIVITÉ:**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



**PROTOCOLO FIXO**

**DOSSIER DE REFERENCE**

Définition référentielle des données pour les études des cas exploratoires – organisation des informations concernant l'exécution de la deuxième phase de la recherche doctorale, appuyé par l'INSTITUT DE GESTION INTERNATIONALE AGRO-ALIMENTAIRE.

**I - INFORMATIONS PRELIMINAIRES**

01	POSTE ET FONCTIONS DU RESPONDENT
02	CARACTÉRISTIQUES DU TYPE DE LIGNE DE PRODUCTION ÉTUDIÉ
02.1	PRODUIT FINI
02.2	MATIÈRES-PREMIÈRES ET COMPOSANTS (INPUTS)
02.3	EFFECTIF SALARIÉS TOTAL
02.4	ANNÉE D'IMPLANTATION

**II - INFORMATIONS CONFIDENTIELLES DU SYSTÈME DE CONTROLE DE GESTION**

DONNÉES	LIGNE 1	LIGNE 2	LIGNE 3	LIGNE 4	LIGNE 5
Taux de production par opérateur					
Quantité produite par heure de travail homme					
Quantité produite par matériaux usées					
Quantité produite par heure de travail machine					
Quantité produite par capital investi					
Quantité produite par ventes					
% des pertes matières premières et des comp. solides					
% des pertes matières premières et des comp. perçibles					
% de pertes à cause de la machine					
Taux d'utilisation machines					
Prévision de production: écart prévu / écart réalisé					
Surface des stocks de production					
Surface total occupée par la production					
Surface total occupée par les stocks					
Cadence de production					
Nombre de documents en controlant la production					
Economie des temps et des coûts à cause des AMT's					
Temps d'oisiveté des machines/équipements de production					

## II - INFORMATIONS CONFIDENTIELLES DU SYSTÈME DE CONTROLE DE GESTION

### Continuation

DONNÉES	LIGNE 1	LIGNE 2	LIGNE 3	LIGNE 4	LIGNE 5
Temps de préparation et réglage des équipements					
Temps total du cycle de fabrication (lead time)					
Temps total de set-up					
Temps moyen d'attente des en cours					
Ventes effectives / ventes prévue					
Opérateurs dans la catégorie multi-fonctionnelle					
Délai moyen de livraison					
Fréquence moyenne des livraisons					
Nombre de points de stockage intermédiaires					
Fréquence de maintenance préventive					
Quantité totale des en cours					
Quantité des stocks de matières premières et composants					
Quantité des stocks de produit finis					
Rotativité des clients: par région et par produit					
Erreurs sur les chronogrammes opérationnelles					
Synchronisation des flux à mont					
Synchronisation des flux à val					
Participation au marché					
Taux de défaut d'un article					
Quantité d'unités retournée par le client - Motif Qualité					
Taux de pièces rebutées par lot					
Taux de pièces retraitées par lot					
Nombre de réclamations du client - Motif Qualité					
Nombre de réclamations du client - Motif Délai de livraison					
Taux de livraisons en retard ou incomplètes					
Nombre d'annulations de commandes					
Nombre totale des fournisseurs					
Taux de fournisseurs en assurance qualité					
Fréquence des pannes dans le procédé productif					
Nombre de softwares utilisés dans la production .					
Nombre d'équipements/outils remplacés					
Turn over opérateurs					
Nombre d'accidents du travail					
Note qualité par le groupe qualité					
Note propreté par le groupe qualité					
Nombre de fabrications exceptionnelles					

**II - INFORMATIONS CONFIDENTIELLES DU SYSTÈME DE CONTROLE DE GESTION**  
*Continuation*

DONNÉES	LIGNE 1	LIGNE 2	LIGNE 3	LIGNE 4	LIGNE 5
Investissement en R&D					
Profit par quantité vendue					
Heures opératoires main d'oeuvre					
Taille moyenne des lots de production					
Résultats des test qualité					
Nombre des suggestions qualité des employés					
Groupes de résolution de problèmes - CCQ					
Fréquence d'utilisation des machines					
Nombre d'outils utilisés					
Temps de transfert du produit entre les CF					
Nombre de changements d'outil - set-up					
Quantité de produits par commande					
Mesure output total produit					
Coût de revient du produit fini					
Coût de main-d'oeuvre					
Coût d'amortissement machine					
Coût des softwares utilisés					